



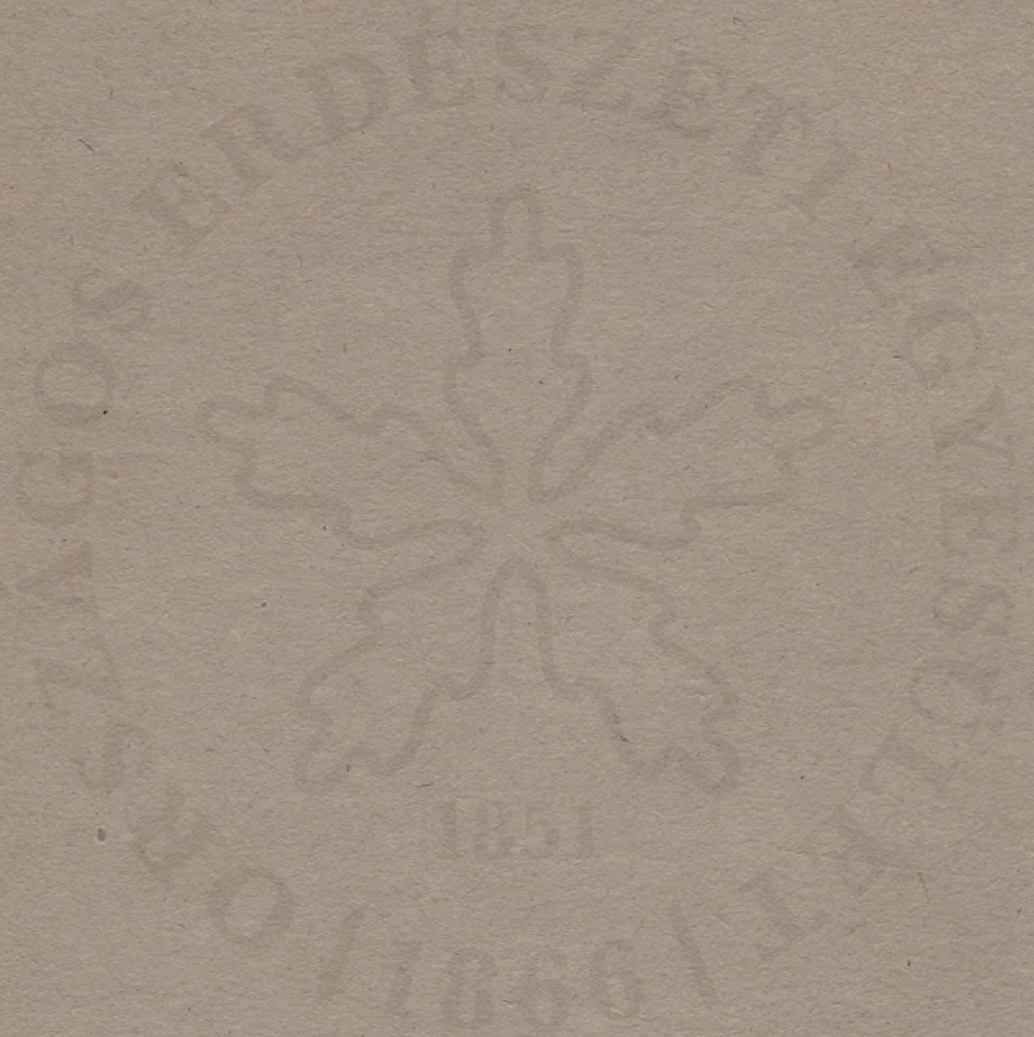
ROTH és
FEKETE



Erdészeti
kísérletek

XL.
1938.





A M. KIR. FÖLDMÍVELÉSÜGYI MINISZTER KIADVÁNYA.

OEE Könyvtár
Áll. Ell. 2018

ERDÉSZETI KISERLETEK.

A M. KIR. FÖLDMÍVELÉSÜGYI MINISZTER FENHATÓSÁGA ALATT ÁLLÓ
M. KIR. ERDÉSZETI KUTATÓ INTÉZET FOLYÓIRATA.

FORSTLICHE VERSUCHE FOREST RESEARCHES
RECHERCHES FORESTIÈRES

SZERKESZTI :

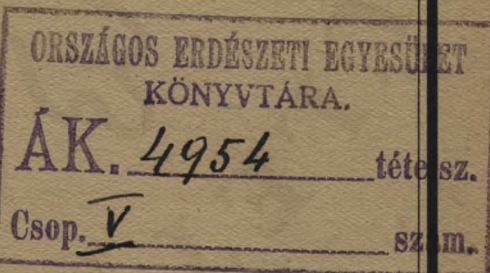
ROTH GYULA

SOPRON

UNGARN HONGRIE HUNGARY.

XL. ÉVFOLYAM. — 1—4. SZÁM.

1938.



RÖTTIG-ROMWALTER NYOMDA R.T., SOPRON
1938.

TARTALOM. — INHALT.

<i>Haracsi Lajos</i> : Adatok a levéltetvek biológiájához	1
<i>Lajos Haracsi</i> : Beiträge zur Biologie der Blattläuse	47
<i>Vági István</i> : Kritikai megjegyzések dr. Fehér kémiai vizsgálataihoz, amelyek az erdei talajokkal foglalkoznak	54
<i>Stefan Vági</i> : Kritische Bemerkungen zu den chemischen Untersuchungen Dr. Fehérs, welche sich mit den Waldböden befassen	127
<i>Dipl.-Ing. Erwin Ijjász</i> : Grundwasser und Baumvegetation unter be- sonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in der Ungarischen Tiefebene	159
Intézeti ügyek	269
Az „E. K.” 1938. évi XL. kötetének tartalomjegyzéke	270

Utánnymás — kivonatosan is — csak a forrás teljes megnevezése mellett van megengedve.

Nachdruck — auch auszugsweise — nur mit voller Quellenangabe gestattet.

A lapra vonatkozó mindennemű levelezés címe:

Zuschriften sind zu richten an:

Erdészeti Kísérletek. Sopron, Műegyetem.

Pénzküldeményeket az Erdészeti Kísérletek számára a póstatakarék-pénztár 58.213. sz. csekkszámájára kérünk.

Geldsendungen haben an das Postsparkassenkonto Nr. 58.213 zu erfolgen.

E füzet bolti ára 6— pengő. — Ladenpreis dieses Heftes 6— Pengő.

Megjelent 1938. május havában.

Erschienen im Mai 1938.

ERDÉSZETI KISÉRLETEK.

A M. KIR. FÖLDMÍVELÉSÜGYI MINISZTER FENHATÓSÁGA ALATT ÁLLÓ
M. KIR. ERDÉSZETI KUTATÓ INTÉZET FOLYÓIRATA.

XL. ÉVFOLYAM 1938.

SOPRON

1—4. SZÁM.

Adatok a levéltetvek biológiájához.

Írta: *Haracsi Lajos.*

Készült a m. kir. József Nádor műegyetem erdővédelemtani tanszékén (Vezető: *Kelle Arthur* egyet. ny. r. tanár) és a m. kir. erdészeti kutató intézetben (Vezető: *Roth Gyula* egyet. ny. r. tanár) Sopronban. — Befejezve 1937. év augusztus havában.

I. Bevezetés.

Az erdő- és mezőgazdaságban fontos szerepet játszanak a káros rovarok. Az ellenük való okszerű védekezésnek legelső feltétele a károsító biológiájának minél alaposabb megismerése. Különösen szükséges a táplálkozás-, szaporodásbiológia és az oekológia beható tanulmányozása, mert ezek ismerete nélkül a védekezés csak költséges és sikertelen tapogatózás marad.

A növénytetvek csoportjából haszonnövényeinknek igen sok ellensége kerül ki, melyek gazdaságunknak gyakran érzékeny károkat okoznak. Csak példaképpen említem meg a *Phylloxerát*, a vértetűt, a fenyők gyökerein is élő *Prociphilus* fajokat és a fenyőgubacstetveket. Károosságuk, valamint szaporodás- és táplálkozásbiológiájuk rendkívül érdekes és tanulságos volta készítetett arra, hogy velük foglalkozzam és adataimmal úgy az elméleti rovarosan, mint a gyakorlati növényvédelem szolgálatára legyek. Vizsgálataim elsősorban a levéltetvek táplálkozásbiológiájára és egyéni fejlődésére vonatkoznak.

Mielőtt tanulmányom tulajdonképpeni tárgyába kezdenék, szükségesnek tartom néhány szóval a levéltetvek rendszertani helyzetét, ismertető bélyegeit és szaporodási viszonyait előrebocsátani.

A levéltetvek a *Rhynchota* (Hemiptera): szípókás rovarok rendjébe tartoznak, amely csoportra elsősorban a szípókának nevezett szűrő-szívó szájszerv, mely tapogatók nélküli ízelt csőből (labium) s a benne levő két pár (mandibula és maxilla) szűrősertéjből áll, és a nem teljes (bábnélküli),

fokozatos átalakulás (epimorphosis) jellemző. A rendet legcélszerűbben három alrendre oszthatjuk, melyek közül a növénytetvek (Aphidina v. Sternorhyncha) csoportját a másik kettővel (poloskák, kabócák) szemben a következő bélyegek jellemzik: Fejük hypognath, vagyis a szipóka a fej hátsó részéből a torokból indul; szárnyuk erezte gyér, haránterek nélküli; csápjuk fonalas, nagyjában homonom ízelt; a csipők egymástól távol állanak; lábfejük csak egy-két ízű; fejlődésük egyszerű vagy módosult epimorphosis (neometabola), az első esetben azonban szaporodásuk komplikált heterogonia (nemzedékváltakozás). Ez az alrend négy öregcsaládot (superfamilia) foglal magában, melyek közül a levéltetvek (Aphidoidea) öregcsaládja a többiektől (levélbolhák, molytetvek, pajzstetvek) elsősorban a tipikus epimorphosis (paurometabola) szerinti fejlődésben és a nemzedékváltakozásos szaporodásban különbözik.

Az állatvilágban a levéltetveken kívül igen kevés csoport van, amely oly kifejezetten és annyi eltérő nemzedékben mutatná egy szaporodási körön belül a nemzedékek tipikus váltakozását, mint ezek. Heterogoniájukat bonyolulttá teszi még az a körülmény is, hogy ugyanegy nemzedékben lehetnek szárnyas és szárny nélküli alakok, valamint az, hogy gyakran gázdacsere is belekapcsolódik a ciklus menetébe. Néha egy vegetációs idő alatt, melyben a Chermesidae család kivételével rendszeren egy teljes fejlődési kör is lezárul, 10—25 nemzedék is megjelenhet, melyek közt azonban csak 3—7 különböző generáció szokott lenni. Ha egy esettől (Acanthohermes) eltekintünk, akkor a legegyszerűbb (és valószínűen a többinél ősbibb) trimorph szaporodási kört a következő séma mutatja: Megtermékenyített pete → őszanya (fundatrix) → szűznemzedék (virgo) → ivaros nemzedék (sexualis). A fejlődési kör kibővítését a virgo nemzedék végzi, melyből rendszeren több is keletkezik, és ezenkívül több morphologiailag is különböző generációra eshet szét (fundatrigenia, virginogenia, hiemalis, sexupara, stb.). A fundatrix és a sexualis alak mindig csak egy nemzedékkel van képviselve. A ciklus lezáródása nem mindig szigorú, mert gyakran a virgo nemzedék hosszú időn keresztül önállóan (tisztán szűznemzés útján) is szaporodhatik (pl. vértetű). Az eltérő generációk életmódja is más lehet, és alaktani különbözőségük nagyjából a külső tényezők befolyására vezethető vissza. Megtermékenyített petéből csak a fundatrix alak keletkezik, a többiek szűznemzéssel szaporodnak, s a sexualis nemzedék kivételével valamennyien nőstények. Az egyes generációk (a sexualist nem tekintve) két családnál elevenszülők (Aphididae, Pemphigidae v. Eriosomatidae), két családnál (Chermesidae, Phylloxeridae) pedig az összes alakok peterakók. A sexualis nemzedék lehet szipókás és táplálkozó (Aphididae, Chermesidae), vagy szipóka nélküli és csökevényes, zárt belű, tehát nem táplálkozó (Pemphigidae, Phylloxeridae). A szűznemzés mindig diploid parthenogenesis-sel történik.

II. A levéltetvek viszonya a növényekhez.*

A levéltetvek kizáróan növényi nedvekkel táplálkoznak, és pedig csak élő növények tápanyagait szívják, vagyis növényi paraziták. Az állat szipó-káját a növénybe szúrja, nyálmirigyéből a szipóka egyik csövén át nyálat enged a növénybe, melynek hatása után a növényi nedvet egy másik csatornán keresztül felszívja. Vannak köztük polyphag, oligophag és szigorúan monophag fajok, s egy faj egy nemzedéke rendszeren csak meghatározott növényi szervén él. A gazdát cserélő fajoknál gyakori az az eset, hogy a tavaszi nemzedékek (fundatrix, fundatrigenia) a növények földfeletti zöld részein, a nyári és őszi alakok (virginogenia, sexupara) pedig más növények gyökerein élnek. Főleg a mono-, de a polyphag fajoknál is már régebben ismert tapasztalati tény, hogy gazdanövényeik nem minden egyedén, vagy nem minden alfaján és fajtáján (varietas oecologica) tudnak megfelelőképpen élni és szaporodni, sőt a gubacsképzők gubacsot sem tudnak létrehozni, ami arra mutat, hogy a növénynek hajlamosnak, vagy legyen-gült állapotúnak kell lennie, hogy a parazita számára alkalmas legyen. Vannak ellenálló növényi fajváltozatok, melyek többnyire az illető területen őshonosak, vagy eredeti termőhelyüknek megfelelő viszonyok közt tenyésznek. E körülményről magamnak is több esetben sikerült meggyőző-dőm. *Ez a tény kell, hogy adja a levéltetvek elleni védekezés alapgon-dolatát.*

A levéltetvek közt igen sok gubacsképző faj van. A gubacs rendszeren annyira jellemző, hogy róla a fajt meg lehet állapítani. E képződmény többnyire a fundatrix szívása révén jön létre (1. — p. 552.),** a következő nemzedék, vagy nemzedékek pedig gyakran e gubacsban élnek. Közelfekvő volt tehát az a gondolat, mellyel vizsgálataimat megkezdettem, hogy talán a fundatrix nyálmirigyének váladéka és ezzel kapcsolatban a szerkezete is valami különleges, a többiekétől eltérő lehet. Azonban az irodalom gondos átnézése közben kiderült, hogy több eset is ismeretes, mikor a virgo nemzedék szívása után is keletkezik torzképződmény (vértetű, Phylloxera, stb.). Az bizonyos, hogy a levéltetvek nyálában a fajra jellemző specifikus anyagok vannak (1. — p. 561.), azonban a gubacs morphogenetikai meghatározásában *szerintem* az illető növényi fajnak és szervnek, valamint ezek fiziológiai állapotának van döntő befolyása.

Ami az állat hatását a gubacsképzésre illeti, arra egy példának a Pemphigus bursarius L.-t és a Pemph. spirothecae Pass.-t hozom fel. E két egymáshoz igen közelálló faj mindegyike a jegenyenyár levélnyelén hoz

* E fejezet összeállításánál főképpen Börner (1.) és Weber (18.) összefoglaló munkáit használtam. — A zárójelben ezután is szereplő 1.—22. megnevezetlen szám az irodalmi jegyzékben felsorolt munkákra hivatkozik.

** p. = pagina, oldal.

létre torzképződményt. Az első gubacsa a levélnyéél megvastagodásából keletkezett, szájjal ellátott bogyószerű alakulat, míg az utóbbié a kiszélesedett levélnyéél spirális összecsavarodása útján jön létre. Vagyis két egészen eltérő szerkezetről van szó, habár ezek teljesen egyenlőformájú szipóka szúrása után keletkeztek.

Arra viszont, hogy a gubacs kialakítására a növényi szervnek milyen nagy befolyása van, sok példát lehetne felsorolni. Igen jól bizonyítja ezt — *az én véleményem szerint* — pl. a *Phylloxera vastatrix* Planch. (*Dactylosphaera vitifoliae* Shim.) esete. (1. — p. 705.). A szőlő gyökerén élő virginogenia nemzedék szívása révén kétféle torzképződmény keletkezik. A vékony fiatal gyökereken (hajszálgökér) félholdhoz hasonló gumócskák, az ú. n. nodositas-ok, míg a vastagabb, többéves, fásodott gyökereken lapos csésze- vagy sebhelyszerű dudorok az ú. n. tuberositas-ok jelentkeznek. A megtermékenyített és áttelelt petéből kikelt fundatrix (és többnyire az első fundatrigenia) nemzedék szívása folytán pedig a leveleken hólyag vagy táskaszerű levélgubacsok jönnek létre, melyekben a következő nemzedék él. Vannak ellenben bizonyos (főleg amerikai) szőlőfajták, melyek levelén a *Phylloxera* szúrása nyomán gubacs nem keletkezik, s olyanokról is tudunk, melyeknek gyökerén sem képződik daganat. Ugyanezt tapasztaljuk a vértetűnél is (1. — p. 666—667.). Természetesen az ilyen ellenálló fajtákat nem is szívesen támadják meg és szívják a tetvek.

A hirhedt fekete levéltetű: *Doralis* (*Aphis*) *fabae* Scop.-ról, amely mezőgazdasági károsító, ismeretes (1. — p. 598.), hogy a fundatrix és a fundatrigenia nemzedéke az *Evonymus* leveleit erősen összepöndöríti, míg a *Viburnum*-ét, amely szintén tápnövénye, nem, vagy csak igen kevésbé. A tetű virginogenia nemzedéke viszont sokféle mezőgazdasági kultúrnövényen él, igen polyphag természetű. E generáció szívásának következménye az egyes növényfajokon nem egyforma. A Beta (répa) levelei pl. erősen fodrosak, hólyagosak lesznek, a *Vicia faba* (lóbab) levelei csak gyengén kunkorodók, míg a *Rumex* (sóska) féléken változás nem észlelhető. A *Sorauer*-féle kézikönyvben (1. —) több levéltetű fajnál van megemlítve, hogy a fejlődő, fiatal növényi részekén történő szívásnál következik be alakváltozás (gubacs). Van két északamerikai, közel rokon levéltetű, a *Hamamelistes spinosus* Shim. és a *Hormaphis hamamelidis* Fitch. (1. — p. 637—640.), melyeknek egyik (téli) gazdája egy cserje, a *Hamamelis*, a másik (nyári) növénye pedig a *Betula* (nyírfa). Az első a *Hamamelis*-en rügygubacsot, a *Betulán* levélhólyagosodást, táskásodást, a második a *Hamamelis*-en levélgubacsot, a *Betulán* pedig semmiféle deformációt nem idéz elő. Az előbbi szaporodási köre két év alatt, a másiké egy év alatt záródik, ez utóbbi tehát — *szerintem* — a *Betula* levelet már készen kapja, míg az első éppen kibontakozásban, fejlődésben találja.

Az itt felsorolt néhány példából — *az én véleményem szerint* — há-

rom fontos elvet lehet kiolvasni a levéltetű és a gazdanövény közötti viszonyra, illetve a gubacsképzésre vonatkozóan:

1. A gubacsképzésre a növénynek, illetve a növényi szervnek és ezek fiziológiai állapotának döntő befolyása van.

2. A gubacs kialakításában az állat fajának is van szerepe.

3. Gubacsképzésre nemcsak a megtermékenyített petéből fejlődő fundatrix nemzetség képes, hanem a többi alak is.

A növényi torzképződmény tehát — *szerintem* — két erő eredőjeként jön létre, melyeknek egyikét a növény, másikat az állat szolgáltatja. Mivel a gubacs a növényi és állati fajra majdnem mindig jellemző alakú, ezért nyilvánvalóan valamely kémiai folyamat révén, nem pedig mechanikai ingerlés következtében alakul ki végleges formájává. Minden növény mechanikai és egyéb hatás vagy zavarás nélkül hozza létre az ő jellemző szerveit és szöveteit. E működésében — amint az újabb kutatások alapján állíthatjuk — bizonyos anyagok: hormonok és organizátorok játszanak nagy szerepet, épúgy mint az állati fejlődésben. A mechanikai sebzés, illetve az ezáltal képződött bomlási termékek (hormonok) révén keletkezik ugyan regeneráció, callusképződés, azonban a tetű és a növény fajára jellemző gubacsalak organizációját ezzel megmagyarázni nem tudjuk. Ha az állat által adott nyál chemizmusának nem volna szerepe, akkor — *szerintem* — ugyanazon növényi szervén ugyanolyan fejlődési állapot mellett két egyforma és rokon állatnak a szúrása folytán legalább megközelítően hasonló alakú torzképződménynek kellene keletkeznie. Azonban ez legtöbbször nem így van.

A fenti példákból az is kitűnik, hogy nemcsak a fundatrix nemzedéknek van meg a gubacsképző hatása, hanem *megfelelő feltételek esetén* más generáció is hozhat létre torzképződményt. Hogy a fundatrix alak majdnem mindig gubacsképző, a többiek pedig aránylag ritkán (1. — p. 552.), annak — *az én felfogásom szerint* — nem az az oka, hogy az őszanya a többtől eltérő módon származik, hanem az, hogy az ő szívása mindig tavasszal és éppen fejlődésben levő, még ki nem alakult, fiatal növényi részen történik. Ennek leszármazottai viszont többnyire már kész növényi szervet kapnak. Azonban arra is van néhány példa, hogy ugyanazon növényi részen nemcsak a fundatrix, hanem a következő fundatrigenia és virginogenia nemzedék is hozhat létre torzképződményt; pl. *Eriosoma Patchae* Börn. a szilfa levelén (1. — p. 660.), és az előbb említett fajok némelyike. Úgy látszik, ez attól függ, hogy a virgo nemzedék milyen fejlődési állapotban találja a levelet. A fenyőgubacstetveknél (*Chermesidae*) ellenben, hol a teljes szaporodási kör két évig tart, a vörösfenyőn élő virginogenia nemzedék szívása folytán tavasszal sem jön létre semmiféle deformáció. Ez az eset, hogy t. i. fejlődésben levő szerveken sem keletkezik gubacs, több *Aphididánál* is előfordul.

A gubacskialakulás, fejlődés lefolyásáról, mechanizmusáról igen keveset tudunk. Abban már többnyire megegyeznek, hogy a gubacs egy chemomorphosa, vagyis bizonyos anyagok chemiai hatása révén jön létre (18. — p. 490. és 12. — p. 73.). Hogy azonban milyen anyagok játszanak itt közre, arról semmit sem tudunk. A levéltetű nyálában, melyet az ejtett sebbe bocsát, már sokféle anyag van, amint ezt egy másik fejezetben látni fogjuk. Ezekhez a vegyületekhez járulnak azután a növénynek a meglevő és az állat befolyása után keletkező anyagai. Itt tehát igen bonyolódott folyamatról van szó, melyet azonban *véleményem szerint* két részre lehet felbontani. Az egyik a gubacs növekedése, a másik ennek organizálása. Vizsgáljuk először az elsőt.

Már magának a sebzésnek a következtében is növekedéserősödés szokott bekövetkezni, mert az illető növényi szerv sebzési környezetén az eredeti correlatio megszakad, és ezt feltétlenül nagyobbítja az állat által injiciált nyál hatása is. A sebhormonok kezdenek tehát elsősorban működni, s így gyorsított növekedés, illetve sejtosztódás következik be. Valószínűnek tartom azt is, hogy az állat váladékában is van valamely sejtosztódást gyorsító anyag, hormon, pl. az ú. n. biotin, melyet élesztő-extraktumban nagyobb mennyiségben találtak. Hogy a levéltetvek nyálában ily hormon jelenléte nem lehetetlen, arról majd a symbiontakérdés tárgyalásánál meggyőződhetünk.

Mi okozhatja azonban a gubacs jellemző szervezettségét, organizációját? Ha a fent említett példákra gondolunk, akkor az én felfogásom szerint a kérdésre így felelhetünk: Az állat is, meg a növény is, illetve egyik vagy másik anyaga. Pl. a két Pemphigusnál, melyek a jegenyenyár levélnyelén hoznak létre torzképződményt, biztosan a két állat speciális nyálanyaga idézi elő az annyira eltérő két gubacsalakot. Ha pedig a Phylloxera esetére hivatkozunk, mikor a gyökéren keletkező gubacs a gyökér kora és vastagsága (sőt a szőlő fajtája) szerint eltérő, akkor — *szerintem* — egész jogosan a *növényre* háríthatjuk a torzképződmény jellemző organizációját. A fiatal ú. n. hajszálgyökerek szöveti szerkezete (elsődleges szövetek) egészen más, mint egy idősebb, vastagabb gyökéré (másodlagos szövetek), ezeknek a szöveteknek a differenciálódását tehát már más anyagoknak kell végezniök. Az állat hatása természetesen itt is módosítja az eredeti szerveződést, mert hiszen *jellemző* torzképződmény jön létre. Hogy azonban a gubacs organizációjánál a növényi szerv és az állati nyál hormonja mint két független hatóerő működik-e, vagy pedig ezek (pl. ester-szerű) egyesüléséből származó új vegyületről van-e szó, ez még igen távoli kérdés.

Mindezeknek az adatoknak az alapján megerősítést nyer az az általam már előbb kimondott elv, hogy a gubacs keletkezésénél és organizációjánál *a növénynek döntő befolyása* van. Ezt támogatja *Zweigelt*-nek a gubacsról

vallott az a nézete is (18. — p. 496—499.), hogy az nem egy célszerűségi képződmény, mint régebben hitték, mely kizáróan a parazita céljait, védelmét, stb. szolgálja, hanem a növénynek az ellenség elleni harcában létrehozott védekező szerve, mely elsősorban izolálni és helyhez kötni igyekszik az állatot, s amely képződményhez a rovar — a fajfejlődés alatt — kénytelen volt valamiképpen alkalmazkodni.

III. Fejlődéstani vizsgálatok.

Ezirányú vizsgálataim a levéltetvek táplálkozásbiológiájával a leg-szorosabban összefüggő nyálmirigy szerkezetére és főleg ennek embryonalis fejlődésére, azután a levéltetvekkel symbiosisban élő mikroorganizmusoknak az egyéni fejlődés alatti szerepére, s végül a központi idegrendszer fejlődésére és kialakulására vonatkoznak.

1. Vizsgálati anyag és módszer.

A feldolgozott anyag Sopron környékéről való. Az állatokat mindig természetes előfordulási helyeiken, gazdanövényeikkel együtt gyűjtöttem. A meghatározást *C. Börner* munkái alapján magam végeztem. A fajok neveit és rendszerüket *Börner*nek idézett dolgozatából (1. —) vettem. Vizsgálataimnál a következő fajok szerepeltek (a faji nevek utáni zárójelben a gazdanövények vannak jelezve):

Család: *Aphididae*.

Alcsalád: *Lachninae*.

Lachnus (*Pterochlorus*) *roboris* L. (*Quercus*).

Család: *Eriosomatidae*. (*Pemphigidae*.)

Alcsalád: *Eriosomatinae*.

Pemphigus bursarius L. (*Populus*).

Pemphigus spirothecae Pass. (*Populus*).

Prociphilus bumeliae Schrk. (*Fraxinus*).

Tetraneura (*Byrsocrypta*) *gallarum* Gm. (*Ulmus*).

Az egyes fajoknak különböző generációit vizsgáltam. Mivel e fajok egyes nemzedékei — a sexualis kivételével — elevenszülők, ezért az állatokban mindig megtalálható embryók és ezek fejlődésének megfigyelése nagy nehézséget nem okozott.

A legtöbbnyire friss állatokat — a viasznak chloroformmal történt rövid leoldása után — kétféle rögzítővel kezeltem: a *Helly*-féle és az *Orth*-féle keverékkel. A recepteket és a kezelési eljárást *Abderhalden*: *Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden* (Abt. VIII., Teil 1. — 1924.) c. munkából vettem. Egy-két esetben felhasználtam alkoholban konzervált és

fixált anyagot is. Az előbbi rögzítők után vízkimosás következett 24 óráig. Azután alkohol és xylol sorozaton keresztül víztelenítést alkalmaztam, majd xylol + paraffin-ban való fürdetés következett. Az 50—60 fokos paraffinba való beágyazás 1—2 óra időtartamig paraffinkályhában történt.

A beágyazott állatokat részben kézi, részben szánkamikrotommal metszettem fel. A metszeteket formolos zselatinoldattal ragasztottam tárgylemezre és a paraffint xylollal oldottam le. Ezután következett a metszetek festése. Ez főképpen *Ehrlich*-féle savanyú vashaematoxylinnel és eosinnal történt. Próbálkoztam másfajta festékekkel is, de az első jobbnak bizonyult. Festés és lemosás után a metszeteket víztelenítettem és kanadabalsamban állandósítottam.

A rajzokat *Abbe*-féle rajzolókészülékkel magam rajzoltam, a mikrofotofelvételek pedig a műegyetem bánya- és erdőmérnöki kara növénytani intézetében Sopronban készültek. Valamennyien eredeti metszeteket ábrázolnak.

2. A nyálmirigyre és a mycetomára* vonatkozó fejlődéstani adatok.

a) A pete kezdeti fejlődése.

A vizsgált fajok valamennyien elevenszülők, melyeknek csak a *sexualis* nemzedéke rak petét. A megfigyeléseket a *vivipara* nemzedékek embryoin végeztem, melyek az anya testében fejlődnek ki. Ezek korai fejlődésére vonatkozóan már sokan végeztek beható vizsgálatokat, melyeknek eredményeit szükségesnek látom röviden előrebocsátani, már csak azért is, mert saját adataim tulajdonképpen szorosán ezekhez kapcsolódnak. A nyálmirigy kialakulását s a mycetoma fejlődésközbeni szerepét együtt tárgyalom, mert mint később látni fogjuk, közöttük bizonyos kapcsolat található.

A mycetoma a levéltetvek elkülönült szerve, melyben apró mikroorganizmusok, a symbionták élnek. Ezek az *Aphidáknál* mindenkor megtalálhatók, és alkalmas módon a petére, illetve az embryora átvivődnek, mintegy átörököltnak, tehát az állattal szoros *symbiosisban* élnek. Pontos rendeltetésüket azonban ezideig nem tudják. Hogy a mycetomában apró egysejtűek laknak, azt *Šulc* és *Pierantoni* (1910) ismerték fel először (2. — p. 10.).** A kifejlett állat mycetomája általában a potroh háti oldalán, a bélcsatorna felett húzódó két tömlő, melyek hátul egymáshoz csatlakoznak. A többi szervvel nem függ össze, és a bélcsatornától is teljesen izolálva van. Még leginkább az ovariummal van kapcsolata, mert az embryok fej-

* A németes mycetom helyett a mycetoma-t használom, mert a görög *μυκη*s (gomba) és *τομη* (szelvény, részlet) összetételéből ez a szó latinosan (ad analogiam: myotoma): mycetoma.

** Az 1.—22. megnevezetlen szám (2.) az irodalmi jegyzékben levő munkára hivatkozik. p. 10. = 10. oldal.

lődése idejében szorosan idesimul, hogy az inficiálást elvégezhesse. A mycetomát, mely nagy sejtekből, a mycetocytákból áll, az ivarézés után a fejlődő peték szétszaggatják, tartalmát a symbiontákat pedig fokozatosan felhasználják.

A vivipara nemzedék petéjének és embryójának fejlődésével *Hirschler* (8. —), *Metschnikow* (15. — p. 693. és 22. — p. 602.), *Will* (21. —), *Witlaczil* (22. —), stb. foglalkoztak. A petének a symbiontákkal való inficiálását pedig *Buchner* (2. —) és iskolája [*Klevenhusen*, *Sell* (2. — p. 450—492.), *Tóth* (15. —), stb.] dolgozta ki részletesen.

Kísérjük figyelemmel egy pete osztódását a petefészekben elsősorban *Hirschlert* (8. — p. 578., 586., 626.) követve, ki főképpen egy *Rhopalosiphum* fajt vizsgált. A vivipara nemzedék petéje már az anya embryonalis állapotában elkülönül a petecső (ovariolum) distalis végében fekvő ősvivar (oogonialis) sejtektől, melyeknek plasmatómegével még egy darabig egy tápláló plasmazsinór segítségével összefügg. A fiatal petesejt, illetve oocyta azonban nem kezd növekedni, hanem sejtmagja rövidesen osztódik két részre, amely osztódás az érési osztódásnak felel meg, és a diploid parthenogenesisnek megfelelően nem reductiosan, hanem aequatiosan történik. Ezáltal a petesejt érett petévé (ovium) válik. Az egyik sejtmag a pete szélére kerül, iránytestté lesz, a másik pedig gyors egymásutánban több részre osztódik, ezek a barázdálódási osztódások.

Az osztódások közben a pete lassan nagyobbodik, a plasma (morphoplasma) a magvakkal együtt inkább a periferiákra vonul, belül pedig vacuolák, üregek keletkeznek kevés szikberakódással együtt. A magvak ekkor főképpen a kerületi plasmagyűrűben végzik osztódásaikat. Miután ily módon több sejtmag jött létre, ezek nagyobb részben egy sorban, a kerületi sávban rendeződnek el, s csak néhány mag kerül a barázdálódó pete, illetve embryo középső részébe, melyek — a szikben gazdag rovarpete mintájára — a szikmagvakkal felelnek meg. Ez utóbbiak a rovarok nagy részénél az embryo alakításában nem vesznek részt, hanem csak a szik feldolgozására szolgálnak (8. — p. 705—727.). Ilyenformán tehát a barázdálódó pete sejttei két csoportra különülnek el: egy embryoalakító és egy tápláló részre. A vivipara levéltetvek esetében azonban — mint látni fogjuk — e sejteknek még egyéb szerepük is lesz. A külső sejtek szaporodása, tömörülése és a sejtfalak megjelenése folytán a petéből a felületen egy főképpen egysejtsorú képződménnyel ellátott ú. n. csirahólyag (blastula) alakul ki, maga a külső sejtréteg pedig az őscsiralemez a blastoderma (*bd*). Ilyen blastulát mutat az 1. ábra.

A blastula fejlődésének további lefolyása *Hirschler* (l. c.*) és a saját vizsgálataim szerint úgy történik, hogy a blastoderma egyik oldalon, egy kis sávon kissé megvastagszik, ugyanezen időben a többi része pedig kezd

* l. c. = loco citato, idézett helyen.

elvékonyodni. Röviddel ezután a kissé megvastagodott rész, az ú. n. csirasáv megkezdí betüremkedését, besüllyedését a csirahólyag belseje felé. Ez a folyamat azonban nemcsak egyszerű mechanikus helyzetváltozás, hanem eközben a betüremkedő rész sejtjei erősen szaporodnak, osztódnak is, egyszóval befelé növekednek, míg a csirahólyag falának többi része fokozatosan visszafejlődik (2. ábra). E betüremkedésnek (invaginatio) legfőbb célja az embryoburkok létrehozása a fejlődő magzat körül; ezeket a rovarokon is amnion és serosa névvel jelöljük. Az embryoburkoknak ilyen módon való képzése a rovaroknál nem általános.

A két magzataburok a levéltetvek invaginációs embryofejlődése alatt úgy alakul ki, hogy a csirasávnak a csirahólyag belsejébe való fokozatos betüremkedése és növekedése alkalmával a két benőtt sejtlemes közül az egyik lassan és fokozatosan elvékonyodik, a másik pedig tovább fejlődik, gyarapodik. Ez utóbbi, melyből a tulajdonképpeni embryo fejlődik, a szorosabb értelemben vett csirasáv, vagy embryokezdemény (*pl*), a másik elvékonyodó lemez pedig a belső burok, az amnion (*am*). A fejlődés további folyamán az amnion és a betüremkedés helyén elválasztott külső burki részek e helyen egymással összenőnek, mely pont a jövendő magzat feji végét jelzi. Ilyenformán az amnionon kívül fekvő zárt burok is keletkezik, mely a serosát (*ser*) képviseli (2. és 3. ábra).

E folyamatok közben azonban a fejlődő csirasáv nem marad egysejtrétegű lemez, hanem fokozatosan többsejtvastagságúvá alakul azáltal, hogy az amnionnal ellenkező oldalán sejtburjánzás, sejtszaporodás keletkezik, melyet mint egy új csiralemezt foghatunk fel. Ez állapoton tehát a magzat két csiralevélből, -rétegből áll, melyek közül az amnion melletti, a régebbi, a külső csiralemez (ectoderma, *ec*), az ezen fekvő új pedig a belső csiralevél, vagy egységes ento-mesoderma (*en*), mely a rovaroknál ilyen alakban általános képződmény. Az ectoderma képviseli az embryo hasi, az ellenkező rész pedig a háti oldalát (2. és 3. ábra).

A betüremkedő csirasáv elülső részén, mely a magzat farki végének felel meg, az invaginációs folyamat alatt néhány sejtéből álló, a többtől némileg elütő sejtcsoport kialakulását lehet megfigyelni. Ezek az ú. n. ősvarsejtek, mert ezekből fejlődnek az ivarmirigyek, a gonadok (*gon*) (2. és 3. ábra).

A most vázolt fejlődési mozzanatok közben azonban még egy igen nevezetes jelenség játszódik le a fejlődő petén, illetve embryon, t. i. ennek a symbiontákkal való fertőzése. A pete fejlődésénél láttuk azt, hogy az egyes leánymagvak a felület felé helyezkednek el a morphoplasmában, míg a közepén a növekedés folytán üregek keletkeznek, azonban egy-két mag itt is található. *Hirschler* szerint (8. — p. 626.) a symbionta-invasio már ilyenkor — a kialakuló blastula állapotban — megtörténik. A peteérés idejében ugyanis az egyes petecsövek közé beékelődött mycetomasejtek szo-

rosan odatapadnak a petecső vékony (peritonealis) falához, és egy ponton ezt, valamint a pete külső plasmarétegét feloldva, tartalmuk: a symbionták beözönlenek a pete belső szikmagvas terébe, és azt teljesen kitöltik (1. ábra, *myc*). A fejlődő blastula belsejébe való bejutás annál könnyebben megtörténhetik, mert esetünkben a petét sem folliculusepithel, sem az ezáltal termelni szokott külső, erős peteburok (chorion) nem veszi körül, mivel ezekre a vivipariára való tekintettel szükség nincs. A symbionták benyomulása után a feloldott rész ismét összeforr.

Buchner és munkatársai (2. — p. 470—477. és 15. — p. 730.) szerint a symbiontáknak az invasiója a fejlődő embryoba csak később történik meg, és pedig akkor, amikor a blastula invaginációjára már megkezdődik, illetve folyamatban van. Bár elismerik, hogy az infekció módja és ideje az állat faja szerint variálhat, de mindig csak a blastula stádium után következik be. Véleményem szerint a lényeg az, hogy a symbionttal való fertőzés akkor történik meg, amikor számukra a fejlődő csira belsejében elegendő hely áll rendelkezésre, vagyis mikor az embryo már bizonyos nagyságot elért. Az én megfigyeléseim szerint — legalább a *Prociphilus bumeliae fundatrigenia* nemzedékének esetében — többnyire már a kész blastula állapotban befejeződött a symbionták beözönlése (1. ábra).

A symbionták a blastula belsejében a szikmagvakat (n) körülveszik, és ezekkel tömött, egységes, egyes sejtekre nem tagolt képződményt, egy syncytiumot alkotnak, melyben a szikmagvak, illetve sejtek szabadon mozognak. Ez a képződmény szolgáltatja a jövő állat mycetomáját, ezért mycetomakezdeménynek (*myc*) nevezhetjük. Régebben (1910. előtt), mikor a symbiontákat még nem ismerték fel, ezt a szervet sziktartónak gondolták (*Huxley* 1858, *Metschnikow* 1866, *Witlaczil* 1881.), és pseudovitellus néven említették (2. — p. 450.).

Az embryo fejlődése folyamán a mycetomakezdeményben levő sziksejtek (n) igen sokáig nem osztódnak, hanem eredeti csekély számukban maradnak meg. E körülményt, melyet már mások (*Sell*) is észleltek (2. — p. 474.), a saját vizsgálataim is megerősítik. Feltűnő, hogy e sejtek az embryoalakító sejteknél lényegesen nagyobbak. A *Prociphilus bumeliae*-nél, hol a mycetomakezdeményben sokáig csak 1—3 sziksejt van (1., 2. és 3. ábra), már a kifejlődött blastula állapotban igen nagyok e sejtek, illetve magvak (1. ábra), amely tünemény okát pontosan nem figyelhettem meg, azonban *szerintem* ennek három magyarázata lehet: 1. Eredetileg több szikmag van, melyek egymással már korán összeolvadnak. Ilyenféle esetet figyelt meg *Schrader* (1923) egy pajzstetűnél (*Pseudococcus*) (2. — p. 448.). 2. A szikmagvak korán a középre kerülnek, és ezután többé nem osztódnak, hanem csak növekednek, ezért az embryoképző sejteket nagyságban felülmúlják, mert ez utóbbiak állandó gyors osztódásban vannak. 3. A nagy magvak már eredetileg ilyen alakban kerülnek ide és pedig az anya-

állat mycetomájából a symbiontákkal együtt. Ilyen infekciót *Buchner* (1918) észlelt egy *Aleurodes* fajon (2. — p. 494.).

A mycetomakezdeményben levő symbionták apró — az én eseteimben — gömbölyű hólyagocskák, melyek magfestőszerekkel (haematoxylinnel kékesre) élénken festődnek. A mycetoma tartalma — az egy-két sziksejt kivételével — ezért élesen elűt a többi aprósejtes résztől, melyeknek sejtjei tömött plasmaszervezetük következtében vöröses-barna színeződést vesznek föl. Bennük a mag erősebben és más árnyalatban festődik, különösen a nucleolus, mely élénk vörösszínű (1., 2. és 3. ábra).

A petecsövekben fekvő embryók annál fejlettebb állapotban vannak, minél közelebb esnek a cső basalis részéhez, mely a rövid oviductus-ba (petevezeték) megy át. Ábráimban a petecsövek falát az egyszerűség kedvéért nem rajzoltam be, csak a csirához tartozó részeket. A fejlettebb embryóknál még a vékony magzatburkokat is elhagytam. Ezek egyébként későbbi állapotban már szétszakadoznak, összezsugorodnak és végre fel szívódnak.

b) Az embryo további alakulása.

Az embryo további kifejlődését elsősorban *a saját vizsgálataim alapján* ismertetem. Természetesen nem térhetek ki az összes szervek, illetve szervkezdemények kialakulására, mert ez igen hosszadalmas lenne, és mert nem is vizsgáltam mindent részletesen, hanem csak egyes szervek fejlődését szándékozom előadni. Így tárgyalni fogom elsősorban a bélcsatorna és a nyálmirigy keletkezését, valamint a mycetoma további alakulását. A központi idegrendszer kifejlődését pedig külön fejezetben fogom ismertetni. A levéltettek teljes kifejlődését főképpen *Witlaczil* (22. — 1884.) írta le, aki azonban nem metszetekkel, hanem egész (totalis) praeparatumokkal dolgozott, s így egyes megállapításai kiegészítésre szorulnak.

Amint az előző részben láttuk, és amint ez a rovarok (izeltlábúak) esetében általános, a fejlődő magzatnak először a hasi része kezd kifejlődni. Innen fokozatosan halad a fejlődés a belső és oldalsó, azután pedig a háti részek felé. A hossz tengely irányában pedig az elülső rész növekedik erősebben (3., 4. ábra).

Az embryofejlődés első szakasza után, amely a barázdálódásból, blastulaképzésből, a serosa és amnion, valamint az ecto- és entomesoderma kialakításából áll, megkezdődik az egyes szervkezdemények kifejlődése. Legkorábban a hasoldali szervek jönnek létre, így a szelvények és végtagok dudorai, az idegrendszer és a bélcsatorna. Vizsgáljuk először a bélcsatorna keletkezését.

A két, szorosan egymásra fekvő csiralevéllel rendelkező embryón először az elülső részen és valamivel későbbben a hátsó végen egy-egy tölcser

vagy csőszerű betüremkedés indul meg az ectoderma (*ec*) külső (amnion melletti) felületéből a magzat belseje, a mycetomakezdemény (*myc*) felé. Az elülső betüremkedés (*st*) gyorsabban halad előre, és eleinte a háti oldalnak irányul, majd egy ívben irányt változtatva, a mycetoma és az entomesoderma (*en*) között hosszirányban hátrafelé törekszik. A hátsó betüremkedés (*pr*) mindjárt az entomesoderma és a mycetoma között vonul hosszirányban előre a feji vég irányába. Ez utóbbi egy darabig maga előtt tolja az ősvarsejtek (*gon*) kis csoportját. Az elülső betüremkedés képviseli az előbél kezdeményét (stomodaeum), a hátsó pedig az utóbélét (proctodaeum). Ezt mutatja a 3. ábra.

A fejlődés további folyamán mindkét betüremkedés fokozatosan nyomul előre a mycetomakezdemény alatt egymás irányába. Mivel e két invaginatio akkor indul meg, mikor az ectoderma fölött már megjelent a belső csiralemez is, ezért természetesen mind a stomodaeum-, mind a proctodaeumkezdemény maga előtt viszi az entomesoderma egy-egy kis sejtcsoportját is (3. és 4. ábra). A növekedés folytán a két betüremkedés fokozatosan nyúlik és elvékonyodik, csőszerű képződménnyé lesz két végén egy-egy entoderma sejtcsoporttal. Az ősvarsejtek eközben lassankint a proctodaeum fölé tolódnak el. Ezt az állapotot mutatja vázlatosan a 4. ábra.

A két csőrész találkozásakor a két kis entodermalis sejtcsoport — középen üreget létesítve — egymással összenő. E képződményből alakul ki ezután az aránylag rövid entodermalis eredetű középbél vagy gyomor (mesodaeum, *md*), mely a levéltetveknél vastagabb falu, tágas hordószerű szerv. Az elő- és utóbél kezdeménye eközben még hosszabbra nyúlik, részben tovább elvékonyodik. Az utóbbi később hurkokba is szedődik. A stomodaeumból alakul ki az izmosabb garat és hosszú vékony csőalakban a nyelőcső (*oes*) a végén egy kis cardialis billentyűszerkezettel. A proctodaeumból pedig a szintén kisebb keresztmetszetű vékonybél (*in*) és a tágabb végbél (rectum) fejlődik (5., 6., 8., 13., 15., 19. ábra). *Malpighi*-edények a levéltetvek bélcsövén nem keletkeznek. Az egyes szakaszok alaki és szöveti szerkezete csak későn éri el végleges formáját.

A bélcsatorna fejlődésének egyes fázisai az állatok faja szerint némileg változók, vagy korábban, vagy későbbben jelentkeznek.

A bélcsatorna első fejlődési állapotait főképpen azért tárgyaltam, hogy lássuk ennek viszonyát a sziksejtekhez, illetve a mycetomához. Amint fokozatos kialakulásából látható, a bélcsatorna semmiféle szorosabb viszonyba nem lép a sziksejtekkel, vagyis a mycetoma sejtjeivel. Metszeteimen az embriók egyetlen stádiumában sem lehet megfigyelni ilyen vonatkozást. Belseje mindig csőszerű, szűk, még a kezdeti állapotban levő középbél is, üregében semmiféle tartalmat, vagy sziksejtekhez hasonló sejteket felfedezni nem tudtam. De a bélcsatorna külső felülete sem lép

szorosabb érintkezésbe a mycetomával, vagy ennek sejtjeivel (5., 8. és 13. ábra).

A bélcsatorna fejlődése közben természetesen az embryo többi része is fokozatosan előbbrehalad. A hasi oldalon a sejtek burjánzása következtében megjelennek a végtagok dudorai (*ex*), nyúlványai és az idegrendszer (*gg*) első nyomai is (4., 5. ábra). Párhuzamosan az ectoderma (*ec*) fölött fekvő mesoderma (*en*) sejtek is szaporodnak. — Így alakul a magzat teste tovább, s a fejlődés a hasi részről — mindkét oldalon — tovább vonul a laterális részek felé.

Vizsgáljuk most, mi történik eközben a mycetomakezdeménnyel. Amint láttuk, ez a képződmény — apró, hólyagalakú mikroorganizmusokkal teljesen kitöltött — egységes, pár sejtmagvú, syncytiumot (*myc*) alkot. Ez az állapot sokáig eredeti alakjában marad meg. A bélcsatorna fejlődése elején és középső stádiumában is még ugyanazt a szerkezetű képződményt találjuk (3., 4. ábra). Amikor azonban a bélcsatorna már egységes csövet alkot, akkor a mycetomakezdeményen változást észlelünk.

Ez a változás abban áll, hogy az eddig csak néhány magvú mycetomakezdeményben újabb sejtmagvak jelennek meg. A syncytium perifériális részein, hol ez a középső csiralemezzel, a mesoder mával érintkezik, a hasoldali és oldalsó tájakon figyelhetők meg először ezek az új, a régieknél kisebb sejtmagvak. Többnyire ugyanekkor megtalálhatók a mycetomában még az eredeti nagy sejtmagvak is. Az új sejtmagok száma azután fokozatosan gyarapodik a symbiontás szervben (*myc*), míg végre ennek minden részét arányosan ellepik (5. ábra).

Azt, hogy ezek az új sejtmagvak miképpen jönnek létre, teljes határozottsággal megállapítanom nem sikerült. Keletkezésüknek azonban csak két módja lehetséges: 1. A mycetoma régi nagy sejtmagjainak osztódása útján képződnek. 2. Bevándorolnak a környező mesoderma határos sejteiből (esetleg plasmával együtt) a mycetomába. Szerintem ez az utóbbi eshetőség a valószínűbb. Először azért, mivel az eredeti mycetomasejtek eddig sem osztódtak; a symbionták nagy tömege és sűrűsége, úgy látszik, ezt nem engedi meg. Ez a viszony minden fejlődési állapotban fennáll, miért volna akkor most egy esetben lehetséges az osztódás, mely a mycetomában azután sem észlelhető. Másodszor az új magvak elsőízben mindig a perifériákon jelennek meg. És harmadszor az új magvak jóval kisebbek a többnyire még ilyenkor is megtalálható régieknél.

A mesodermának a mycetomával határos némely része, ilyen fejlődési állapotban már a többi sejtnél valamivel nagyobb és ritkább plasmájú sejtekből áll, melyeknek az egymáshoz való összeköttetése is laza. Vagyis a mesoderma e részletei a kötőszöveti zsírtest (*corpus adiposum*) tulajdonságait veszik fel, egyszóval kötőszövétté kezdenek átalakulni. Ilyen laza összefüggésből a sejteknek a kilépése nagy akadályba nem ütközhet.

Megjegyzem, hogy ezt az esetet nemcsak én figyeltem meg. Már *Heymons* (1899) észrevette egy kabócaféle fejlődésénél, hogy a ‚pseudovitellusba’ a zsírtestkezdemény egyes sejtjei bevándorolnak (2. — p. 565.). Ekkor ugyanis a symbionta kérdést még nem ismerték, s a mycetomát másodlagos sziknek tartották.

Kevéssel az éppen most tárgyalt folyamat után egy másik nevezetes jelenség is lejátszódik a mycetomakezdeményben. Ez a — szerintem nagy-horderejű — változás a következő: Amikor a symbiontás szervben az új sejtmagvak már megjelentek, ennek elülső része, mely a feji vég felé esik, módosuláson megy át. A mycetoma régi nagy sejtmagvai több más maggal együtt ide húzódnak, itt tömörülnek, e rész plasmája is tömöttebbé válik, és festődése is más lesz, amennyiben itt a mycetoma eredetileg kék színe (az *Ehrlich*-féle haematoxylinnel festett készítményeken) fokozatosan kék-pirosasba, majd barnás-pirosba megy át. A további változás pedig abban áll, hogy ez az átalakult részlet a mycetoma másik, nagyobb darabjától fokozatosan elkülönül. Elválasztó befűződés, barázda jelenik meg a két rész között, mely mind mélyebbé válik, s így az eredetileg egységes mycetomából két új szerv alapja, kezdeménye bontakozik ki. A hátsó, nagyobb, változást nem szenvedő darabból (*myc*) alakul a tulajdonképpeni mycetoma, míg az elülső, átalakult részből (*gl*) fejlődik ki a nyálmirigy (5. ábra).

Ez a megállapításom — valószínűen — igen merész kijelentésnek látszik. Az első pillanatban, amikor metszeteim vizsgálata közben ez a gondolat merült fel bennem, nekem is az volt. Azonban a metszeteknek a leggondosabb és többször ismételt átnézése után is, — főképpen a *Pro-ciphilus bumeliae* esetében — kénytelen voltam e szokatlan ténybe bele-nyugodni. Ugyanis a nyálmirigynek ilyen fejlődési módja a rendelkezésemre álló irodalomban teljesen ismeretlen, és ilyesmi, vagy csak ehhez némileg hasonló dolog sincs megemlítve sehol. A fejlődéstani irodalomban a rovarok nyálmirigyét mindig mint a külső ectodermának, vagy az előbél ectodermájának a betüremkedési termékét tekintik, mint a többi többsejtű mirigyeket is általában. A középbél mirigyait pedig ugyancsak a bélfal entodermális kitüremlésének tartják (3. — p. 294. és 19. — p. 364., 550.).

A szipókás rovarok (Rhynchota) nyálmirigyének szerkezetével sokan foglalkoztak, a fejlődésével azonban már kevesen. Az e rendbe sorolt levéltetűfélék (Aphidoidea) öregcsaládjához tartozó fajok nyálmirigyét részletesebben *Cholodkowsky* (1905. — 3. — p. 289.), *Weber* (1928—1930. — 18. — p. 221.) és *Tóth* (1935. — 17. —) vizsgálták. A régebbi kutatók csak hézagosan emlékeztek meg e szervről. Az Aphidák nyálmirigyének korai fejlődésére vonatkozóan *Witlaczil* (1884. — 22. —) és *Will* (1888. — 21. — p. 276.) adnak egy-két megfigyelt mozzanatot. Mindkettőjük szerint

a nyálmirigy első kezdeménye az embryo segmentálódásának megkezdésekor jön létre az ectodermából való betüremkedés útján.

Kissé részletesebben *Witlaczil* (l. c.) írja le a mirigy kifejlődését. Szerinte az ectoderma a második maxillaris és az első torszelvény határán mindegyik oldalon egy betüremkedést, a nyálmirigykezdeményeket hozza létre, melyek az idegköteg oldalaihoz nőnek, és itt két rövid ágra, karélyra oszlanak (p. 581.). Míg azonban a többi szervek állandóan fejlődnek, a nyálmirigykezdemény sokáig semmi változást nem szenved, hanem a kezdeti állapotban fekszik a garatalatti duc és a hasduclánc határán (p. 584., 586.). Csak az embryonális fejlődés vége felé indul megint növekedésnek, amikor a két rövid ág sejtjei gyorsan gyarapodnak, egymással összenőnek, és ezeknek a bázisán levő sejtek később köpenyszerűen körülveszik a többi, tulajdonképpeni secretiós sejteket. A kivezető menetek pedig aránylag igen elvékonyodnak (p. 594.). A páratlan, rövid végcső csak később, másodlagosan jön létre az előbbiekből elülső részéből (p. 664.). *Metschnikow* (*Witlaczil* p. 602.) szerint azonban a nyálmirigyek, mint páros sejttestek a thorax két oldalán már korán keletkeznek. A mirigykezdemény végső kialakulását és szöveti differenciálódását bővebben *Tóth* (l. c.) ismerteti.

A nyálmirigy első fejlődéséről ennyit tudtam meg a rendelkezésemre álló irodalomból. Azonban a saját vizsgálataim után ezt sem tehetem teljesen magamévá. Ugyanis a fenti megfigyelések csak a nyálmirigy *vezetékére* vonatkozhatnak. Még leginkább *Metschnikow* adata közelíti meg a valóságot.

Visszatérek most a nyálmirigy és a mycetoma további alakulásának a saját vizsgálataim alapján való tárgyalásához. Kimondottam azt a fontos elvet, hogy *a nyálmirigy a mycetomakezdeményből fejlődik*. Ismételten hangsúlyozom, hogy a nyálmirigy ilyenképpen keletkezését — a *Prociophilus bumeliae* embryoin — *nagyszámú metszetben, többszöri és gondos átvizsgálás alapján* állapítottam meg. Mivel e megállapításom helyességére különös súlyt fektetek, szükségesnek tartom ezt több bizonyítékkal alátámasztani. Ezért erre vonatkozóan néhány ábrát mutatok be. Már az 5. és 13. ábrából jól kivehető, hogy a nyálmirigykezdemény (*gl*) és a mycetoma (*myc*) szorosán egymásra fekszenek, és részben még össze is függnek. A válaszfal itt e két szerv között még teljesen nem alakult ki.

Ezeknél azonban sokkal meggyőzőbb bizonyítékokat láthatunk a 6. és 7. ábrában. Ezek mikrofotófelvételek, ezért inkább perdöntők, mint a rajzok. A 6. ábrán egy embryo sagittalis hosszmetsete látszik. A jól kivehető három tori duc (világos foltok) fölött a bélcsatorna egy hosszdarabja tűnik fel, míg e fölött a még jól összefüggő, sötétebb nyálmirigy- és (mögötte) a mycetomakezdemény fekszik. A 7. ábra egy másik magzat egészen szabálytalan, ferde hosszkeresztmetsetét mutatja, ezért a metsetnek symmetria tengelye nincs. Az embryo hosszanti középvonalában

jól látható a középtájon kissé duzzadt bélcsatornarész hosszmeteszete. Mellette balra fönt az egyikoldali nyálmirigykezdemény, lejjebb az idegrendszer egy részlete, jobbra fönt a másik nyálmirigyfél, ezalatt pedig a mycetoma egy darabja tűnik fel. Mindkét ábrán határozottan kivehető, hogy a nyálmirigykezdemény és a mycetoma jól összefüggnek, egymásba átmennek, közöttük teljes elválasztó barázda vagy határvonal nincs.

De mindezekon felül még anatómiai és más jellegek is alátámasztják megfigyelésem helyességét. A *bizonyító érveket* röviden a következő pontokban foglalom össze: 1. A korai embryonális állapotban a nyálmirigy- és mycetomakezdemény egymásba átmennek, köztük válaszfal nincs. 2. Az elkülönülés után a fejlettebb embryóban is még sokáig egymáson fekszenek, holott a kifejlődött állatban a nyálmirigy (*gl*) az előtorban, a mycetoma (*myc*) pedig a potrohban található (8., 9., 13. és 15. ábra). 3. E két szervkezdemény sejtjei és sejtmagvai egymáshoz hasonlóak és nagyok, jóval nagyobbak, mint az embryo többi szöveteinek sejtmagjai, melyektől a fejlődés közben sokáig élesen elütnek (5., 7., 8., 9. és 13. ábra). 4. A két képződmény festődése eleinte jól megegyezik, csak később és fokozatosan változik meg.

Általános fejlődéstani vonatkozásban feltehető az a kérdés, hogyan lehetséges az, hogy az állat egy szerve sziksejtekből, illetve ilyen értékű sejtekből jön létre, és nem a tulajdonképeni embryóképző csiralevelek (ecto-, ento- és mesoderma) sejtjeiből. Ennek az aggálynak azonban nagyobb elméleti jelentősége nincs, mert a rovaroknál ilyen eset már általánosan ismeretes. Éppen maguknál a levéltetveknél két másik szervről is tudunk, melyek nem a csiralevelekből keletkeznek. Az egyik ilyen szerv az ősvivarsejtekből származó ivarmirigy (gonad), eltekintve az ő peritoneális burkától (19. — p. 474.), a másik pedig a mycetoma (15. — p. 729.). Más rovaroknál viszont a sziksejtek ritkábban résztvehetnek a középbél falának létrehozásában (8. — p. 698.). Esetünkben tehát csak arról van szó, hogy eggyel több ilyen kivételtől szereztünk tudomást.

Vizsgáljuk ezekután a nyálmirigy és a mycetoma további fejlődését. Miután a kötőszöveti sejtek a mycetomába már bevándoroltak és benne arányosan eloszoltak, a magvak rövidesen megnagyobbodnak, növekednek, úgyhogy az embryo többi sejtjeitől, melyek állandóan gyors osztódásban vannak, nagyságban eltérnek. A mycetoma magvai ugyanis — úgylátszik a symbionták akadályozó volta miatt — bent osztódásokat nem végeznek. Ugyanez történik természetesen a mycetoma elülső részében is, melyből a nyálmirigy keletkezik. E folyamat után játszódik le közvetlenül a két szervkezdemény elkülönülése.

A nyálmirigykezdeménynek a mycetomától való elválása után rövidesen megkezdődik az eddig többmagvú, egységes plasmatömegű syncytiumként megjelenő, mindkét szervben a plasma szétdarabolódása, vagyis az

egyes sejtek önállósulása. A hosszirányban ovális nyálmirigyben ezt az állapotot a 8. és 9. ábra mutatja. A nyálmirigykezdeményben (*gl*) a sejtmagvak elhelyezkedésénél megfigyelhető, hogy az eredeti nagy magvak többnyire ennek középső tájékán, vagy a mellső részén foglalnak helyet (6., 7., 8. és 13. ábra). A sejtek elkülönülése után, vagy eközben, nem-sokára bekövetkezik a nyálmirigynek a középben, hosszirányban való szétválása két félre, a jobb- és baloldali nyálmirigylebenyre. Ilyen állapotot mutat keresztmetszetben a 10. ábra.

Ugyanebben az időben — tehát a nyálmirigysejtek kialakulásakor — a mycetoma eddig egységes tömegében is ugyanilyen folyamat megy végbe. Az egyes sejtmagvak nagyobb, mikroorganizmusokkal telt plasmareteggel veszik magukat körül, mely plasmacsoportok egymástól elkülönülnek, elválnak. Ezáltal az átalakulás által a mycetoma (*myc*) egyes sejtekre oszlik fel. Ilyen stádiumokat tüntet fel a 8., 9. és 11. ábra. Valamivel ezután a mycetoma teste, mely eddig egy páratlan, hosszú zsák volt, elül két — jobb- és baloldali — félre válik szét (12. ábra). A későbbi fejlődés folyamán pedig fokozatosan eltávolodik a nyálmirigytől, lassan hátrább húzódik, és végül csak a potrohban kelyezkedik el (12., 15. ábra). A nyálmirigy (*gl*) viszont előrefelé tolódik. Ezzel a mycetoma fejlődése tulajdonképpen véget is ért. Az így kialakult mycetomán változás csak akkor következik be, amikor a petecsövekben fejlődő embriók ennek terfogatót erősen növelik, s ezek a mycetoma réseibe ékelt csövek ezáltal szétnyomják, szétszaggatják a mycetomatestet, és ez így egyes sejtekre, sejtcsoportokra esik szét, melyeknek feladata a fejlődő magzatok inficiálása.

Mindeddig csak a nyálmirigykezdeménynek magának a fejlődését tárgyaltam, és nem szóltam ennek vezetékeről. Eddigi kialakulásáig ugyanis a nyálmirigy — miután elvált a mycetomától — a többi szervektől függetlenül álló, zárt szervkezdemény, melynek semmiféle összekötetése a magzat más szöveteivel nincs. Mikor azonban a mirigykezdemény sejtjei kezdenek kialakulni, akkor az embryo garatalatti dúccsoportja (*gs*) alatt fekvő, ectodermális szöveti részből, a jövőző hypopharynx-nak (*hyp*) megfelelő kúpos sejthalmazból, illetve ennek tájékáról eredő, élénk növekvésben levő (mag- és plasmaszervezet), keskeny zsinorszerű képződmény (*dgl*) jelenik meg. Ez növekedése közben közvetlenül a garatalatti dúccsoport alatt húzódik, azután pedig ennek utolsó dúca (*g. tritognathale*) és az első tori dúc (*gt*) közé látszik benyomulni (13. ábra). Sajnos, ennek további fejlődését metszeteimen nem tudtam megtalálni. Mindenesetre azonban csak ez lehet a *Will* és *Witlaczil* (*l. c.*) által megfigyelt ectodermális betüremkedés. A szervek közötti helyzetét és haladási irányát tekintve, a legnagyobb valószínűséggel ebből fejlődik ki a nyálmirigy vezetéke (*dgl*). Az ábrán már csak egy rövid útdarab választja el e tömlőcskét a nyál-

mirigytől (*gl*). Tovább növekedve összeolvadhat a miriggyel, és valószínűen ebből alakul az apró mellékmirigy is. Az elülső részén pedig a nyálpumpa képződik ki rajta. A Rhynchota-k nyálmirigyvezetéke a hypopharynxon keresztül nyílik a szájüregbe, a fej hasi oldalán vonul hátrafelé, majd a fej és a tor határán keresztezi a nyelőcsövet, és a mirigyhez kapcsolódik. E jellegek teljesen ráillenek a fenti tömlőszerű képződményre is.

Azt, hogy a nyálmirigy, illetve vezetéke az embryonális fejlődés alatt a mycetomához kapcsolódik, ebbe mintegy belenő, jól láthatjuk *Witlaczil* (*l. c.*) 39., 41., 43., 45. és 55. ábráin is. *Witlaczil* a pontos kapcsolódást nem láthatta, mivel az embriókat nem metszetben vizsgálta. Ezért ábráiban a nyálmirigyet is mindig csak sematikusan rajzolta. Leírásából talán annyi még elfogadható, hogy a mirigy legfelső sejtjei (fedősejtek, *fe*), melyek szerinte köpenyszerűen veszik körül a tulajdonképeni kiválasztó sejteket (*l. c. p.* 594.), szintén a betüremkedő ectodermális részből származnak, mivel némileg ezek is eltérnek a mirigy alsó sejtjeitől (*ct*) (14. ábra). A mirigy kivezető útjainak sejtjei (*v*) azonban nagyon erősen elütnek a többi mirigysejtektől, amennyiben a járatok sejtjei és ezek magvai az előbbiekhöz viszonyítva mindig igen aprók, más szerkezetűek, belső felületükön chitinizáltak, stb. Ez a különbség jól kitűnik a 14. ábrából, valamint *Tóth* (17.) közleményében levő képekből is.

Vizsgálataim alapján tehát megállapítható, hogy a nyálmirigy és vezetéke nem egyforma szöveti eredetű. A mirigy maga a mycetomakezdeményből, a vezetéke pedig az ectodermából keletkezik. Az irodalom a mirigyekre vonatkozóan ilyen esetet nem jegyez fel, ezeket egyféle származásúaknak tekinti. Azonban a rovarok néhány más szervénél ilyen összetett keletkezési mód ismeretes. Így tudjuk, hogy a bélcsatorna az ecto- és entodermából, az ivarszervek pedig az ecto- és mesodermából fejlődnek (kivéve magukat az ivarsejteket). Ez utóbbiak külső vezetéke az ectodermából jön létre, és ez a cső csak később egyesül a mesodermális részszel (19. — p. 550.). Ugyanez a helyzet a mi esetünkben is a nyálmirigy és vezetékére vonatkozóan. Vagyis itt sem teljesen egyedülálló és újszerű jelenséggel állunk szemben.

Az embryo nyálmirigykezdeményének sejtjei szerkezetben eleinte nagyjában megegyeznek. Különbség csak a sejtmagvak nagyságában van (7., 8., 9., 10. és 13. ábra). A középső vagy elülső részen van egy-két nagy sejtmag. A sejtek plasmája (haematoxylinnel festett készítményeimben) erősen tömött, kékes-vörös árnyalatú. A plasma tulajdonképen apró szemcsék tömegéből látszik állni. *E szemcsék* minden bizonnyal a mycetomából ittmaradt symbionták. Ugyan alakilag és festődésben kissé eltérnek a mycetoma lakóitól, ez azonban még nem bizonyítja az ellenkezőt. A nyálmirigyben levő apró képződmények talán valamivel kisebbek, nem egészen hólyagszerűek, hanem valamivel tömöttebb szerkezetűek, színük pirosa-

sabb, egészben véve azonban a mycetoma symbiontáihoz hasonlók. Úgy látszik, hogy itt a mirigy különválása kapcsán a symbionták némi megváltozásáról van szó, ami mások vizsgálatai szerint is lehetséges (2. — p. 452.—455.).

Amikor a mirigysejtekben a szöveti differenciálódás kezd kialakulni, akkor a mirigy hátsó sejtjeinek (fősejtek, *fő*) plasmája még tömöttebbé válik (erősebben festődik), a középső nagymagvú sejtéké (centrális sejtek, *ct*) körülbelül változatlan marad, míg az elülsőké (fedősejtek, *fe*) fokozatosan ritkábbá, világosabbá válik. Festődésben is van némi különbség köztük. Egy kifejlett állat ilyen nyálmirigyét mutatja a 14. ábra. Itt az elülső sejtekben (*fe*) már nem lehet jól kivenni az apró szemcsézett-séget, lehetséges, hogy e fedősejtekben nem is a symbionták, hanem csak a sejtek váladéka van jelen.

Arravonatkozóan, hogy a Rhynchoták nyálmirigyében mikroorganizmusok jelenléte nem lehetetlen, az irodalomban két nyomot találtam. Az egyik szerint (18. — *Weber: Biolog. Hem. p. 507.*) *Glasgow* említi a symbiosis szerepe kapcsán, hogy olyan phytophag poloskák nyálmirigyében, melyeknek bélsymbiontáik nincsenek, parazitikus (így!) mikroorganizmusok nagy tömegben lépnek fel. A másik adat a *Sorauer*-féle Handbuchban, a Rynchota rend rövid jellemzésénél (mely bizonyosan *Reh*-től származik) olvasható (1. — p. 421.). Eszerint: „Az élőlényeken szívók a bebocsátott nyál (illetve az ebben tartalmazott baktériumok?) által a sebben egy gyulladásos ingert idéznek elő, mely eleinte a nedv odaáramlását erősíti, azután pedig gyakran mérgezéshez vagy gubacsképződéshez vezet.” — Mindössze ennyi az, ami — minden irodalmi utalás és részletesebb magyarázat nélkül — e kérdéstről a nevezett két munkában meg van említve. De hogy e mikroorganizmusok miképpen kerülnek a nyálmirigybe, arról nincs szó. Lehetséges, hogy az utóbbi szerző a szipókás rovarok által terjesztett vírusbetegségekre is gondol. A lényeges mindenesetre az, hogy a fentiek szerint már mások is megfigyeltek apró egysejtűeket a nyálmirigyben.

A tárgyalt fejlődési állapotig a levéltetű embryok eljutottak a fejlődés második nagy szakaszának végéhez, mellyel az egyes szervek nagyjában való kialakulása befejeződött. A magzati fejlődés ezutáni és utolsó periódusa a szöveti differenciálódás kora. Ez a folyamat minden szervet érint, azonban ez időszakot főképpen a kötőszövetféleségek (zsírtest, inak, izmok, burkok, stb.) erős növekedése, az érzékszervek és a chitinváz kifejlődése jellemzi.

E periódus alatt a nyálmirigyen is történik némi változás. Én e folyamatot az előbbieken csak érintettem. Erről ugyanis már *Tóth* (1935) beszámolt egyik dolgozatában (17. —). Csak néhány dologról akarok még pótlólag megemlékezni.

A mirigy középső egy-két nagy és nagymagvú, centralis sejtje (*ct*) való-

színűen megfelel az eredeti néhány nagy mycetoma-magnak (n), mivel ezek a többi sejttől nagyságban lényegesen eltérnek. A szöveti differenciálódás ideje alatt a kisebb sejtek, illetve magvak erősebben növekednek, ezért a kifejlett mirigyben e különbség jórészt eltűnik. A középsejtek némileg elütő szerkezete azonban a kifejlett állatban is sokszor megfigyelhető (14. ábra). A mirigysejtek száma a végleges stádiumban nem igen tér el az embryoétól. Ebből az következtethető, hogy a mirigyben sejtmag osztódások nem történnek. Ezt bizonyos mértékig alátámasztja az a tény is, hogy az embryonális nyálmirigynek és a kifejlett állat mirigyének aránya az őket hordozó test tömegéhez milyen eltérő. A magzatban a mirigy sokkal nagyobb helyet foglal el, mint a kész állatban (8., 9., 13. és 15. ábra).

A fundatrix és virgo nemzedék nyálmirigyszerkezetének összehasonlító vizsgálatára tüzetes megfigyeléseket nem végeztem. Ugyanis egy-két esetben nagyjában megállapíthattam, hogy köztük lényeges eltérés nem mutatkozik. Ezenkívül utalva a gubacsképzés tárgyalásánál mondottakra, köztük nagyobb különbség nem is várható. Az esetleges kisebb módosulást a táplálkozási viszonyok megváltozása okozza.

A nyálmirigy váladékának, a nyálnak táplálkozásbeli szerepéről és jelentőségéről egy másik fejezetben fogok szólni.

c) A nem táplálkozó sexualis magzatszerkezete.

Már régebb idő óta ismeretes, hogy az Eriosomatidae (Pemphigidae) családba tartozó gubacstetvek valamennyi fajának sexualis nemzedéke csökevényes, mindkét nem (ivar) szárnyatlan, szipóka nélküli, tehát nem táplálkozó. A nőtény egyetlen hatalmas petét rak le, melyből áttelelés után kel ki a fundatrix (1. — p. 640.). A csökevényesség azonban nemcsak külső morfológiai bélyegekből nyilvánul meg, hanem a belső szervek kifejlődésében is.

Így tudjuk, hogy a nőtény — az egyetlen petének megfelelően — csak egyetlen, páratlan csövű ovariummal rendelkezik (18. — p. 301.). *Tóth* (1933., 1935.) ezenkívül megfigyelte, hogy egyik nemnek sincsen nyálmirigye (17. — p. 504.), sem pedig kifejlett mycetomája (15. — p. 726.). Csak a nőtényben található pár mycetocyta, melyek a pete fertőzését végzik. Azt azonban nem tudta megállapítani (15. — p. 728.), hogy a nyálmirigy és a hím mycetocytáinak hiánya eredeti állapot-e, vagyis már a fiatal embryo is nélkülözi ezeket, vagy csak utólag, másodlagosan tűnnek el. Egyébként már *Balbani* (1874) is észrevette egy *Phylloxera* fajnál, melyeknek a sexualis nemzedéke szintén nem táplálkozik, hogy e generációnak nincs nyálmirigye (22. — p. 620.)

Mivel e kérdés a nyálmirigy fejlődésével szoros kapcsolatban van, erre vonatkozóan én is közlöm néhány megfigyelésemet.

A *Pemphigus* és *Prociphilus* fajok fiatal *sexupara* nemzedékének ovariumában fejlődő *sexualis* embryok blastula, és az ezután lefolyó korai fejlődési állapotaiban a magzat testében sem mycetomakezdeményt, sem mycetocytaikat megfigyelni nem tudtam. A csira szövetei eme stádiumokban tömören záródó sejtekből állanak, melyek között nagyobb sejtek vagy teretek nincsenek. A hím embryóban még az embryonális fejlődés vége felé sem lehet a mycetocytaikat vagy a nyálmirigyet megtalálni. A hímeket ugyanis a korán kialakulásnak induló hímsejteknek — a petétől nagymértékben eltérő — fejlődési menete révén könnyű felismerni. Teljes hosszában kialakult, de nem normalisan fejlett bélcsatorna azonban mind a két nemből megjelenik. Éppen így rendelkeznek a magzatok a nem egészen szabályos mértékű központi idegrendszerrel is.

A nőstény embryoknál azonban, dacára, hogy a két ivar többnyire egy anyában fekszik, némi változás tapasztalható. Ez az eltérés azonban csak arra vonatkozik, hogy a nőstény magzatban bizonyos fejlődési állapotban pár mycetocyta jelenik meg. Nyálmirigy vagy ennek kezdeménye itt sem alakul ki semmiféle stádiumban sem.

Megfigyelésem szerint a mycetocytaik csak akkor nyomulnak be a nőstény embryóba, amikor az ovariumkezdeményben levő csirasejtek (oogonialis sejtek) közül a jövőd petesejt már kivált, vagy kiválása várható. Ebben az állapotban az embryo minden szervkezdeménye már kialakult, sőt bizonyos szöveti differenciálódás is van rajta. Ilyenkor a magzat testének belsejében az aránylag kis helyet elfoglaló központi idegrendszeren (*cer* és *gt*) és a vékony bélcsövön (*in*) kívül csak a csirasejtek (ősivarsejtek, *gon*) egy csoportja (ennek párja legfeljebb csak csökevényesen) fekszik, a többi nagy teret pedig a zsírszövet (*ca*) átalakult mesodermális sejtek töltik ki (16. ábra). Ez utóbbi nyilvánvalóan tartaléktápanyagokat tartalmaz, melyek a pete táplálására szolgálnak. Ugyanis e szövet a pete fejlődésének előrehaladásával fokozatosan eltűnik, s helyét a nagy pete foglalja el.

Ilyenkor — a csirasejtek erősebb fejlődése után — történik meg a *sexualis* nőstény embryonak a symbiontákkal való fertőzése. Ez a folyamat úgy megy végbe, hogy a magzat hátsó végén, a végbél alatt a vékony ectodermán (*ep*) egy betüremkedés, behajlás látszik a szorosán idefekvő nagy mycetocyta vagy mycetocytaik (*myc*) nyomására. Ez korán beszakad, és a mycetocyta tartalma az embryo laza zsírszövetébe kerül, s ezután tovább hatol a csirasejtek felé (*p* és *tc*). Nagyjában ugyanezen időben a beszakadt rész helyén erős sejtszaporodás indul meg az ectodermán, mely sejtek egy újabb vastagfalú betüremkedést (*inv*) alakítanak ki. E betüremkedő csőből fejlődik ki később az ivarszerv külső, ectodermális eredetű, kivezető része a vagina és ennek függelékei. Ilyen állapotot mutat a 17. ábra. A behatolás után a symbionták tömege néhány kisebb mycetocytaúra különül el.

Az a jelenség, hogy a symbionták a *sexualis* magzatot ily késő fejlődésig

dési állapotban fertőzik, abból a körülményből is következik, hogy a kisebb embryokban a csirasejtek csoportja mellett mycetocyttákat nem lehet találni, és hogy ezek első fellépésük alkalmával nincsenek az ivarszervkezdemény mellett, hanem tőle távolabb hátrafelé. Már pedig a virgo nemzedék embryoiban e két szervkezdemény minden fejlődési állapotban szorosan egymás mellett jelentkezik, egymásra fekszik (3., 4., 11. és 12. ábra). Továbbá megerősíti e megfigyelést az is, hogy a még fejletlenebb sexualis embryok körül, a petecsövek mellett, az anyaállat (sexupara) összes mycetocyttái zárt tömegben, még az egységes mycetoma alakjában találhatóak, míg ugyanilyen stádium idejében a virgo nemzedékben már csak alig jelentkezik néhány szétszórt mycetocyta.

A sexualis magzatban megjelenő mycetocytták az ovariumban kialakuló pete felé törekednek, és ezt elérve, szorosan odatapadnak a petefészek, illetve petecső bazális falához. Ez az állapot látható a 18. ábrán, hol a pete már erősen megnagyobbodott, és az ectodermális betüremkedés is jól fejlett. A symbionták a petét még későbbi stádiumban fertőzik, amikor a pete már viselőjének majdnem egész testét kitölti. Ennek lefolyását *Buchner* és mások tanulmányozták (2. — p. 457—465.).

Ha a most elmondottakat összevetjük az előző fejezetben megismert fejlődési processusokkal, akkor egyszerű magyarázatot kapunk arra vonatkozóan, hogy az Eriosomatidae család sexualis nemzedékében nyálmirigy miért nem alakul ki még az embryo kezdeti fejlődése alkalmával sem. Bizonyára azért, mivel ilyenkor — a szervek kialakulása idejében — a magzatban mycetoma még nincs (a hímszirában sohasem is lesz), mert hisz látuk, hogy a nyálmirigy a mycetomakezdeményből fejlődik. Ha a nyálmirigy meg nem jelenését azzal akarnánk magyarázni, hogy a sexualis nemzedék sohasem táplálkozik, akkor a bélcsatornának sem kellene kiképződnie. Már pedig ennek megjelenése *feltétlenül* megállapítható (*Witlaczil* is megtalálta, 22. — p. 611—614.) Viszont ebből az is következik, hogy ha a nyálmirigy az előbél ectodermájából fejlődne, akkor — legalább a fejlődés kezdetén, akár csökevényesen — a mirigykezdemény nyomait is meg kellene találni. Ez azonban a sexualis nemzedék egyik ivarának embryoiban sem sikerült.

Az a feltevés, hogy e generáció azért csökevényes, mert vitamintermelő symbionttái nincsenek (16. — p. 150.), nem lehet helytálló. A degenerálódás ugyanis már az anyában levő embryóban megtörtént, ahol pedig a mycetoma lakói rendelkezésre állanak. Ez inkább annak a következménye, hogy a sexualis önállóan sohasem táplálkozik, s így symbiontakra sincs szüksége. — A sexualis nőstény embryoba a mycetocytták késői bevándorlásának csak egyetlen feladata van: a pete inficiálása.

Láthatjuk tehát, hogy a nyálmirigy és a mycetoma kifejlődése, vagy

meg nem jelenése a legszorosabb okozati összefüggésben és konzekvenciában van egymással.

3. Az idegrendszer fejlődése.

E fejezetben röviden a levéltetvek központi idegrendszerének fejlődésével foglalkozom, mivel erre vonatkozóan az irodalomban csak hézagos adatokat találtam. A levéltetvek idegrendszerét kevesen [*Mark* (18. — p. 93.), *Weber* (18. — p. 91—93. és 19. — p. 256—259.), *Witlaczil* (22. —)] és csak érintőlegesen vizsgálták, a többi Rhynchota-éval ellenben részletesebben foglalkoztak, így elsősorban *Brandt* (4. — p. 128—129.), ki főleg poloskákat tanulmányozott. Az Aphidák idegrendszerének fejlődését nagy vonásokban *Witlaczil* (22. — p. 570—605.) ismertette, akinek vizsgálatait szándékozom itt kibővíteni.

A levéltetvek és a rovarok idegrendszere általában két főrészből áll: 1. A központi rendszer dúcpár sorából (hasdúclánc) és ennek idegeiből; 2. az elsőtől részben független és valószínűen más eredetű, autonóm vagy sympathikus idegrendszerből. Az előbbi főképpen az akaratlagos működéseket végzi az érzékszervek és izmok útján, az utóbbi pedig az akarattól független folyamatokat irányítja a belső, vegetatív szervekben. — A központi idegrendszer részei: az agy (cerebrum), mely a fejben a garat fölött fekszik, a bélcső alatt még a fejben a garatalatti dúc (g. suboesophagale), a törzsben pedig a szoros értelemben vett hasdúclánc foglal helyet; ezekből indulnak ki az egyes szervek idegei. Én a levéltetveknél csak a központi idegrendszert magát és ennek fejlődését vizsgáltam.

Az idegrendszer első nyomait az embryo testében akkor látjuk megjelenni, amikor az elő- és az utóbelet alakító ectodermalis betüremkedés a magzat elülső és hátsó felén már kissé előrehaladott (4. ábra, *cer* és *gg*). E két betüremkedés megindulásakor még az idegrendszer kialakulása nem kezdődött meg (3. ábra). Valamivel fejlettebb állapotban, amikor a bélcső még korántsem teljes, de az egységes belső csiralemez, az entomesoderma már teljesen kialakult, az ectodermában a hossz tengely irányában, a középvonalban egy sávon újra sejtburjánzás kezdődik, mely azonnal egy jobb és baloldali részre különül el. E két hosszirányú dudor a neuralis kötegpár, közöttük egy külső bemetszéssel a neuralis barázdával. E kötegpárban élénk sejtszaporodás és sejtelrendeződés kezdődik, melynek eredményeképpen az eleinte egyforma átmérőjű, zsinórszerű kötegpáron gombalakú dudorok, és ezek között elvékonyodó, összekötő részek, illetve sekély befűződések jönnek létre. A páros bütyökszerű képződmények nem mások, mint az idegdúcpárok (ganglionok) kezdeményei (5., 8., 9., 10., 11. ábra, *gg*, *gf*, *ga*, *gs*). A dúcokat hosszirányban összekötő keskenyebb rész a két connectivum, a jobb és baloldali ganglion közötti elkeskenyedés, illetve

kapcsolat pedig a harántirányú commissura. — Így az embryo hasoldalán egy kötélhágcsóhoz hasonló alakulat: a hasdúclánc jön létre, melynek csomópontjaiban fekszenek az idegdúcok.

E folyamat közben azonban nemcsak külső morphologiai változás történik, hanem evvel kapcsolatban belső szöveti elkülönülés is bekövetkezik. Nevezetesen a kötegpárban eredetileg egyöntetűen szétoszló sejtek, az ú. n. neuroblastok, melyekből a ganglionok idegsejtjei fejlődnek, a gombalakú csomókba: a ganglionkezdeményekbe vonulnak, és pedig ennek is a külső, perifériális zónájában helyezkednek el, míg a ganglion középső része sejtmag, illetve sejtnélküli marad. Eközben azonban a neuroblastok már megkezdték fontos átalakulási működésüket, mely abban áll, hogy növekedő plasmájukból idegsejtnyúlványokat (neurit, dendrit) képeznek ki. E nyúlványok tömege tölti ki az egyes ganglionok belsejét, és ezek vonulatai kötik össze a connectivumok és commissurák alakjában a ganglionokat (5., 8., 9., 10., 11. ábra). A nyúlványok egy része pedig kötegek alakjában kilép a jobb és baloldali dúcokból, és lassanként mind hosszabbra fejlődve, az egyes szerveket összeköti a központi idegrendszerrel. E kötegek később mesodermális burokkal fedve adják az egyes idegeket. A kifejldött idegsejt a nyúlványaival együtt képviseli az idegszövet alaki és élettani egységét, a neuront. — Így a központi idegrendszer minden része és a szervek között szerves kapcsolat jön létre.

Az idegsejtek vékony plasmanyúlványainak tömege plasmafestékekkel festődik, de így sem erősen. Ezért a metszeteken mint világos foltok és vonulatok jól elütnek a többi sejtes szövetektől, és könnyen felismerhetők. Egy ilyen köteg keresztmetszetben mint igen apró pontocskákból álló képződmény jelentkezik, ezért a ganglionok középső részét bél- vagy pontállománynak: neuropilema-nak nevezik, elkülönítve ezt a külső, sejtmagvas résztől, a kéregállománytól.

A most tárgyalt folyamat az embryo hasoldalán teljes hosszúságban megtörténik, valamint az előbb fölött a későbbi agy helyén is, mert hisz itt is egy hasoldali ectodermális részről van szó, mely darabot csak a betüremkedett stomodaeum választotta el a többitől, s ezáltal ez a bélcsatorna fölé került. Az egyes ganglionpárok kialakulása között némi tempo- és nagyságbeli különbség jelentkezik, ami abban áll, hogy a feji részen levők előbb kezdenek kialakulni, mint a potrohvégiek, és ez utóbbiaknál erősebben fejlettek (5., 8., 13. és 19. ábra).

A levéltetvek központi idegrendszerének ez első kialakulása alkalmával az egyes ganglionpárok tagjai egymáshoz már eleve egészen közel fekszenek, valamint az egyes párok is szorosan illeszkednek egymáshoz, úgy hogy a commissurák és connectivumok igen rövidek és vaskosak, tulajdonképpen csak kis befűződés alakjában jelentkeznek (8., 10., 13. és 19. ábra). Ez nagyobb részben annak a következménye, hogy a ganglionok nagyterjedelműek,

s helyszüke hiányában kénytelenek tömörülni. Az ábrákból jól kivethető, hogy az idegrendszer kezdeménye a magzat egész testéhez viszonyítva milyen nagy helyet foglal el, ami arra mutat, hogy az érzéki élet szükséglete ez állatoknál nagyfokú (5., 8., 10., 12., 13. és 19. ábra).

Az így keletkezett dúcpárkezdemények száma az egyes rovaroknál nem nagyon eltérő. A különbségek csak később jelentkeznek. A levéltetveknél a kora embryonális állapotban az agy (*cer*) helyén, a garat fölött 3, a bélcsatorna alatt pedig elől, a következőktől elkülönülve 3 (*gs*), ezek fekvésétől kissé megtört vonalban újra 3 valamivel nagyobb (*gt*), és ezekután 7—8 dúcpár (*ga*) fekszik, mely utóbbiak hátrafelé fokozatosan mind kisebbednek és eltűnőben vannak (5., 8., 13. és 19. ábra). A dúcpárok szigorúan az embryo szelvényezettségének megfelelően keletkeznek, minden szelvényben egy-egy pár, egy-két farki abdominális (potroh) segmentumtól tekintve. A garatfeletti három ganglionpárból fejlődik ki az agy (*cer*), a bélcsatornaalatti első háromból pedig a garatalatti dúc (*gs*); a következő három fejlettebb képviseli a tori dúcokat (*gt*), míg a többi, fokozatosan eltűnő ganglion az abdominális dúcoknak (*ga*) felel meg.

A fejlődés további folyamán a hasdúclánc fokozatosan leválik, elkülönül az ectodermától, s mint egy szelvényesen tagolt, vastag, egymáshoz fekvő, kettős köteg szabadon fekszik a testüregben. Közben a mesoderma szaporodó sejtjei körülveszik e köteget, és alája nyomulnak, úgyhogy közte és az ectoderma (*ep*) között egy kötőszövet (zsírtest, *ca*) létesül (8., 9., 10., 12., 13. és 19. ábra).

Az ezutáni fejlődés menete már egyszerű. Ez abból áll, hogy a dúcpárok egymáshoz még jobban tömörülnek, előrefelé húzódnak, az első kilenc pár ganglion kissé nagyobbodik, tökéletesedik, míg az abdominális dúcok (*ga*) lassan kezdenek visszafejlődni (8., 13. és 19. ábra). Ez a folyamat természetesen csak fokozatosan a magzat egész növekedésével karöltve történik.

Az embryo fejlődésének első felében minden dúcpárt fel lehet ismerni mint különálló képződményt. Így a leendő agy (*cer*) három dúca jól látható a 13. ábrán. A garatalatti dúc (*gs*) három ganglionja ilyen fejlődési állapotban szintén teljesen önálló (8., 9., 13. és 19. ábra). Ugyanez vonatkozik a tor (*gt*) és potroh (*ga*) dúcaira is. De már korai stádiumban megállapítható, hogy a garatfeletti dúcok egyesülnek aggyá, az első három garatalatti ganglion pedig a többitől elkülönülve garatalatti dúccá tömörül. E két dúccsomó között vonul a garat, illetve nyelőcső, melyet a rövid connectívumok és commissurák garatideggyűrű alakjában vesznek körül.

A magzat növekedésével a központi idegrendszeren némi kis átalakulás történik. Ugyanis az első kilenc dúcpár nem teljesen egyenlő mértékben fejlődik. Mindegyik hármas dúccsoportban az első dúcpár alakul erősebben, míg a harmadik az előtte levő kettő mögött visszamarad (8., 9.

és 13. ábra). Az ezeketán fekvő abdominális dúcok ugyanígy viselkednek. A kifejlett magzatban pedig a potroh összes dúcai visszafejlődnek, és mint egy hosszúkás ganglion (*ga*) szorosan csatlakoznak a tori dúccsoporthoz (8. és 12. ábra).

Eközben a garatfeletti dúccsoport vagy agy (*cer*) első dúcpárja (*pc*) a többinél erősebben növekedik, a másik kettőt mintegy visszaszorítja, ezeket részben elfödi, s rajta kisebb dudorok, karélyok képződnek, így elől a homlokdudor, kétoldalt pedig a látókarélyok (*lobi optici*, *lo*). A középső dúcpár (*dc*) mégcsak normálisan kialakul, de a harmadik csak kicsi, fejletlen marad, megfelelően annak a végtagnélküli kis szelvénynek (*intercalaris szelv.*), amelyben eredetileg fekszik. Az agy első dúcpárja szorosan egymáshoz símul, a tagok összeolvadnak, míg a második pár ezalatt hátrább, oldalt és a két fél egymástól elkülönítve, távolabb fekszik, a harmadik kis pár pedig a középben, egymás mellett, az előbbieket alatt elöretolódva helyezkedik el, mintegy beékelődve az első két dúcpár lobusai alá és közé (20. ábra).

Az utolsó alakulások a kifejlett állatban érik el végleges formájukat, amely nemcsak nagyságváltozásban és szöveti differenciálódásban nyilvánul meg, hanem még abban is, hogy közben az idegrendszer három tori- (*gt*) és az ezekhez kapcsolódott egy potrohidúc (*ga*) csoportja még jobban tömörül és előrehúzódik, úgyhogy végül is nagyobb részben az előtorban helyezkedik el, s csak a hátsó fele nyúlik át a középtorba (15. és 20. ábra). A fejlődés közben pedig az egész központi idegrendszert a mesodermális kötőszövetből keletkezett rostos, hártványos burok veszi körül (*neurilemma*).

A levéltetvek így kialakult központi idegrendszere három dúccsomóból áll, melyek közül a két hátsó szorosan egymáshoz símul. E három rész: 1. A garatfeletti agy (*cer*); 2. a garatalatti dúc (*gs*) (ezek a fejben fekszenek) és 3. az egységes törzsi dúcköteg. Mindhárom dúccsoport több ganglionpárból áll (20. ábra). Az agy (*cerebrum*) részei: 1. A terjedelmes protocerebrum (előagy, *pc*), mely a látószerveket idegzi be, és székhelye az idegrendszer összes associatiós, emlékképraktározó és harmóniát létesítő centrumainak, valamint a látási középpontnak. 2. A deutrocerebrum (*dc*), mely a csápot idegzi be, és ennek érző s mozgató központja. 3. A kicsi tritocerebrum, melyben fontos centrum nincs, ez idegzi be a felső ajkat, és ide kapcsolódik a sympathikus rendszer elülső része. A garatalatti dúc (*gs*) három ganglionja a szájszerveket (*mandibula*, *maxilla*, *labium*) és ezek környékét látja el idegekkel; ennek dúcai részben összeolvadnak. A nagyobb részt az előtorban fekvő törzsi dúccsoport négy ganglionpárból áll, melyek közül az első három (*gt*) a torszelvényeket és ezek végtagjait, a negyedik kisebb (*ga*) pedig a potrohot idegzi be.

Az idegrendszer a fejlődés folyamán a többi szervekhez és a testhez viszonyítva kisebb lesz, vagyis a kifejlett állatban relatíve jóval kevesebb

helyet foglal el, mint az embrióban (8., 12., 19. és 15., 20. ábra). Megfigyeléseim eredményei *Wittlaczil* (22. — 1. c.) rövid leírását nagyjában fedik.

A levéltetvek központi idegrendszere nagy vonásokban megegyezik a többi Rhynchota-éval (4., 18. és 19. — p. c.). Az egész rendre jellemző az idegrendszer nagymértékű koncentrálódása és az, hogy az abdominális dúcokat csak egy ganglionpár képviseli, mely többnyire a tori dúcokkal egyesült. A tori dúcok részben külön állanak, vagy csak a második és a harmadik forrt össze. Az első pedig néha a garatalatti dúchoz kapcsolódik. Egyébként a garatalatti dúc jól elkülönül a tori ganglionoktól. E kettő csak a levéltetveknél simul szorosán egymáshoz, a pajzstetveknél pedig a (egy ganglionból álló) garatalatti dúc teljesen összeolvad a toriakkal egy egységes csomóvá, mely ez esetben tehát öt pár ganglionból tevődik össze (4. — p. 129. és 18. — p. 92.). Vagyis a Coccidák központi idegrendszere csak két egységes dúccsomóból áll: az agyból és a bélcsatorna alatt fekvő törzsi kötegből.

Az idegrendszer finomabb szövettani szerkezetével nem foglalkoztam.

IV. A symbiosis jelentősége.

A symbiontáknak a gazdaállat életében betöltött szerepével igen sokan foglalkoztak, és erre vonatkozóan különféle magyarázatokat adtak, melyek azonban az elkülönült mycetomával rendelkező, növényészívó állatok esetében csak pusztá feltevések. *Weber* legújabb munkájában (1933) mondja (19. — p. 616.): „Hogy a növényészívók symbiontái milyen szerepet játszanak, vajjon ők gazdájuk vitaminanyagcseréjével foglalkoznak, vagy ezek anyagcseréjére más módon hatnak, erről mostanáig csak sejtéseink lehetnek.”

Buchner (2. — p. 818.—822.) szerint az olyan növényevő rovarok (Cerambycidae, Anobiidae, Curculionidae, Lamellicornia lárvák, egyes légyálcák, stb.) esetében, melyeknek bélkitüremléseiben (krypta, coecum), vagy a bélhám egyes sejtjeiben élnek symbionták, ezek legnagyobb valószínűséggel a táplálék (faanyag) megemésztésében, feltárázásában működnek közre főképpen cellulost oldó enzim (cellulase) segítségével. *Buchner* azonban arra is gondol (p. 821.), hogy esetleg nitrogényűjtő baktériumokról van szó, mivel a faanyagban kevés a nitrogén. *Ripper* újabban (1930) saját vizsgálatai alapján (13. — p. 330.—332.) az előbbi esetet kétségbevonja, mert ő egy Cerambycidaa lárvánál, melyben bélsymbiontákat nem észleltek, állati cellulusét talált. *Koch* (1933—1934) pedig egy Anobiida álcával történt kísérletei következményeképpen a bélsymbiontákat vitamintermelőknek tartja (16. — p. 149.).

Annyit mindenesetre megállapíthatunk, hogy a magasabbrendű növényevő állatok (emlősök, rovarok) táplálkozásában a növényi rostok megemésztése, illetve a növényi szövet tökéletes kihasználása bizonyos nehézséget okoz. A növényevő emlősökről tudjuk pl., hogy igen sok tápanyagot vesznek magukhoz, és belükben (kérődzők, ló, nyúl) cellulasetermelő baktériumok (és véglények, főleg Ciliaták?) is vannak. Mai ismereteink alapján a *növényevő rágó rovaroknál* a táplálkozást tekintve — szerintem —, négy esetet különböztethetünk meg: 1. Az állatok főleg zöld növényi részekkel élnek, ezt az anyagot erősen összerágják és belőle nagy mennyiséget fogyasztanak el (sáskafélék, lepkehernyók, levéldarázsálcák, levélbogarak stb.). 2. Korhadó növényi anyagokon vagy gombás (álgesztes) farészekben élnek (sok bogárlárva, lepkehernyó: Cossidae, Sesiidae, Tineidae, stb., sok légyálca, stb.). 3. A rovarok maguk tenyésztenek gombákat, melyekből táplálkoznak (egyes termeszek és hangyák, némely bogárlárva, pl. Lymexilonidae, egyes Ipidae). 4. Az állatok többnyire nem zöld növényi részekkel táplálkoznak, testükben symbiontákat hordoznak, melyeket utódaikra is átszármasztatnak (Blattidák, egyes hangyák és termeszek, több bogár- és légycsalád).

E négy kategóriába valamennyi növényrágó rovarféle besorozható. Az első három csoportban nem találtak symbiontákat, de ezekre itt nincs is szükség, mert vagy a plasmadus növényi szövet összerágása folytán, vagy a gombák közvetítésével jutnak hozzá a könnyebben emészthető tápanyagokhoz. A negyedik rovarféle e célt valószínűleg a symbionták révén éri el. Az első két csoport képviseli a primitívebb és ősbibb típust, a két utóbbi pedig magasabbrendűséget, újabbkori szerzeményt árul el. Látjuk tehát, hogy a rovarok mily különféleképpen alkalmazkodnak a növényi tápanyag felhasználásához, és ennek célja — úgy gondolom — csak az élelem jobb értékesítése lehet. Azoknak a rovaroknak az esetében, melyek a bélcsatornájukban mikroorganizmusokat tartanak, mindenesetre a legközelebb fekvő és legmeggyőzőbb az a magyarázat, hogy az egysejtűek a táplálék feltáráására szolgáló enzimeket termelnek, mivel ezekre még a bélcsatornában van szükség.

Belső secretiós működést vagy nitrogénygyűjtést a test más, alkalmasabb, zavartalanabb, jobban szellőzött részében (mint pl. a mycetoma) sokkal eredményesebben végezhetnének. *Glasgow*-nak az az elgondolása (18. — p. 507.), hogy a bélsymbionták a testet tartják tisztán az idegen organizmusoktól, szerintem szintén nem elég megokolt, mivel az állatoknak erre a célra általában elterjedtebb, ősbibb módszerük van, és pedig az amoeboid sejtekkel való fagocitálás (phagocytosis).

A növény szívó és a bélcsatornától elkülönített szervben (mycetoma, zsírtest) lakó symbiontákkal rendelkező rovaroknál (Cicadina, Aphidina) a symbiosisra nézve szintén többféle vélemény keletkezett (2. — p. 822.

és 18. — p. 507.). Egyesek (*Weber, Tóth*) belső secretiós szervre gondolnak és a symbiontákat hormon- vagy vitamintermelőknek tartják (l. c. és 16. — p. 150.), mások (*Peklo*) nitrogényüjtési működést tulajdonítanak nekik, vannak (*Schwartz*), akik az anyagcsere végtermékeinek felhasználásában látják szerepüket, ismét mások (*Pierantoni*) a cukroknak alkohollá és viasszá való feldolgozásában juttatnak nekik részvételt. Abban az összes kutatók megegyeznek, hogy az egysejtűek valamiképpen hasznára vannak a gazdának, és hogy az anyagcserefolyamatokban működnek közre. Az állatnak szüksége van rájuk, mert testében állandóan megtalálhatók, utódjaira átörökíti őket, ő maga pedig nem pusztul el tőlük, sőt szaporodásukat korlátozni tudja.

A fenti feltevés legtöbbjét egyesek cáfolni igyekeznek. Így *Buchner* (2. — p. 822.—823.) nem látja szükségességét annak, hogy a symbiontákban nitrogényüjtő baktériumokat (*Azotobacter*) lássunk, mivel a felvett tápanyagban sok fehérje is van, a szénhidrátok fölöslegét pedig az állat leadja. Arravonatkozóan pedig, hogy az egysejtűek az állati fehérjék végtermékeit értékesítik, azt mondja, hogy ez csak egy mellékes kísérőjelenség lehet; a cukroknak alkohollá való átalakítására pedig semmi bizonyítékot nem lát. Szerinte az a jelenség, hogy a symbionták tartózkodási helye és a bélsatorna között szorosabb kapcsolat nincs, arra mutat, hogy a növényi nedv közvetlen befolyásolása itt nem állhat fenn.

Én ezeket az ellenvetéseket teljesen a magamévá teszem néhány pótló megjegyzés kíséretében. Szerintem a symbionták nitrogényüjtése azért sem valószínű, mert az állat a növényi plasmából és asszimilatákból annyi mennyiséget vehet fel, amennyire csak szüksége van, mert ezek minden korlátozás nélkül bőven rendelkezésére állanak. A vitamintermelő működés feltételezése sem megtámadhatatlan, mert ezek a növényiszívók mindig sok élő táplálékot vesznek magukhoz, melyekben bizonyosan megvannak az állat számára szükséges vitaminok is. Az egyes vitaminok előfordulásának ismerete e véleményemet csak megerősíti. A cukroknak alkohollá és viasszá való átalakításában szintén lehet kételkedni, mert a növényiszívók nagy részénél viaszképzés nincs, ellenben ürülékükben nagymennyiségű cukrot (mézharmat) adnak le (18. — p. 242.—244.), tehát ezt alkoholgyártásra sem használják fel, de ennek nagyobb mértékben való képződése az állati testben egyébként is nehezen gondolható el.

Milyen elfogadható magyarázatot adhatunk azonban a symbionták működésére? Az előbb említett elvet ugyanis feltétlenül el kell fogadnunk, hogy az állat anyagcseréjében van szerepük, és hogy rájuk a gazdának szüksége van, vagy jelenlétük legalább is kedvező hatású. Az én véleményem szerint az egysejtűek szerepe itt is az, hogy viselőjük számára a táplálék feltárására (emésztésére) szolgáló enzimeket termelnek. És ekkor nem arra a symbionta seregére kell gondolnunk, amely a bélsatornával

semmi kapcsolatban nem levő mycetomában tanyázik, hanem ezeknek egy másik csoportjára. Ha visszaemlékezünk a levéltetvek embryonális fejlődésének tárgyalásánál leszögezett elvekre, akkor azonnal világosabban látunk. Ott megállapítottam azt a tényt, hogy *a nyálmirigy a mycetomakezdeményből fejlődik*. Ezt az állításomat fejlődéstani megfigyelésekkel igazoltam. Most elérkeztünk ahhoz a ponthoz, hogy felvessük a kérdést, mi célja vagy értelme van ennek a szokatlan keletkezési folyamatnak. Amint említettem, ilyen nyálmirigyfejlődési módot a rendelkezésemre álló irodalomban nem találtam, s így valószínű, hogy ilyenről a rovaroknál ezideig nem is tudnak. Úgy látszik tehát, hogy ez esetben nem egy általános, hanem különleges, esetleg újszerzeményű fejlődési aktusról van szó.

A felvetett kérdésre szerintem egyetlen elfogadható feleletet adhatunk, amely így hangzik: *A nyálmirigyfejlődés ama különleges keletkezési módjának, hogy a mycetomakezdeményből alakul ki, csak egyetlen célja lehet, és ez az, hogy a mycetomában lakó symbionták egy részét a nyálmirigybe átvigye*. Ez újabbszerzeményű fejlődési folyamatnak más értelmét nem tudom elgondolni, és nem tartom valószínűnek. Ezt megerősíti a mirigysejtekben általam megfigyelt — a symbiontákhoz igen hasonló — képződmények jelenléte is, valamint az a körülmény, hogy egysejtűeket a mirigyben már mások is láttak. Igaz, hogy *Glasgow* (18. — p. 507.) ezeket parazitikus mikroorganizmusoknak mondja, azonban ezt abból következteti, hogy olyan poloskákban található, melyeknek szerinte fagocitáló, a testet tisztántartó bélsymbiontái nincsenek. Pedig az egysejtűek ezeknél is valószínűleg éppen azért vannak a nyálmirigyben, mert erjesztő bélsymbiontákkal nem rendelkeznek. A nyálmirigynek ez a fejlődési módja tehát nemcsak egy különleges ontogenetikai vagy szövettani érdekesség, hanem valószínűen egy táplálkozásbiológiai szükségesség, mert a symbiontákra, illetve termékeikre a nyálmirigyben bizonyos feladat vár.

Arravonatkozóan, hogy a nyálmirigyben lakó symbionták milyen anyagokat (enzymeiket) produkálhatnak, szükséges tudnunk egyetmást a mirigy termékének: a nyálnak a tulajdonságairól. A levéltetvek nyálát többen vizsgálták, így főképen *Zweigelt*, *Davidson* és *K. M. Smith* (18. — p. 223.—228.). A nyálról általában megállapították, hogy ennek hatása egyszerre plasmolytikus, hydrolytikus és toxikus (mérgező) is lehet. E működéseket természetesen többféle anyag idézheti elő. Az első hatásnak az a célja, hogy a növényi sejtek turgorját csökkentse, ezáltal a szipóka továbbhatolását megkönnyítse, és ugyanekkor egy osmotikus szívőerőt fejtsen ki, mely a növényi nedvet a szívócsatorna felé hajtja. A toxikus működés, mely különféle mértékben lehet jelen, megölheti a növényi sejtet, vagy legalább megváltoztathatja a sejttel és a plasmaréteg semipermeabilitását. A hydrolytikus hatás pedig abban áll, hogy a növényi sejt nehezen oldódó vegyületei egyszerűbb és vízben oldódó anyagokra esnek szét (vízfelvétel mel-

lett). E folyamat a szívó rovarok táplálkozásában nagyjelentőségű, mert egy extraintestinális emésztést tesz lehetővé, amire azért van szükség, hogy a szilárd vagy kocsonyaszerű növényi anyagokat is folyadék alakjában szív-hassa fel az állat.

E működést a nyál enzimjei végzik. A fenti kutatók mindig találtak a nyálban keményítőhasító fermentumot (amylase), és protease-k (fehérje-hasítók) jelenléte is következtethető. Nagyjelentőségű azonban az a tény, hogy *Smith* (l. c. — p. 226.) egy pajzstetűnél (*Pseudococcus*) azt állapította meg, hogy ennek nyála a cellulosét oldani képes. Vagyis itt cellulosehasító enzymről (cellulase) van szó. Azonban igen valószínű, hogy ez az egy faj nem lehet kivétel, s így sok más növénytetűnél is kell szerepelnie a cellulosénak. A vizsgálatok szerint (18. — p. c.) a levéltetveknél a szipóka nyállal töltött szűrési csatornája többnyire a sejtek között intercellulárisan halad, és sok esetben faalakúan, vagy még komplikáltabban elágazó, úgyhogy azt a benyomást kelti az emberben, hogy a nyálnak itt nagy oldó munkát kell végeznie. A levéltetvek gyenge szűrősertéjéről nem is lehet feltételezni, hogy minden elébe kerülő akadályt mechanikus úton győz le, hiszen sokszor vastag cellulose, vagy elfásodott sejtfaalakokat kell áttörnie, és több atmoszféra nyomást leküzdenie. A szűrés ugyanis intracelluláris is lehet, ilyenkor a nyál a sejtekben is található.

A nyál összetétele azonban nem minden fajnál egyforma. Ezt bizonyítja az a körülmény is, hogy ugyanaz a növény az egyes fajok szívására másképpen reagál (pl. gubacsok). Hogy a nyálban mily különleges és tartós anyagok is lehetnek, erre jó példát szolgáltat a *Kelle* (9.) által a tölgygolyva okozójaként felismert *Lachnus roboris* L. esete, amikor ahhoz, hogy a hypertrophikus növekedés a fa egész életén át fennmaradjon, elegendő, ha e gallytetvek egy kis csoportja aránylag rövid ideig szív a 2—3 éves hajtáson.

Mivel a keményítőt és a fehérjéket bontó enzyme az állatvilágban általában elterjedtek, ezért azt kell feltételeznünk, hogy a nyálmirigy symbiontái elsősorban nehezen oldható szénhidrátokat (polysaccharidák) átváltoztató erjesztőket termelnek. Ilyen számbajöhető és nagy ellenállóképességgel rendelkező szénhidrátok, melyek a növényi szövetekben igen elterjedtek, főképen a cellulose és a hemicellulosek. Ezekhez szorosan kapcsolódik a lignin, amely már nem tiszta polysaccharida, hanem a cellulosénak valószínűen esterszerű származéka ecetsavval és aromás savakkal. A lignifikált sejtfa esetében tehát előbb még e kapcsolatból kell a cellulosét kiszabadítani, mely egy esterase segítségével történhet. Csak ezután következhet a cellulase és a hemicellulase hatása.

Ilyenféle enzyme termelésére — mai tudásunk szerint — nem sok élőlényfajta képes. A lignint csak a gombák tudják bontani, még a baktériumokról sem állapították ezt meg teljes bizonyossággal. A cellulose át-

változtatását viszont csak mikroorganizmusoknak és gombáknak tulajdonítják. Magasabbrendű állatokban a cellulase képződése még nem teljesen bebizonyított, habár csigából és cincérlárvából származó celluláséról van adat az irodalomban. Ripper (13.) pl. cellulosebontást talált a bélsymbiontákkal rendelkező Xestobium farágóbogár, valamint a Leptura és Rhagium cincérlárváknál éppúgy, mint az ilyeneket nem viselő Cerambyx álcánál. Ez utóbbi és a csiga esetében azonban szerintem fennállhat két lehetőség: A symbionták nem a bélben, hanem a nyálmirigyben laknak, vagy igen apró lényekről van szó, melyek mai eszközeinkkel nem láthatók.

Az én véleményem szerint tehát a nyálmirigy symbiontáinak feladata és rendeltetése az, hogy gazdájuk számára olyan enzimeket termeljenek, melyek a növényi szövetben nagyobb mennyiségben előforduló, főképen a burkolat és tartaléktáplálék szerepét játszó, nehezen oldható anyagokat egyszerűbb, könnyen oldódó vegyületekre változtassanak, hogy az állat minél könnyebben és minél nagyobb mennyiségben juthasson hozzá a folyékony tápanyagokhoz. Az természetes, hogy ezenkívül még egyéb fermentumok (proteasék, egyéb carbohydrasék és esterasék) termelése is lehetséges, sőt nagyon valószínű.

A levéltetvek nyálának enzimei igen sok szénhidrátkötést bontanak fel. Ezt mi sem bizonyítja jobban, mint az a tény, hogy sok levéltetű ürülete majdnem tiszta cukorféleségből és kevés dextrinből áll (18. — p. 243.). E nagymennyiségű cukor legnagyobb része szerintem csak a keményítő és a cellulose hydrolytikus hasításából állhat elő. Ha pedig meggondoljuk, hogy a szipókások elsősorban a háncsrészt keresik fel szúrásukkal (18. — p. 226.), amelyet többnyire csak számos sejtfalon keresztül érhetnek el, akkor az ürületekben levő cukor egy részét valószínűleg a celluloséból származónak vehetjük.

A mérlegelésnél nem szabad megfeledkezni a növényevő emlősök analogiájáról és arról a körülményről, hogy az élő növényi részekkel való táplálkozás a rovaroknál újabbkori, másodlagos szerzemény, a növényiszívás pedig még ennél is jóval fejlettebb állapot. De még ha feltételezzük is azt, hogy a symbionták cellulásét nem tudnak termelni, akkor is csak az a megoldás lehetséges, hogy ezek másfajta enzimeket hoznak létre.

Arravonatkozóan, hogy a levéltetvek symbiontái valóban tudnak bizonyos enzimeket termelni, felhozom azokat az adatokat, melyeket az alábbiak a mycetoma és zsirtest lakóinak mesterséges tenyésztésével nyertek. Ilyen kulturkísérleteket többen végeztek, de nem mindig sikerült e mikroorganizmusokat táptalajokon nevelni. A levéltetvek symbiontáit, melyeket bugonyán tenyésztettek, az enzimtermelés szempontjából nem vizsgálták (2. — p. 454.). A pajzstetvekre azonban van egy-két tapasztalat. Így a Lecanium-félék mikroorganizmusának kultúrájában Brues és Glaser (2. — p. 414.) többféle enzimet találtak, melyeknek feladatát a növényi

tápanyagok széthasításában látják. *Schwartz* (2. — p. 414.) ugyancsak a Lecaniumból származó tenyészetben nyolc különféle fermentumot (amylase, saccharase, emulsin, trypsin, lipase, lecithinase, stb.) állapított meg. E sokfajta működésből következtette ő, hogy az egysejtűek az állati anyagcsere végtermékeit lebonthatják, tehát ezeket értékesítik. A *Tachardia* (lakktetű) mikroorganizmusai kultúrában jól erjesztik a maltosét, fructosét, xylosét stb., sőt nitrogéntartalmú tápanyagon (pl. asparagín) is jól tenyésznek (*Sreenivasaya és Mahdihassan*, — 2. — p. 427.).

Mindezek alapján jogosan következtethető, hogy a levéltetvek symbiontái enzimeket termelnek. Természetesen nagyon valószínű, hogy az enzymbővelések az egyes állatfajok szerint változók, ami a gubacsképzéssel is jól összevág.

A kultúrákban cellulusét nem észleltek. Azonban erre valószínűen nem is gondoltak és kutattak, tekintettel arra, hogy a mycetoma a bélcsatornától független. De egyébként sem várható *nagyobbmennyiségű* cellulase, mert *Ripper* (1930) a bélsymbiontáknál csak kismértékű bomlást talált (13. —).

*

Az elmondottakkal kapcsolatban még egy fontos jelenségről kell megemlékezni. Régóta ismeretes már, hogy a szipókás rovarok, de elsősorban a levéltetvek bizonyos növényi betegségeknek az átvivői és terjesztői (*Allard*, 1914. — 10. — p. 333.). Ezek az ú. n. vírusbetegségek.* Régebben enzymbetegségnek nevezték, mert 60—80 C fokig megtartja fertőzőképességét, azután pedig nem. Hogy e kóros állapotnak tulajdonképpen mi az okozója, azt biztosan nem tudják, de jellemző tüneteiből azt következtetik, hogy igen apró, mai eszközeinkkel nem látható élőlényekről vagy ezek váladékáról van szó (10. — p. 338). E betegség kórképe többnyire az ú. n. mozaikfoltosság, tarkalevelűség és levélfodrosodás. Ilyenféle képződményeket maguk a levéltetvek bebocsátott nyáluk által is előidézhetnek.

Az eddig tárgyaltak alapján — véleményem szerint — most már közzelfekvő az a gondolat, hogy vajjon nem a tetvek nyálmirigysejtjeiben lakó symbionták vagy ezek váladéka okozza-e a vírusbetegségeket. E kérdésre megnyugtató feleletet csak akkor adhatunk, ha előbb röviden áttekintjük e betegség jellemző folyamatait. Errevonatkozóan a következő főbb elveket állapították meg (10. — p. 363—373.): 1. A természetben a növényi vírusbetegségeket majdnem kizáróan a szipókás rovarok terjesztik. Mesterségesen csak oltás (transplantatio) útján vihetők át. — 2. A fajlagos vírus átvivésére többnyire csak meghatározott rovarfaj vagy kevés rokonfaj képes. — 3. A betegséget előidéző testet eddig mesterséges kultúrában nem sikerült tenyészteni. — 4. A vírus a növényben tovább terjedhet szapro-

* Idevonatkozóan elsősorban *Köhler*: *Viruskrankheiten c. dolgozatát* (10.) használtam.

dás, illetve vezetés, vagy diffusio útján. — 5. A vírusos szövetből táplálkozott állat nem tudja a betegséget azonnal terjeszteni, hanem csak bizonyos idő (incubatio) eltelte után. — Az ilyen rovar többnyire élete végéig fertőzőképes marad. — 6. A betegségterjesztő állat utódai általában nem inficiálnak.

E folyamatok részben jól összeegyeztethetők, részben pedig — legalább látszólag — ellenkeznek avval a feltevésessel, hogy a nyálmirigy tartalma maga idézi elő a vírusbetegséget. Így a specifikus betegségnek meghatározott fajjal való terjesztése jól vág elgondolással. Azt, hogy a vírus mesterséges tenyésztése nem sikerül, szerintem azzal is mentegethetjük, hogy talán nem maguk a mikroorganizmusok vannak bent a növényi szövetben és okozzák a kórképet, hanem csak ezek váladéka, mint pl. az élesztőpraeparatum esetében. Vagyis a symbionták — legalább élve és nagyobb mennyiségben — nem kerülnek ki a nyálmirigyből. A vírusnak a növényi szövetben való elszaporodását vagy elszállítását nem lehet pontosan különválasztani. Lehet, hogy csak szállítás és áramlás útján történik a terjedés. De elképzelhetjük azt is, hogy abnormis úton néhány élő symbionta, vagy ezek élő plasmatörredéke is belekerül néha a szívott szövetbe, mely egy rövid ideig ott váladékot (enzym, toxin) termelhet.

Kissé nehezebb azonban az áthidalása a két utolsó pontnak. Az 5. pont alatti megfigyelést, vagyis hogy a betegséget a rovar nem mechanikusan viszi át, úgy magyarázzák (10. — p. 368.), hogy a szipókás állat köztes gazdája a betegséget okozó mikroorganizmusnak, mely a bélcsatornába jutva, ott és a többi szövetben előbb szaporodik, majd a kötőszöveteken át — a testnedv útján — a nyálmirigybe kerül, innen pedig újra a növénybe. Eszerint ugyanolyan tüneteménnyről lenne szó, mint a malária esetében a szunyog és az ember között (18. — p. 500.). Ez is egy elméleti lehetőség.

Azonban a két utolsó szabály — *az én felfogásom szerint* — megmagyarázható csak a nyálmirigy állandó symbiontáinak igénybevételével is a következőképen: Tudjuk, hogy az élőlények másképen viselkednek megváltozott viszonyok között. A gombák és baktériumok pl. a táptalajuk szerint más-más enzimeket termelnek. A nyálmirigy symbiontája — legalább részben — bizonyosan más anyagokat választ ki az állati szervben, mint a növényi szövetben. Ha most elképzeljük, hogy valami rendellenes módon (talán a pusztulásban levő állatból) néha élő egysejtűek is kerülnek a növénybe, ezek itt más antigéneket fognak termelni, mint rendesen. A növény ezek ellen védekezve, immunanyagokat (ellenanyag) hoz létre. E folyamat közben azonban már a vírusra jellemző kórképek is kialakultak a növényen. Ha most ebből a beteg szövetből szív nedvet a szipókás rovar, akkor a táplálékkal együtt szervezetébe kerül az immunanyag is. Ez ellenanyag részben a nyálmirigybe is eljutva, rendellenes befolyással lesz az ott levő symbiontákra, melyek reakcióképpen rendes működésüktől eltérően

most még azt az antigént is kezdik termelni, melyet egyébként csak a növényi szövetben hoznának létre. Ez új anyag az egészséges szövetbe csepegtetve, azt a kórképet alakítja ki, melyet mint vírusbetegséget ismerünk.

Természetes, hogy míg e folyamat egyszer lejátszódik, annak is bizonyos időre (incubatio!) van szüksége. Vagyis itt egy akció és reakció kölcsönhatásáról van szó. Ezt a gondolatmenetet alátámasztják *Zweigelt* megfigyelései is, melyek szerint minden növényiszívó rovar nyálában specifikus kémiai vegyületek vannak, melyeknek tulajdonságai a növény és az állat közti harc (a szívás) folyamán képződnek ki (*Weber: Biol. Hemipt. p. 499.*) — Ezenkívül számításba kell venni azt is, hogy nagyon sok levéltetű idéz elő a vírusbetegségnek nevezett kórképpel megegyező, a fajára jellemző deformációt vagy levélfoltosodást mindenféle külső infekció közbelépése nélkül is. Gondoljunk csak azokra a példákra és fejtegetésekre, melyeket a gubacsképződés tárgyalásánál említettem.

Azt a jelenséget, hogy az utódok nem öröklik a fertőzőképességet, avval magyarázhatjuk, hogy a mycetomában levő symbionták nem kapják olyan közvetlenül a növényi ellenanyagokat, mint a nyálmirigyben levők.

A vírusbetegségekkel kapcsolatban néhány pontos vizsgálatnál megfigyelték (*Carter*) azt is, hogy a betegség a terjesztőjének elterjedési határait nem lépi át, valamint azt is, hogyha az átvivő rovarok hiányzanak, a vírusbetegség nem terjed (10. — p. 372.).

Mint érdekes analogiát felemlítem, hogy egy bakterium, mely a *Dacus oleae* Ros. (Trypetidae, Diptera) lárvája bélkitüremkedéseiben él, az olajfa ágán pathologicus burjánzást idéz elő, ha a belet ebbe beleoltják (tuberculosis). A lárva maga pedig többnyire az olajfa termésében él. Ilyenfélét tapasztaltak egy *Phorbia* légynél is (2. — p. 312.).

Mindezekből látható tehát, hogy a vírusbetegségek és a növényiszívók között a legszorosabb összefüggés van. Ismerve a nyálmirigy szerepét és fejlődését, talán nem fogok nagyot tévedni, ha ezek alapján az előzően feltevet kérdésre azt felelem, hogy *e betegségek tulajdonképpen okozója a rovar nyálmirigyében lakó mikroorganizmus, illetve ennek terméke.* Vagyis az állat nemcsak egyszerű terjesztője e kórnak, hanem előidézője is. Azt hiszem, hogy e gondolatom a növényi vírusbetegségek további kutatásához bizonyára szolgáltató némi támpontot.

E fejtegetések után jogosan következtethetjük azt is, hogy a gubacsképzésnél is a nyálmirigy egysejtűi, illetve ezeknek anyagai játszókat a főszerepet. A nyálmirigynek a növénybe való oltása sokszor elő is idézi a torzképződményt (18. — p. 490.).

*

Teljesség kedvéért még a symbionták némely tulajdonságáról és rendszertani helyzetéről emlékezem meg. Ezeket egyesek (*Peklo, Paillot*) bak-

teriumoknak, mások (*Lindner, Pierantoni, Šulc*) pedig (egysejtű) gombáknak tartják (2. — p. 406., 455.). Talán legtöbbször a *Saccharomyces*-félékre (erjesztő gombák) gondolnak. A kultúrkísérletekben a tápanyag minősége szerint változtatják alakjukat (2. — p. 408., 454.). Megnövekednek és sokszor tömlő- vagy fonalakú képződménnyé alakulnak át, gyakran sarjadzásszerűen szaporodnak. *Schwartz* (14. — p. 471.) kimutatta, hogy magában az állatban is változtathatják némileg alakjukat ennek fejlődési állapota és táplálkozási viszonyai szerint. Szerinte a rovar egyensúlyban tartja symbiontáit, és rájuk valamely szabályozó eljárással főképpen két-féle módon hat: 1. Megakadályozza túlságos elszaporodásukat; 2. kialsakban (sarjconidium) tartja őket, nem engedi, hogy tömlővé vagy myceliummá fejlődjenek ki. Az elsőnél a phagocytáknak is szerepet tulajdonít.

A fenti tulajdonságok inkább a gombaszervezet mellett tanuskodnak. Ámbár szerintem elsősorban nem a *Saccharomyces*-re kell gondolni, hanem egy ezekhez igen közelálló másik gombacsoportra. Ez pedig az *Eumycetes* (valódi gombák) *Exoascales* rendje. Annakdacára, hogy a symbiontakérdés irodalmában erre a lehetőségre utalást nem találtam, én mégis ezt tartom a legvalószínűbbnek. Ezek az alacsonyrendű, vagy redukálódott szervezetű tömlős gombák megegyeznek a *Saccharomyces*-ekkel abban, hogy szintén nincsen terjedelmes myceliumuk, és ennek legnagyobb része az ascusok (tömlők) képzésére használandó fel, az ascosporák pedig még bent az ascusban sarjadzással sok apró, ú. n. ascoconidiumot hozhatnak létre. Vízben vagy cukros táptalajokon ugyancsak sarjadzással szaporodnak tovább. Ezért olyan felfogás is van, mely a *Saccharomyces*-eket is az *Exoascus*-félék különvált sarjadzó sporáinak tartja.* A két legfőbb érvem, melyeknek alapján a növénytetvek symbiontáit az *Exoascus* (*Taphrina*) félék apró sarjconidiumainak vélem, a következő: 1. E gombák általánosan elterjedve mindig élő növényi részeken élnek, tehát a növény szívó rovarok állandóan érintkezésben vannak velük, ezért a törzsfajlás folyamán legkönnyebben ezek sarjadzó sporáit szerezhették meg symbiontául. A gombairodalom meg is említi, hogy a levéltetvek az *Exoascus*-félék sporáinak terjesztői, és cukros váladékuk révén e gombák szaporítói. 2. Az *Exoascus*-félék a növényeken élősködve, ezeken ugyanolyan jelenségeket hoznak létre, mint általában a növénytetvek szívásuk következtében. Vannak levélfodrosodást és -hólyagosodást, levélfoltosodást, termésdeformálódást (gubacs), valamint bábaseprőt (ágtorzonborz) előidéző *Taphrina* fajok. Sokszor, így pl. az őszibarack levélfodrosodását az *Exoascus* (deformans), vagy levéltetvek (*Brachycaudus*, *Appelia*, *Phorodon persicae*) is okozhatják, s a kétféle deformáció egymástól nem igen különbözik. — Mindenesetre e tipikus parazita gombák az élő növényi szövetek kihasználásához jól értenek, s így náluknál alkalmasabb symbionta társakat a növény szívók aligha találhattak

* *Tuzson*: Rendszeres növénytan. I. 1911. — p. 180.

volna. A gombák sarjsporái az állatokban élve, természetesen megváltozott tulajdonságokat is vehettek fel.

A levéltetvek symbiontái többnyire apró gömböcske alakúak, de kissé nagyobb hólyagocskákká is megnőhetnek. E két alakot két külön fajnak, vagy csak átmeneti formának tekintik (2. — p. 450—455.). Osztódással vagy sarjadzással szaporodnak. *Buchner* és munkatársai (*Klevenhusen, Tóth*) megfigyelték, hogy bizonyos levéltetű fajokban nemcsak egy, hanem két vagy háromféle alakú symbionta is lehet (2 — p. 478. és 16. — p. 145.). Az én fajaim közt csak a *Lachnusa*-nál lehetett megállapítani két-, esetleg háromféle egysejtűt.

Az idősebb levéltetvekben a mycetocyták szomszédságában mindig meg lehet figyelni ugyanilyen nagy sejteket, nagyságra és alakra a symbiontákkal megegyező tartalommal, ezek szemcséi azonban igen erősen, fémesen barna színezetűek. Ezeket mások (*Uichanco, Tóth*) is észlelték, s vagy phagocytáknak (15. — p. 724.), vagy átalakult mycetocytáknak (2. — p. 452.) vélik őket. A fiatal állatban hiányoznak.

A zoológus szempontjából nem olyan fontos, hogy a symbionta baktérium, gomba vagy ezek között álló élőlény-e. Mindkettőről tudjuk, hogy működésük igen sokoldalú, kiadós, és elsősorban redukáló, azaz a szerves vegyületeket felbontó hatású. Bevezetői és befejezői is lehetnek az állatok (consumens-ek) táplálkozási folyamatainak. A baktériumok között pl. sok cellulose bontó van, a gombák legtöbbször pedig ezenkívül még faanyaggal is tud táplálkozni. A Saccharomyceták között pl. vannak olyanok, melyek polysaccharidákat is erjesztenek, és belőlük a többféle enzim mellett néhány vitamint, sőt hormont (biotin) is állítottak elő. Vagyis nyugodtan feltehetjük, hogy ez egysejtűek, melyek a levéltetvek nyálmirigyében és mycetomájában laknak, a tárgyalt életjelenségeket anyagaik segítségével végre tudják hajtani.

*

Miután megkíséréltem a nyálmirigy symbiontáinak szerepét vázolni, vizsgáljuk meg, hogy a mycetomában maradt, jóval nagyobb számú mikroorganizmusnak milyen feladata lehet az állat életében. Erről a symbionta csoportról keletkezett az a már tárgyalt többféle vélemény, melyet én az előadottak után már irányadónak nem vehetek.

Az ivarszervek szomszédságában levő, ezekhez tapadó mycetoma lakóinak a legfőbb rendeltetése minden kétségen kívül a symbiontáknak a jövő nemzedékre való átvivése, vagyis az embriók fertőzése. Erre mutat az a körülmény is, hogy az ivarérett állat mycetomája szétszakadozott, egyes mycetocytákból áll, melyek az embriók szaporodásával párhuzamosan fokozatosan felhasználódnak. Hogy e feladaton kívül még egyéb szerepük van-e gazdájuk életfolyamatában, erre ezidőszerint igen nehéz lenne elfogadható feleletet adni. Az a tény, hogy a levéltetvek Aphididae

családjának [valamint a kabócák és pajzstetvek (2. — p. 440., 513.)] táplálkozó hímjei is rendelkeznek mycetomával (pl. a *Lachnus rob.* hímjénél megfigyeltem), mintha ilyesmi mellett tanuskodnék. E működés azonban csak egy mellékes és másodlagosan kialakult aktus lehet. Ugyanis a nyálmirigy symbiontáinak terméke az állatnak közvetlenül is rendelkezésére áll, mert hiszen ez a bélcsatornába is belekerül. Mindamellett nincs kizárva az ellenkező sem. De az is lehetséges, hogy a hímeknél csak egy visszamaradt, főlöleges sejtcsoportról van szó. — Ezeknél ugyanis a mycetoma aránylag kicsi.

Ilyenféle jelenség, vagyis hogy az eredetileg egy helyen lakó symbionták az állat fejlődése folyamán később két csoportra különülnek el, más rovarrendben is előfordul. Így pl. az Anobiidae, Cerambycidae, stb. bogárcsaládokban, hol a symbionták az álca bélhámsejtjeiben élnek, az átalakulás alkalmával az egysejtűek nagyobb része az imago ivarvezetékébe nyíló, ú. n. intersegmentalis szervébe kerül, hogy innen végezhesse a pete inficiálását (2. — p. 341., 354.).

Az bizonyos, hogy a mycetoma lakói gazdájuk tápnedveiből való táplálkozás közben enzimeket kiválaszthatnak. Hogy ezek az anyagok azután elkerülnek-e az állat szöveteibe, és ott milyen hatásuk van, erről csak találgatásokat mondhatunk. Lehetséges, hogy ez anyagokat a fentemlített barnaszemcsés sejtek veszik fel, mert ezek pl. a *Lachnus roboris*-nál megfigyelésem szerint a mycetoma külső felületét, burkát alkotják.

*

Áttekintve az ebben a fejezetben részletezett főbb elveket, összefoglalásképpen megállapíthatjuk, hogy *a levéltetvek mycetomájának és nyálmirigyének symbiontái egymással, valamint az állat szaporodási és táplálkozás-physiologiai folyamataival, ezenkívül ez utóbbi következményeképpen jelentkező növényi torzképződményekkel és vírusbetegségekkel a legszorosabb összefüggésben — ha szabad így mondani —, teljes harmóniában vannak.*

V. A nemzedékváltakozás sejtani alapjai.

Általánosan ismert, hogy a levéltetveknél a különböző nemzedékek váltakoznak egymással. Azonban a szaporodás a tavasz és nyár egész tartama alatt csak szűznemzéssel, vagyis kizárón nőtények útján történik. Az ivaros nemzedék pedig csak az ősz felé lép fel, s ennek megtermékenyített petéje telet át. Az esetek nagyobb részében az alaktanilag eltérő nemzedékeket a klimatikus és táplálkozási viszonyok megváltozásával hozzák kapcsolatba, némelykor azonban a generációk váltakozása obligatorius (18. — p. 395—430.). A nemzedékváltakozásnál szerintem két kérdésnek mindenestre nagy fontossága van, mert ezeket nem lehet egyszerűen az alak-

változás mérlegelése kapcsán elintézni. E két kérdés: 1. Miképpen jönnek létre a megtermékenyítetlen nőtények petéiből egyszer csak hímek; 2. hogyan keletkeznek a megtermékenyített téli petékből mindig csak nőtények (fundatrix).

E két problémával már többen foglalkoztak (*Baehr, Morgan, Stevens, Frolowa* — 5. — p. 955. és p. 1096.), erre vonatkozóan megfigyeléseket tettek, és ezek alapján magyarázatokat is adtak. Én — alkalmas anyag hiányában — ezirányú vizsgálatokat nem végeztem, s így csak elméletileg szólok e tárgyhoz.

Depdolla-nak (5. —) az egyes kutatók leírásai alapján kidolgozott összefoglaló munkájából (l. c.) ezekre vonatkozóan a következőket lehet megállapítani:

A levéltetvek összes egyivarú és kétivarú *nőtényeinél* a sejtmag chromosomáinak (diploid) száma $2n + 2x$, az amphigon (sexuális) nemzedék *hímjeinél* pedig $2n + x$, hol x a heterochromosomát (gonosoma, ivarchromosoma) jelenti. E viszonyok tehát megegyeznek az állatvilág nagyobb részében található állapottal. Vagyis a két ivar elsősorban a gonosomák számában különbözik egymástól sejttani vonatkozásban. Mivel mai tudásunk szerint a tulajdonságok átvivői *főképpen* a sejtmagból osztódáskor kialakuló chromosomák, ezért a nemi eltérést is a ivarchromosomák különbségében látják. Ez alapon már előre feltételezték, hogy a sexupara (ivaros nemzedéket létrehozó) hímekké fejlődő petéiből az egyik x gonosomának ki kell löködni. És tényleg ilyenféle tüneményt tapasztalt először *Stevens* (1909), melyet azután *Morgan* (1915) megfigyelései erősítettek meg (5. — p. 1096.).

Morgan két *Phylloxera* faj sexuparájának ovariumában levő peték érési osztódása alkalmával úgy látta, hogy míg a leendő sexualis nőtény-pete (oocyta) egyetlen érési osztódása egészen normálisan, aequatiosan történik, addig a hímekké fejlődő peték magjának érési osztódásában változás mutatkozik. Ez pedig abban áll, hogy a sejtmagból kialakult chromosomák közül az egyik gonosoma: x (az ő eseteiben $x = 2$) nem osztódik, hanem sokáig az osztódási síkban marad, azután pedig szerinte a pete szélére, az iránytestbe vándorol, vagyis a petéből kiküszöbölődik. A többi chromosoma (autosoma) azonban rendes módon, aequatiosan megosztódik. Tehát az ilyen petékben egy gonosomával (itt $x = 2$) kevesebb chromosoma ($2n + x$) marad, mint a nőtény petékben ($2n + 2x$). A két közölt ábrán (*Schröder: Handbuch d. Entomol. B. I. 1928; 1096. old.*) a chromosomák közül mindig kettő, vagyis egy pár látható külön, hátramaradottan az osztódási síkban, míg a többiek már megosztódva egymástól távol, két csoportban állanak. A két gonosoma elvonulása az iránytest felé e két ábrából nem vehető ki. *Morgan* szerint tehát e petékből, melyek kisebbek is a nőténypetéknél, hímeknek kell fejlődniük.

A fent megnevezett kutatók megfigyelései szerint azután az így keletkezett ivaros nemzedék hímjeinek heréiben a hímsejtek (spermium), illetve a spermiocták érési osztódásánál egy másik különleges folyamat játszódik le (5. — p. 955.). A spermiocták első érési osztódása reductiósan történik, azaz a keletkező új sejtekben (spermida) csak félannyi (haploid) chromosoma $\frac{2n+x}{2}$ kerül, mint eredetileg volt. Ez itt is úgy történik, hogy az első érési osztódáskor az egyes chromosomák maguk nem osztódnak, hanem párokat alkotnak, conjugálnak, melyek azután egyszerűen szétválnak, s egyik tag az egyik, másik pedig a másik spermidába kerül. A második érési osztódás már aequatiós, vagyis az összes chromosomák megfeleződnek.

A reductiós osztódás alkalmával azonban itt egy chromosoma a többitől eltérően viselkedik. Ez a párnélküli, vagyis x chromosoma ugyanis hosszasan megnyúlik, a közepén befűződik, s ilyen állapotban sokáig a két kialakuló sejt között helyezkedik el, átnyúlva egyikből a másikba. Egyszóval ez a gonosoma osztódási jelenséget tüntet fel. A kutatók szerint azonban végül mégis csak az egyik, a nagyobbik sejtbe húzódik. De néha egy kis darabja a kisebbik sejtben marad. Ez a kisebbik sejt azután szerintük tovább nem fejlődik, hanem degenerálódik, belőle hímsejt nem keletkezik. A nagyobbik sejtől, melynek chromosoma mennyisége a fentiek szerint mindig $n+x$, alakul ki ezután a sexualis hím spermiuma. Vagyis csak egyféle hímsejt fejlődik, n chromosoma számmal rendelkező spermium nem jön létre.

Mivel csak egyfajta hímsejtek állnak rendelkezésre, ezért a nőstény petéjének megtermékenyítésekor csak egyféle chromosoma garnitúrával ($2n+2x$) ellátott érett peték keletkeznek (homozygota). Ugyanis a peték a reductiós osztódás után is valamennyien szintén csak egyazon ($n+x$) chromosoma számmal rendelkeznek (homogameta). A megtermékenyített és áttelelt petékből tehát kizáróan nőstények kelnek ki, melyek a következő vegetációs évben megjelenő generációk ősaniját (fundatrix) képviselik.

E folyamatoknál néhány olyan cytologiai kérdés merül föl, ami megmagyarázatlan marad. Nevezetesen a hímpete érési osztódásánál, amely aequatiósan történik, miért nem osztódik a közepén maradt gonosoma is, hiszen megosztódás után közvetlenül sem lenne keresztülvihetetlen a kiküszöbölése. Mi célja van ennek, mikor az autosomák és a másik ivarchromosoma normálisan osztódnak. — A másik kérdés az (5. — p. 958.), hogy a spermiocták reductiós osztódása alkalmával, amikor az autosomák nem osztódnak, miért mutat megosztási jelenséget az egyetlen x chromosoma, és ennek dacára miért vonul végre mégis csak egészen az egyik sejtbe. Ez is csak ok nélkül történnék? És utoljára (5. — p. 958.), miért pusztul el mindig a kisebbik (n chromosomás) spermida, miért nem fejlődik ki hímsejtté? Az ivarchromosoma hiánya maga a spermidában sehol egyebütt nem

vezet a sejt degenerálódására, mert a Protenortípusú ($\sigma = 2n + x$) rovaroknál ennek éppen az a feladata, hogy a megtermékenyítés alkalmával hímpetéket hozzon létre.

E megoldatlan kérdések mindenesetre gondolkodóba ejtik az embert, s ez ösztökélt engem arra, hogy e jelenségeknek más magyarázatot adjak.

Az én felfogásom szerint a hímpete érési osztódásakor nemcsak az egyik (x) gonosoma marad osztatlan, hanem mindkettő ($2x$). Vagyis ez az osztódás csak az autosomákra nézve aequatiós, az ivarchromosomákra pedig reduktív. A megosztatlanul maradt két ($2x$) gonosoma közül az egyik az iránytestbe, a másik pedig a petébe kerül. Eszerint is egy x chromosomával kevesebb lesz az új sejtben ($2n + x$), mint volt a régiben ($2n + 2x$), vagyis fejlődhetik belőle hím.

E folyamattal a hímsejtek képződése a legszorosabb összefüggésben van. A hímsejtek reduktív osztódásánál ugyanis a conjugáló autosomák nem osztódnak, ellenben az egy (x) ivarchromosoma — szerintem — osztódik, mert itt pótolja a hímpetében elmaradt osztódását. Így mindegyik spermidába kerül egy (x) gonosoma, vagyis csak egyféle ($n + x$) hímsejtek keletkezhetnek, ami eszerint még jobban maga után vonja, hogy a megtermékenyített petéből csak nőtények fejlődhetnek.

Ezt a nagyon valószínű folyamatot több okkal támogatom: 1. Szabályként állapították meg (5. — p. 840.), hogy a leendő ivarsejtek reduktív osztódásánál az ivarchromosomák valamennyien ($2x$) a többiektől eltérő módon viselkednek. Ez rendszerint abban nyilvánul meg, hogy vagy előbb, vagy később vonulnak az új sejtekbe, mint a többiek, és hogy tovább maradnak kompakt állapotban, mint amazok, esetleg hosszabb ideig conjugálnak. Morgan mindkét ábrájában két chromosoma van a középen osztatlanul és késlekedésben, ezeknek tehát nem x (mint feltették), hanem $2x$ értékűeknek kell lenniök. — Egyébként kissé különböznek is az autosomáktól. — 2. A gonosomák eltérő viselkedése úgy is kifejeződhet, hogy a két érési osztódás alatt nem ugyanabban a mytosisban redukálódnak, mint az autosomák, vagyis egy osztódásbeli különbség lehet köztük (Wenrich, Janssens, Montgomery — 5. — p. 839. és 926.). Ezt főleg poloskáknál észlelték, de egy esetben egy légnél (Tephritis) is (Keunike, 1924. — l. c. — p. 975.). Ezeknél ugyan csak egy osztódásbeli különbség van, de azért ez igazolja, hogy ily eltolódás nem lehetetlen. — 3. Feltevésünkkel könnyen magyarázható az előbb megoldatlannak minősített három kérdés is. Nem kell pl. egyik spermidának sem degenerálnia, hogy csak $n + x$ -es hímsejtek maradjanak. Ha mégis ez a pusztulás bekövetkezik, annak nem a gonosoma hiánya az oka, hanem valami más (pl. hogy tápláló sejté lesz). — 4. Hogy a kutatók (egy megfigyelés kivételével) mindnyájan a spermida gonosomájának végül is a meg nem osztódására következtetnek (l. c., p. 955), ennek okát abban látom, hogy befolyásolhatta őket az a tény is, hogy több metsze-

ten az egyik sejtből valóban hiányozhatik az ivarchromosoma, mivel ez a következő metszetben maradt. — 5. Jól illik ide az a természeti törvény is, hogy két ivarzás között csak egy reductio lehet, ami természetesen az egyes chromosomákra is vonatkozik. — 6. Ez elméletnél a zavaró körülmények mind eltűnnek, itt csak az ivarchromosomák egyszeri osztódásmaradása a különleges, ami a másik magyarázat szerint és ténylegesen is fennáll. — 7. Én e két osztódási rendellenességben egy szaporodásbiológiai szerves összefüggést látok. Ezek nem függetlenek egymástól, mint eddig hitték, hanem az egyik a másiknak szoros következménye. Az a folyamat tehát, hogy egyszer hímek keletkeznek, maga után vonja, hogy a következő nemzedékben, habár a pete meg is termékenyítődik, csak tiszta nőtények (fundatrix) jöhetnek létre.

Amint e fejtegetésekből megállapítható, a levéltetvek nemzedékváltakozásának abban a részében, mikor szűznemzéssel hímek és a megtermékenyített petékből mindig csak nőtények származnak, egy másik egységes körfolyamatot és élettani harmóniát láthatunk.

Hogy a hímek keletkezésénél mi váltja ki az ivarchromosomák osztatlanul maradását, az egy másik probléma. Mivel a hímek kisebbek, közreműködhetik itt a mag-plasma reláció is. Ebben valószínűen a klimatikus és táplálkozási viszonyok játszókat a főszerepet, mert több esetben megfigyelték (1. — p. 678., 698. és 18. — p. 397., 410., 427.), hogy optimalis vegetációs viszonyok (üvegház, trópusi vidék) mellett hímek évekig nem jönnek létre.

Dolgozatom nyomása közben jutottam hozzá *H. Schwartz* és *W. Schwartz* egy-egy újabb idevonatkozó munkájához.* *H. Schwartz* megfigyelései szerint a leendő hímek érési, de aequatiós osztódása alkalmával az ivarchromosomák ($2x$) ténylegesen nem osztódnak. Vagyis egyik feltevésemet ő már én előttem igazolta is, melyről azonban csak most utólag (dolgozatom befejezése után) szereztem tudomást. A spermiocták érési (reductiós) osztódását azonban ő is úgy írja le, mint az előző kutatók, vagyis fel fogásommal ellenkezően. Ennekellenére is meg vagyok győződve elméletem helyességéről, sőt — miután ennek első fele *H. Schwartz* munkája alapján mint valóság áll előttünk — több joggal és nagyobb valószínűséggel remélem, hogy a második része is elfogja nyerni a tényleges bizonyítást.

VI. Összefoglalás.

Vizsgálataim eredményeképpen a következő fontosabb elveket lehet megállapítani:

1. A gubacsképzés lefolyását elsősorban a növény, s ennek physiológiai és fejlődésbeli állapota dönti el; ebben az állatnak csak másodsorban van

* *H. Schwartz*: Der Chromosomenzyklus von *Tetraneura ulmi* de Geer. — Zeitschrift f. Zellforsch. u. mikr. Anat., 15. B., 4. H., 1932.

W. Schwartz: Untersuchungen über die Symbiose von Tieren mit Pilzen und Bakterien. IV. — Arch. f. Mikrobiol., 6. B., 4. H., 1935.

szerepe. A fundatrixnak tehát e tekintetben csak helyzetbeli előnye van, de gubacsképzésre a többi nemzedék is képes.

2. A levéltetvek embryonális fejlődése alatt a nyálmirigy- és mycetomakezdemény egymással a legszorosabb összefüggésben vannak. A nyálmirigy ugyanis a mycetomakezdeményből fejlődik. Mindkét szerv sziksejtértékű syncytiumból keletkezik, és nem a magzat embryoképző három sziklevelének morphogenetikus sejtjeiből.

3. A nyálmirigy és vezetéke nem egyforma származású. Maga a mirigy ugyanis a mycetomából, a vezetéke pedig az előbél elejének ectodermális betüremkedéséből keletkezik.

4. A bélcsatorna fejlődés közben sincs semmiféle vonatkozásban a sziksejtekkel, illetve a mycetomával. Mindíg egymástól elszigetelten tűnnek fel.

5. Az Eriosomatidae család nem táplálkozó, sexuális nemzedékében sem nyálmirigy, sem normális mycetoma még az embryóban sem alakul ki. Ennek az a magyarázata, hogy a mycetocyták csak késői fejlődési állapotban és csak a nőténymagzatot fertőzik, mivel rendeltetésük csak a fejlődő pete inficiálásában áll.

6. A levéltetvek központi idegrendszere szabályosan, a szelvényezettégeknek megfelelően kezd fejlődni. Később azonban fokozatosan koncentráldódik, úgyhogy a kifejlett állatban csak három dúccsomó található: az agy, a garatalatti dúc és a tori dúcköteg, mely utóbbi az elő- és félig a közép-torban fekszik, s négy ganglionpárból áll.

7. A levéltetvek symbiontáinak működésére vonatkozó eddigi elméletek egyike sem megtámadhatatlan. A symbiosis jelentőségének kulcsát — szerintem — az a fejlődéstani megállapítás szolgáltatja, hogy a nyálmirigy a mycetomakezdeményből fejlődik, melynek célja csak az lehet, hogy a symbionták egy része a nyálmirigybe kerüljön.

8. A nyálmirigyben lakó mikroorganizmusok működése csak abban állhat, hogy gazdájuk számára a nehezen oldható növényi anyagok bontására szolgáló enzymeket termeljenek, hogy ezáltal a növényi szövetek tápanyagtartalmát az állat minél tökéletesebben kihasználhassa.

9. A növényi vírusbetegségek jellemző tüneteiből és a symbionták itt feltárt szerepéből jogosan következtethető, hogy a levéltetvek — nyálmirigyük mikroorganizmusainak váladéka révén — nemcsak egyszerű terjesztői, hanem előidézői is a vírusbetegségeknek. E betegség körképéhez hasonló jelenségeket ugyanis a növénytetvek — fertőzött szövetből való szívás nélkül is — csupán a nyáluik segítségével is hozhatnak létre.

10. Ez alapon belátható, hogy a szipókás rovarok szívása nyomán gyakrabban jelentkező növényi gubacsképződmények kialakításában is a symbionták működnek közre.

11. Arravonatkozóan, hogy a mycetoma lakói a fejlődő embryók fer-

tözésén kívül gazdájukra más módon befolyással vannak-e, jelenleg semmi biztosat nem mondhatunk.

12. A symbiosiskérdésre vonatkozóan összefoglalásképpen megállapíthatjuk, hogy a levéltetvek mycetomájának és nyálmirigyének symbiontái egymással, valamint az állat szaporodási és táplálkozás-physiologiai folyamataival, ezenkívül az utóbbi következményeképpen jelentkező növényi torzképződményekkel és vírusbetegségekkel a legszorosabb összefüggésben, harmóniában vannak.

13. A levéltetvek nemzedékváltkozásának abban a részében, mikor szűznemzéssel hímek, és a megtermékenyített petékből mindig csak nőtények fejlődnek, egy másik egységes körfolyamatot és biológiai harmóniát láthatunk.

14. E jelenség magyarázata szerintem ugyanis az, hogy a leendő hím-petéék érési, de aequatiós osztódása alkalmával az ivarchromosomák osztódása elmarad, s ezért e petékből hímek fejlődnek. Az elmaradt osztódást a gonosoma a hímsejtek reductiós osztódásakor — az előbbi következményeképpen — pótolja, s emiatt csak egyféle hímsejtek képződnek.

*

Dolgozatom befejezése alkalmával hálás köszönetet mondok *Kelle Arthur* egyetemi nyilv. r. tanár úrnak azért az érdeklődésért és támogatásért, melyben engem munkám egész menete alatt részesíteni szíves volt.

A felhasznált irodalom. — Literatur.

1. Börner, C. u. Schilder, A. F.: Aphidoidea. — In Sorauer: Handbuch der Pflanzenkrankheiten; V. Band, II. Teil, 4. Aufl., 1932.
2. Buchner, P.: Tier und Pflanze in Symbiose, 2. Aufl. Berlin, 1930.
3. Deegener, P.: Der Darmtraktus und seine Anhänge. — In Schröder: Handbuch der Entomologie; I. Band, 1928.
4. Deegener, P.: Nervensystem. — Ugyanott mint 3.
5. Depdolla, Ph.: Die Keimzellenbildung und die Befruchtung bei den Insekten. — In Schröder: Handbuch der Entomologie; I. Bd., 1928.
6. Escherich, K.: Die Forstinsekten Mitteleuropas; I. Bd., Berlin, 1914.
7. Friederichs, K.: Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie. I. u. II. Bd.; Berlin, 1930.
8. Hirschler, J.: Embryogenese der Insekten. — In Schröder: Handbuch der Entomologie; I. Bd., 1928.
9. Kelle, A.: A tölgygolyva okozója. — Erdészeti Lapok; 1937, I. füzet.
10. Köhler, E.: Viruskrankheiten. — In Sorauer: Handbuch d. Pflanzenkrankheiten; I. Bd., II. Teil, 6. Aufl. 1934.
11. Küster, E.: Die Gallen der Pflanzen. — Leipzig, 1911.
12. Küster, E.: Probleme der Pflanzengallen. — Bericht d. Oberhess. Gesellschaft f. Natur- u. Heilkunde zu Gießen; 16. Bd., 1934.
13. Ripper, W.: Zur Frage des Celluloseabbaus bei der Holzverdauung xylophager Insektenlarven. — Zeitschrift f. vergleich. Physiologie; 13. Bd., 2. Heft, 1930.

14. *Schwartz, W.*: Untersuchungen über die Symbiose von Tieren mit Pilzen und Bakterien (II). — Archiv f. Mikrobiologie; 3. Bd., 4. Heft; 1932.
 15. *Tóth, L.*: Über die frühembryonale Entwicklung der viviparen Aphiden. — Zeitschrift d. Morph. u. Ökol. d. Tiere; 27. Bd., 4. H., 1933.
 16. *Tóth, L.*: A levéltetvek intracellularis symbiozisa. — Állattani Közlemények; 32. köt., 3—4. füzet, 1935.
 17. *Tóth, L.*: Beiträge zur Kenntnis der Aphidenspeicheldrüse. — Zeitschrift f. Morph. u. Ökol. d. Tiere; 30. Bd., 4. H., 1935.
 18. *Weber, H.*: Biologie der Hemipteren. Berlin, 1930.
 19. *Weber, H.*: Lehrbuch der Entomologie. Jena, 1933.
 20. *Werder, O.*: Beitrag zur Kenntnis der Aphiden-Fauna von Basel und Umgebung. — Verhandlungen d. Naturforsch. Gesellschaft in Basel; 42. Bd.; 1930—31.
 21. *Will, L.*: Entwicklungsgeschichte der viviparen Aphiden. — Zoolog. Jahrb., Anat., 3. Bd.; 1888.
 22. *Witlaczil, E.*: Entwicklungsgeschichte der Aphiden. — Zeitschrift f. wiss. Zoologie; 40. Bd.; 1884.
-

Beiträge zur Biologie der Blattläuse.

Von L. Haracsi.

Aus dem Institut für Forstschutz des kön. ung. Palatin Josef Polytechnikums (Leiter: Prof. A. Kelle) und aus der kön. ung. Forstlichen Forschungsanstalt (Leiter: Prof. Gy. Roth) in Sopron.

Verfasser behandelt in seiner Arbeit ernährungsbiologische und entwicklungsgeschichtliche (embryologische) Untersuchungen der Blattläuse (Aphidoidea).

Er beschreibt die Ernährungsverhältnisse der Blattläuse zu den Pflanzen, in erster Linie die Bedingungen und Ursachen der Gallenbildung. Die Feststellung, daß die Gallenbildung in erster Linie von der Pflanze, bzw. deren physiologischen und Entwicklungszustand abhängt, und daß Tiere nur in zweiter Linie eine Rolle spielen, wird mit Beispielen bewiesen. Die aus dem befruchteten Ei im Frühjahr ausschlüpfende Fundatrix ist meist infolge der vorteilhaften Lage allein gallenbildend, die anderen Generationen sind aber dazu ebenfalls fähig.

Die entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen wurden mit den auf Seite 7 des ungarischen Textes aufgezählten Blattlausarten ausgeführt. Die Beobachtungen wurden an gefärbten und fixierten Schnitten im viviparen Muttertier wachsender Embryonen vollzogen, und zwar an der Virgo, wie an der Sexualform. Bei der Entwicklung des Embryos wurde in erster Linie die Ausbildung von Speicheldrüse und Mycetom, sowie jene des Nervensystems untersucht.

An dieser Stelle wird nur *die Entwicklung der Speicheldrüse* und des Mycetoms beschrieben, mit Rücksicht auf die Bedeutung und Neuartigkeit der ersteren. Die beschriebene Art der Speicheldrüsenentwicklung war bis jetzt in der Literatur nicht bekannt. Die Speicheldrüse der Insekten wird allgemein als Einstülpung des äußeren Ectoderms, oder jener des Vorderdarm-Ectoderms betrachtet. Im Gegensatz dazu hat Verfasser auf Grund seiner an einer größeren Zahl von Schnitten von Virgoembryonen des *Prociphilus bumeliae* Schrk. ausgeführten Beobachtungen die Entwicklung der Speicheldrüse folgend beobachtet:

Im Blastula- (Fig. 1), Invaginations- (Fig. 2) und auch in entwickeltesten Stadien des Embryowachstums (Fig. 3, 4), wird der mittlere, bzw. dorsale große Teil von einem ungegliederten Syncytium, der sogenannten Mycetomanlage (*myc*) gebildet, in welchem mit Ausnahme einiger größerer Zellkerne, die mit den Blattläusen in Symbiose lebenden, kleinen, kugel- und blasenförmigen Mikroorganismen: die Symbionten Platz nehmen. Diese übertragen sich früh (werden gleichsam vererbt) aus dem Mycetom des Muttertieres, das sich dem Genitalapparat anschmiegt, in die sich entwickelnden Eier, bzw. Embryonen. Im Mycetom sind anfangs (Fig. 2, 3) nur wenig (1—3) Zellkerne zu finden. In dies Organ des entwickelteren Embryos wandern dann einzelne Fettzellen (Zellkerne) über, verteilen sich darin gleichmäßig, während dem sie wachsen (Fig. 5, 6). An der bis jetzt einheitlichen Mycetomanlage zeigt sich im Laufe der weiteren Entwicklung auch eine größere Veränderung. Wenn nämlich an der Bauchseite des Keimes die Ausbuchtungen der Gliedmassenanlagen schon ausgebildet sind und der Darmtrakt einen einheitlichen Kanal darstellt, dann wird der vordere, am Kopfende liegende Teil des Mycetoms allmählich dichter, es ziehen sich mehr Zellkerne hin (auch die ursprünglichen großen Zellkerne), die Färbung ändert sich, da die ursprünglich bläulich-violettfarbige Mycetomanlage (gefärbt mit Haematoxylin von *Ehrlich*) ins bläulich-rötliche, dann braun-rötliche übergeht. Kurz nachher sondert sich dieser Teil von der Mycetomanlage durch eine anfangs seichte Einschnürung allmählich ab, die sich später vertiefend, die Trennung vollzieht (Fig. 5, 6, 7, 13). So entfalten sich aus der ursprünglich einheitlichen Mycetomanlage die Grundmassen, Anlagen zwei neuer Organe. Aus dem vorderen, am Kopfende liegenden, *veränderten Teil entwickelt sich die Speicheldrüse (gl)*, aus dem dahinter befindlichen größeren Teil das eigentliche Mycetom (*myc*).

Die Entstehung der Speicheldrüse aus dem Mycetom wird von anatomischen und auch anderen Tatsachen gefestigt. Die beweisenden Argumente sind kurz folgende: 1. Im frühen Embryonalzustand gehen die Speicheldrüsen- und Mycetomanlage ohne Scheidewand ineinander über. 2. Nach der Trennung liegen sie selbst im entwickelteren Keim noch lange übereinander, während im ausgewachsenen Tier die Speicheldrüse im Prothorax, das Mycetom im Abdomen (Fig. 8, 9, 13 und 15) zu finden ist. 3. Die Zellen und Zellkerne beider Organanlagen sind groß und einander ähnlich, bedeutend größer als die übrigen Zellkerne der Embryonalgewebe, von denen sie im Laufe des Wachstums lange scharf abweichen (Fig. 5, 7, 8, 9 und 13). 4. Die Färbung der beiden Gebilde stimmt anfangs überein, verändert sich nur später und stufenweise. 5. Das Plasma der Drüsenzellen besteht — ähnlich wie beim Mycetom — aus einer Masse kleiner Körner. Diese Körner unterscheiden sich einigermaßen in Färbung und Größe von jenen des Mycetoms, sind diesen im allgemeinen jedoch ähnlich und sind mit voller

Gewißheit mit den aus der Mycetomanlage in die Speicheldrüse übergegangenen Symbionten identisch.

Im weiteren Verlaufe der Entwicklung vollzieht sich im einheitlichen, mehrkernigen Syncytium beider Organanlagen die Zerstückelung des Plasmas, wobei die einzelnen Zellkerne sich mit größerem Plasmahalt umgeben, voneinander getrennt werden, d. h. die einzelnen Zellen werden selbständig (Fig. 8, 9, 10, 11 und 12, *gl* und *myc*). Später trennt sich die Speicheldrüse in sagittaler Richtung in zwei Hälften: die rechte und linke Speicheldrüsenlappe (Fig. 10, *gl*). Eine ähnliche Trennung vollzieht sich auch im vorderen, größeren Teil der Mycetomanlage, wobei diese einem unregelmäßigen, U-förmigen Sack ähnlich wird (Fig. 12 und 15, *myc*). Bei der nachfolgenden Embryonalentwicklung entfernen sich Speicheldrüse und Mycetom allmählich, erstere nach vorne, letztere nach hinten, so daß im fertigen Tier die Speicheldrüse in der Vorderbrust, das Mycetom, an die Genitalien anschmiegend, im Abdomen Platz nimmt (Fig. 15). Inzwischen erfolgt in der Speicheldrüse auch eine gewisse histologische Differenzierung (Fig. 14).

Der Ausführgang der Speicheldrüse beginnt seine Entwicklung unabhängig vom Drüsenkörper. Am ausgebildeteren Embryo (Fig. 13) kann man bei dem unter dem Subösophagealganglion (*gs*) befindlichen Gewebeteil, aus der dem zukünftigen Hypopharynx (*hyp*) entsprechenden Zellenanhäufung eine schmale, röhrenartige Einstülpung (*d gl*) wahrnehmen. Diese verläuft unter dem erwähnten Ganglion nach hinten und scheint nach der Speicheldrüse (*gl*) zu wachsen. Dies Gebilde kann nach seiner Lage und Struktur nur die Anlage des Speicheldrüsen-Ausführganges sein, welche weiter wachsend, sich dem Drüsenkörper anschließt. Darauf entwickelt sich die Speichelpumpe, und wahrscheinlich entsteht daraus auch die kleine Nebendrüse.

Es ist daher ersichtlich, daß während der Embryonalentwicklung der Blattläuse die Speicheldrüsen- und Mycetomanlage miteinander in engster Verbindung stehen. *Die Speicheldrüse entwickelt sich nämlich aus der Mycetomanlage.* Weiter geht hervor, daß beide Organe aus dem dotterzellenartigen Syncytium entstehen und nicht aus morphogenetischen Zellen der drei embryobildenden Keimblätter. Der Ausführgang der Speicheldrüse entsteht aus einer ectodermalen Einstülpung des Vorderdarmes, so sind die Drüse und der Ausführgang nicht gleichen histologischen Ursprunges. Es handelt sich um eine ähnliche Erscheinung, wie bei der Bildung des Genitalapparates und des Darmtraktes der Insekten.

Über die weiteren Untersuchungen und in der Arbeit besprochenen hauptsächlich Ergebnisse des Verfassers bietet folgende Zusammenfassung eine kurze Übersicht:

Im Laufe der Entwicklung ist der Darmkanal mit den Dotterzellen,

bzw. dem Mycetom in keiner Verbindung. Diese erscheinen immer abge-sondert voneinander (Fig. 3, 4, 5, 8, 11, 13).

Bei den Sexuales ohne Nahrungsaufnahme der Familie Eriosomatidae (= Pemphigidae) entwickelt sich selbst im Embryo weder die Speichel-drüse, noch das normale Mycetom. Dies erklärt sich damit, daß die My-cetocyten (Mycetomzellen) nur die weiblichen Embryonen und diese auch nur im späteren Entwicklungsstadium infizieren, da ihre Aufgabe ist, das im Embryo zur Entwicklung gelangende, einzige große Ei zu infizieren (Fig. 16, 17, 18). Rudimentäre Darmtrakte sind jedoch bei jedem Ge-schlecht zu finden.

Das Zentralnervensystem der Blattläuse beginnt sich regelmäßig, der Segmentation entsprechend zu entwickeln. In jedem Abschnitt entstehen je ein Paar Ganglien, die im Vorderteil des Embryos größer, nach hinten im Abdomen allmählich kleiner werden (Fig. 5, 19). Das Bauchmark (mit Hirn) ist im Verhältnis zum Körper des jungen Keimes sehr groß (Fig. 8, 13, 19), darum schmiegen sich die Ganglien schon anfänglich aneinander, wird aber später *relativ* immer kleiner (Fig. 9, 12, 15). In Verbindung damit konzentriert und zieht sich das Nervensystem nach vorne, so daß beim entwickelten Tier nur drei Ganglienmassen zu finden sind: Gehirn, Unterschlundganglion (g. suboesophagale), die im Kopfe über und unter dem Schlund und die thorakale Ganglienmasse, die in der Vorder- und zur Hälfte in der Mittelbrust liegen. Die beiden ersteren entwickelten sich und bestehen aus 3—3 Ganglienpaaren, die letztere setzt sich aus vier Ganglienpaaren zusammen, von denen das kleinste und letzte den kon-zentrierten Abdominalknoten bildet (Fig. 15 und 20).

Auf Bedeutung und Sinn der Symbiose beziehen sich folgende Fest-stellungen:

Keine der Theorien über die Rolle der Blattlaus-Symbionten (Stick-stoffbindung, Wachsbildung, Abbau der Stoffwechsel-Endprodukte, Vita-minbildung) ist unangreifbar. Die Bedeutung der Symbiose wird (nach dem Verfasser) durch die entwicklungsgeschichtliche Feststellung erfaßt, daß die Speicheldrüse aus der Mycetomanlage entsteht, deren Aufgabe nur sein kann, einen Teil der Symbionten in die Speicheldrüse gelangen zu lassen. Die Funktion der Speicheldrüsen-Mikroorganismen wird darin bestehen, dem Wirte Enzyme zur Zersetzung schwer löslicher Pflanzenstoffe (Zellu-lose, Hemizellulose, Stärke, Eiweiß, usw.) zu liefern, dadurch gelangt das Tier leichter zu flüssigen Nährstoffen, kann somit den Nährstoffinhalt der Pflanzengewebe vollkommener verwerten.

Ob die Bewohner des Mycetoms außer der Infizierung in Entwicklung begriffener Embryonen noch auf andere Art den Wirt beeinflussen, kann mit Sicherheit nicht behauptet werden.

Aus den charakteristischen Symptomen pflanzlicher Viruskrankheiten und den in der Arbeit beschriebenen Eigenschaften der Symbionten kann mit Recht gefolgert werden, daß die Blattläuse nicht nur einfache Verbreiter von Viruskrankheiten sind — wie man es bis jetzt glaubte —, sondern auch solche hervorrufen können. Ähnliche Krankheitserscheinungen vermögen die Blattläuse, ohne aus den infizierten Geweben zu saugen, nur mit Hilfe des Speichels zustande bringen.

Gleichfalls kann man einsehen, daß die Symbionten bei der Entstehung häufiger auftretender Gallenbildungen nach der Saugwirkung von Schnabelkerfen, auch eine Rolle spielen.

Verfasser hält die Symbionten für Sproßkonidien der Exoascales, da diese an lebenden Pflanzen auch ähnliche Mißbildungen hervorrufen können.

Über die Symbiose kann zusammenfassend gesagt werden, daß die Symbionten des Mycetoms und der Speicheldrüse bei Blattläusen miteinander, sowie mit den physiologischen Erscheinungen der Fortpflanzung und Ernährung, dann als Folge letzterer mit auftretenden pflanzlichen Mißbildungen und Viruskrankheiten in engem Zusammenhang, bzw. Harmonie sind.

Über die cytologische Auffassung des Generationswechsels der Blattläuse stellt Verfasser auf Grund von Literaturangaben und eigenen cytologischen Überlegungen eine neue Erklärung auf.

(Jener Abschnitt des Generationswechsels, wenn auf parthenogenetischem Wege Männchen und aus den befruchteten Eiern immer nur Weibchen entstehen, kann als ein zusammenhängender, einheitlicher Kreislauf und eine biologische Harmonie betrachtet werden. Die Erscheinung findet ihre Erklärung darin, daß während der Reifungs- aber Äquationsteilung zukünftiger Männcheneier die (Geschlechtschromosomen-) Gonosomenteilung unterbleibt, darum entwickeln sich aus den Eiern Männchen. Die ausgebliebene Teilung ersetzt das Gonosom bei der Reduktionsteilung der Spermiocten — als Folge der vorigen, — und darum entstehen nur gleichartige männliche Geschlechtszellen.

Erklärung der Abbildungen.

Benützte Abkürzungen:

am = amnion, innere Embryonalhülle.
 an = antenna, Fühler.
 bd = blastoderma, Urkeimblatt.
 c = caput, Kopf.
 ca = corpus adiposum, Fettkörper.
 cer = cerebrum, Gehirn.

cr = crumena, Sack zum Zurückziehen der Stechborsten.
 ct = Drüsenzentralzelle.
 dc = deuterocerebrum (= lobus olfactorius), Mittelhirn.

<i>dgl</i> = ductus glandulae, Ausführungsgang der Speicheldrüse.	<i>inv</i> = invaginatio, einstülpende Zellenanhäufung.
<i>ec</i> = ectoderma, äußeres Keimblatt.	<i>lb</i> = labium, Unterlippe.
<i>en</i> = entomesoderma, inneres Keimblatt.	<i>lo</i> = lobus opticus, Basalteil des Sehhügels.
<i>ep</i> = epidermis, hypodermis, äußere Haut.	<i>lr</i> = labrum, Oberlippe.
<i>ex</i> = extremitates, Gliedmassenanlagen	<i>ma</i> = musculi alae, Flugmuskeln.
<i>fe</i> = Drüsendeckzelle.	<i>md</i> = mesodaeum, Mitteldarm, Magen.
<i>fö</i> = Drüsenhauptzelle.	<i>myc</i> = mycetom oder mycetocyte.
<i>ga</i> = ganglion abd., Hinterleibsganglion.	<i>n</i> = nucleus, Mycetomkern.
<i>gg</i> = Ganglien der Bauchmarkanlage.	<i>oc</i> = oculus, Komplexauge.
<i>gl</i> = glandula sal, Speicheldrüse.	<i>oes</i> = oesophagus, Speiseröhre.
<i>gl₁</i> = Nebendrüse.	<i>p</i> = oocyta, Eizelle.
<i>gl₂</i> = Hauptdrüse.	<i>pc</i> = protocerebrum, Vorderhirn.
<i>gon</i> = Gonadzellen, Urgeschlechtszellen.	<i>pl</i> = Keimplatte, Keimstreifen.
<i>gs</i> = ganglion suboes., Unterschlundganglion.	<i>pr</i> = proctodaeum, Hinterdarm.
<i>gt</i> = ganglion thor., Brustganglion.	<i>ser</i> = serosa, äußere Embryonalhülle.
<i>hyp</i> = hypopharynx.	<i>st</i> = stomodaeum, Vorderdarm.
<i>in</i> = intestinum, Darm.	<i>tc</i> = trophocytes, Nährzellen des Eies.
	<i>v</i> = Sammelgang der Drüse.

Auf den Zeichnungen 9—20 sind die Zellen wegen der kleinen Vergrößerung teilweise etwas schematisch dargestellt.

Fig. 1. *Prociphilus bumeliae* Schrk. Fundatrigenia (Fg.); Blastula-Stadium. Vergr. 820.

Fig. 2. *Prociphilus bumeliae*. Fundatrigenia (Fg.); Keimanlage im Zustand der Invagination. Vergr. 600.

Fig. 3. *Prociphilus bum.* (Fg.) Embryo am Beginn der Darmkanausbildung; sagittaler Längsschnitt. Vergr. 410.

Fig. 4. *Prociphilus bum.* Junger Embryo schematisch; sagittaler Längsschnitt.

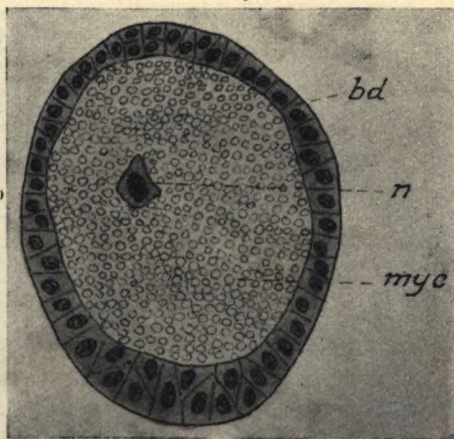
Fig. 5. *Prociphilus bum.* (Fg.) Junger Embryo; sagittaler Längsschnitt. Vergr. 190.

Fig. 6. *Prociphilus bum.* (Fg.). Embryo; sagittaler Längsschnitt; Mikrophotogramm. Vergr. 170. — Links der Kopfteil, oben die Rückseite. In der Mitte des Embryos ist ein dünnes, dunkles, röhrenartiges Gebilde als Teil des Darmtraktes sichtbar. Darunter sind die drei Thoraxganglien (mit hellen Flecken) ausnehmbar; über dem Darm gegen den Kopf liegen die dunkelgefärbte Speicheldrüse und mehr rückwärts das Mycetom, die miteinander zusammenhängen.

Fig. 7. *Prociphilus bum.* (Fg.) Embryo; unregelmäßiger Längsquerschnitt; Mikrophot. Vergr. 185. — In der längsseitigen Mittellinie des Schnittes ist ein in der Mitte etwas aufgeschwollener Teil des Darmkanals sichtbar. Daneben rechts und links oben liegen die zwei Speicheldrüsenhälften. Unterhalb letzterer ist links ein Teil des Nervensystems, rechts ein Teil des Mycetoms ausnehmbar. Rechts hängen Speicheldrüse und Mycetom zusammen.

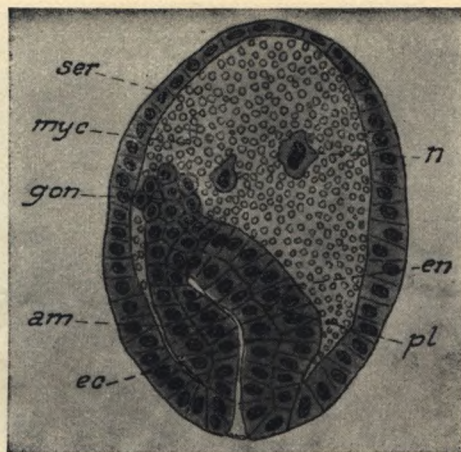
Fig. 8. *Prociphilus bum.* (Fg.). Entwickelterer Embryo; sagittaler Längsschnitt; Mikrophot. — Vergr. 160. — Links die Bauchseite, oben das Kopfende. Unter der Bauchseite ist der lange Rüssel sichtbar. Der im Körper mehr an der Bauchseite entlang ziehende, dicke Strang (mit hellen Innern) ist das Bauchmark. Rechts vom rückwärtigen Ende dieses liegt ein schlingenartiger, röhrenförmiger Teil des Darmtraktes. Rechts vom Darm ist das große Mycetom, darüber die dunkle Speicheldrüse sichtbar.

Fig. 9. *Prociphilus bum.* Embryo; etwas schräger sagittaler Längsschnitt. Vergr. 190.



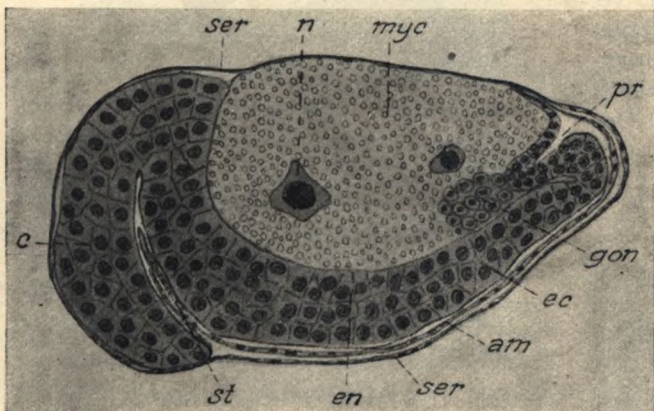
1. ábra.

Prociphilus bumeliae Schrk. Fundatrigenia (Fg.); blastula állapot. (820.)*



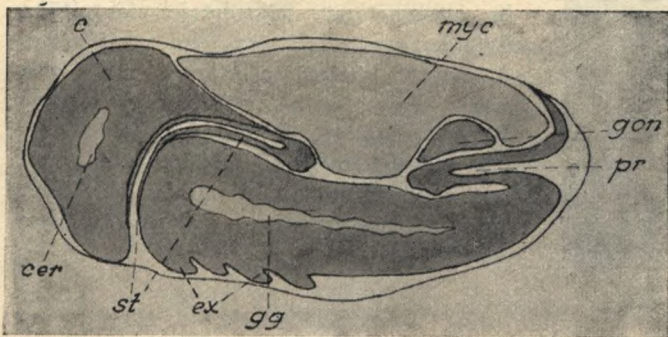
2. ábra.

Prociphilus bumeliae. Fundatrigenia (Fg.); kezdeti embryo az invagináció stádiójában. (600.)



3. ábra.

Prociphilus bum. (Fg.). Embryo a bélcsatorna kialakulásának kezdetén; sagittális hosszmetset. (410.)



4. ábra.

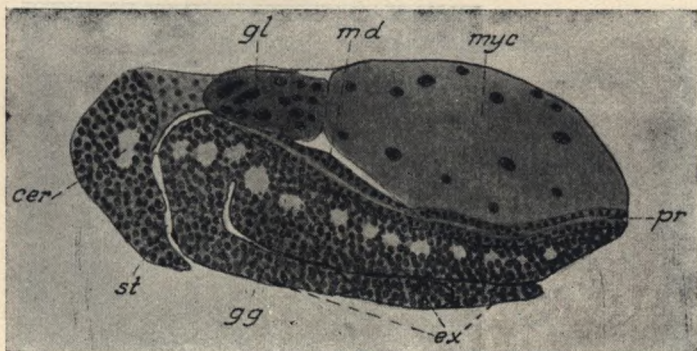
Prociphilus bum. — Fiala embryo sematikusan; sagittális hosszmetset.

A jelzések magyarázata:

am = amnion, belső embryonális burok; *bd* = blastoderma, őscsirailemez; *c* = caput, fej; *cer* = cerebrum, agykezdemény; *ec* = ectoderma, külső csirailemez; *en* = entomesoderma, belső csirailemez; *ex* = extremitates, végtagkezdemények; *gg* = a hasdúc-lánckezdemény ganglionjai; *gon* = ősvivar-sejtek; *myc* = mycetomakezdemény; *n* = nucleus, sejtmag a mycetomában; *pl* = csirasáv; *pr* = proctodaeum, utóbélkezdemény; *ser* = serosa, külső embryonális burok; *st* = stomodaeum, előbélkezdemény.

* A zárójelben levő szám a nagyítás mértékét jelzi.

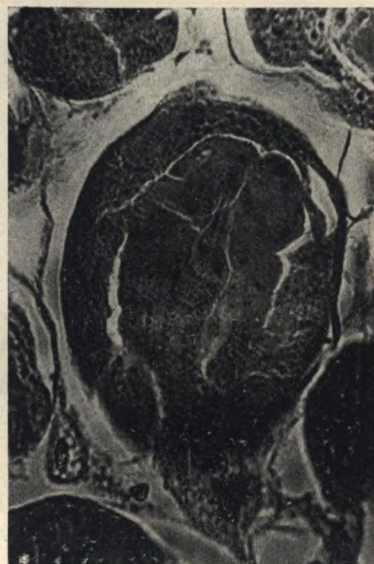
Rajzolta: *Haracsi L.*



5. ábra

Prociphilus bum. (Fg.). Fialtal embryo; sagittalis hosszmetset. (190.)

cer = cerebrum, agy; *ex* = extr, végtagkezdemények; *gg* = hasdúclánckezdemény; *gl* = glandula salivalis, nyálmirigykezdemény; *md* = mesodaeum, középbél; *myc* = mycetoma; *pr* = proctodaeum, utóbél; *st* = stomodaeum, előbél.



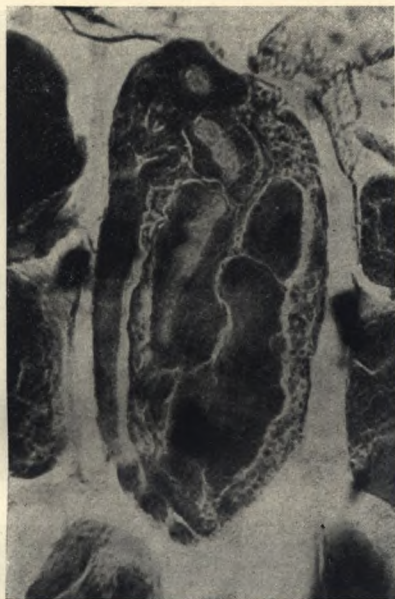
7. ábra.

Prociphilus bum. (Fg.). Embryo; szabálytalan, ferde hosszkeresztmetset; mikrofot. (185.) A metset hosszanti középvalában a középén kissé duzzadt bélcsőrészlet látható. Emellett fönt jobbra és balra a két nyálmirigyfél fekszik. Az utóbbiak alatt baloldalt az idegrendszer, jobbra pedig a mycetoma egy-egy darabja tűnik fel. Jobboldalt a nyálmirigy és a mycetoma összefüggnek.



6. ábra.

Prociphilus bum. (Fg.). Embryo; sagittalis hosszmetset; mikrofotofelvétel. (170.) Baloldalt van a feji rész, felül a háti oldal. A magzat középtáján vékony, sötét, csörszerű képlet: a bélcsatorna egy részlele látható. Ezalatt jól kitűnik a három tori dúc (világos foltokkal), fölötte pedig a fej felé a sötétszínű nyálmirigy és hátrább a mycetoma helyezkedik el, melyek egymással összefüggnek.



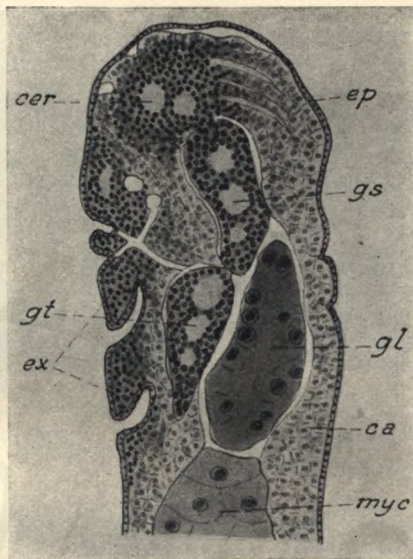
8. ábra.

Prociphilus bumeliae (Fundatrigenia).
Fejlettebb embryo; sagittalis metszet;
mikrofelvétel. (160.) Baloldalt van a
hasi oldal, fent a feji vég. A hasi rész
alatt a hosszú szipóka látszik. A testben,
inkább a hasi oldalon végighúzódó, világos
belsejű, vastag köteg az idegrendszer (has-
dúclánc). Ennek hátsó vége mellett jobbról
a hurokalakú, csőszerű bélrészlet fekszik.
A bélcsőtől jobbra a nagy mycetoma, előlött
pedig a sötét nyálmirigy látható.

A jelzések magyarázata:

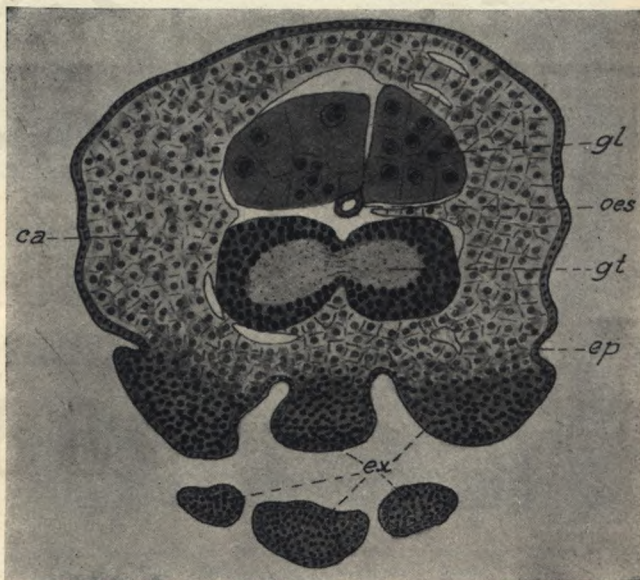
ca = corpus adiposum, zsírtest, kötő-
szövet; cer = cerebrum, agy; ex = vég-
tagkezdemények; ep = epidermis, hypoder-
mis, hám; gl = glandula, nyálmirigy; gs =
ganglion suboesophagale, garatalatti dúc;
gt = ganglion thoracale, tori dúc; myc =
mycetoma; oes = oesophagus, nyelőcső.

* A 9–20 rajzokon a sejtek ábrázolása
a használt nagyítás kicsinysége miatt rész-
ben kissé sematikusan történt.



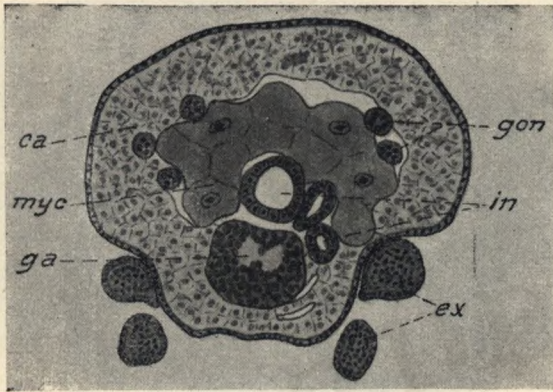
9. ábra.*

Prociphilus bum. — Embryo; kissé ferde
sagittalis hosszmetset. (190.)



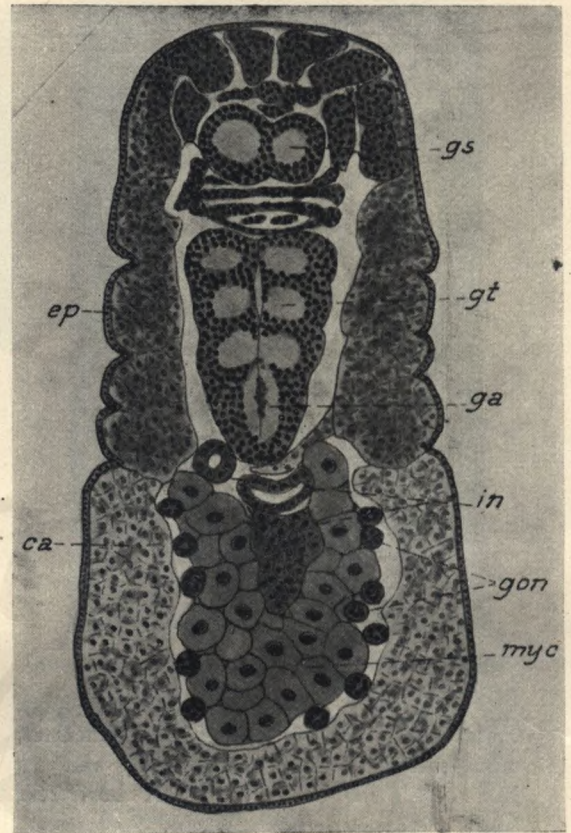
10. ábra.

Prociphilus bum. — Fejlettebb embryo;
keresztmetset a toron át. (300.)



11. ábra.

Prociphilus bum. — Embryo; keresztmet-
szet a potrohon át. (190.)



12. ábra.

Prociphilus bum. — Fejlettebb embryo;
horizontális hosszmetset. (190.)

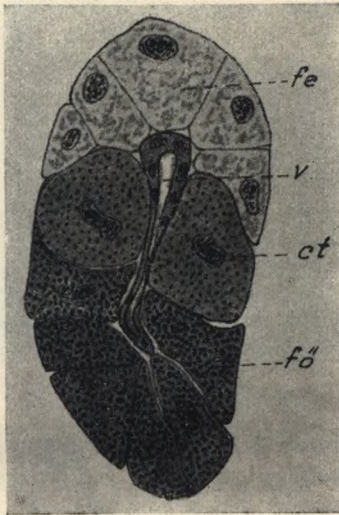


13. ábra.

Prociphilus bum. — Fejlettebb embryo;
ságtallal metszet (300.)

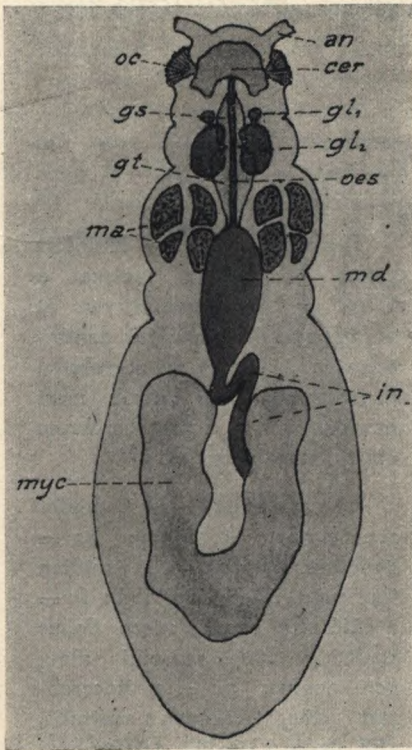
Jelölések:

ca = corpus adip., zsírtest; cer = ce-
rebrum, agy; cr = crumena, a szűrőserték
behúzására szolgáló zsák; d gl = ductus
glandulae, a nyálmirigy vezetéke; ex = ex-
tremitates; ep = epidermis; ga = ganglion
abdominale, potrohi dúc; gl = glandula,
nyálmirigy; gon = gonad- (ivarszerv-) kez-
demények; gs = ganglion suboes.; gt =
ganglion thor.; hyp = hypopharynx; in =
intestinum, (utó-) bél; lb = labium, alsó
ajak; lr = labrum, felső ajak; md = me-
sodaeum; myc = mycetoma; oes = oeso-
phagus.



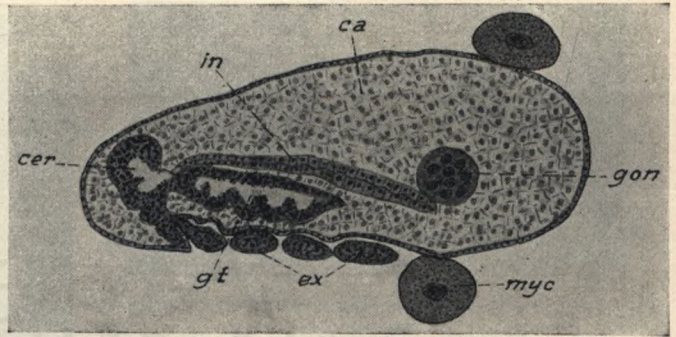
14. ábra.

Lachnus roboris L. — Kifejlett virgo egyik nyálmirigyfelének vízszintes metszete. (190.)



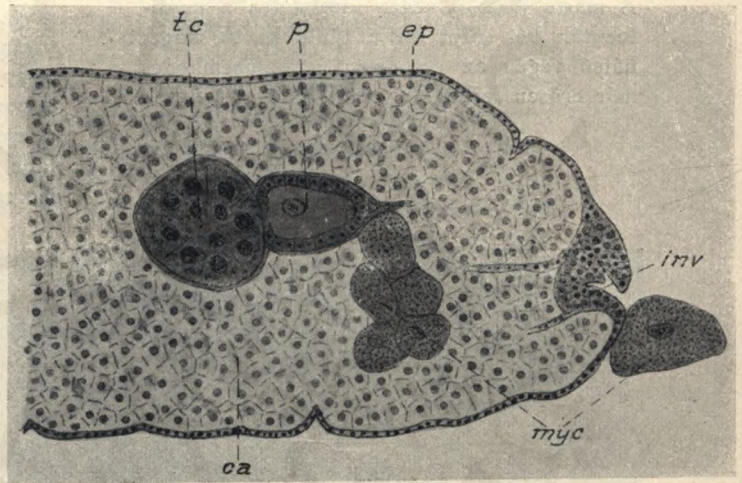
15. ábra.

Pemphigus spirothecae Pass. — Kifejlett virgo; vízszintes metszet; átnézeti kép szematikusan. (45.)



16. ábra.

Pemphigus spir. — Fiatal sexuális nőstényembryo; sagittalis metszet. (140.) Az embryohoz tapadó mycetocytá később ennek testét fertőzi.

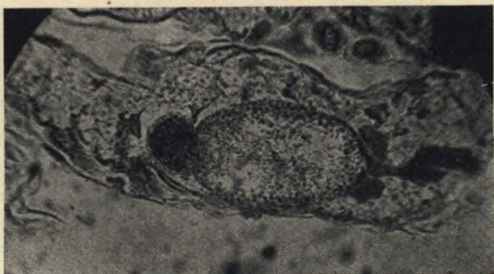


17. ábra.

Pemphigus spir. — Fejlettebb sexualis nőstényembryo potroha; sagittalis metszet. (190)

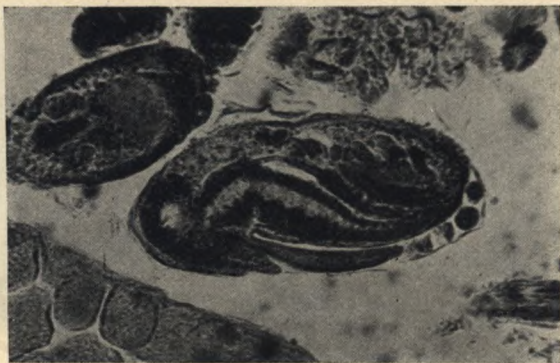
A jelzések magyarázata:

an = antenna, csáp; *ca* = corpus adip; *cer* = cerebrum; *ct* = centrális mirigysejt; *ep* = epidermis; *ex* = extremitates; *fe* = mirigyfedősejt; *fö* = mirigyfősejt; *gl₁* = mellékmirigy; *gl₂* = főmirigy; *gon* = gonadsejtek; *gs* = ganglion suboes.; *gt* = ganglion thor; *in* = intestinum; *inv* = invaginatio, betüremkedő sejtcsoport; *ma* = musculi alae, szárnyizmok; *md* = mesodaeum, gyomor; *myc* = mycetoma; *oc* = oculus, szem; *oes* = oesophagus; *p* = oocytá, petesejt; *tc* = trophocytá, a pete tápláló sejtjei; *v* = a nyálmirigy gyűjtő vezetéke.



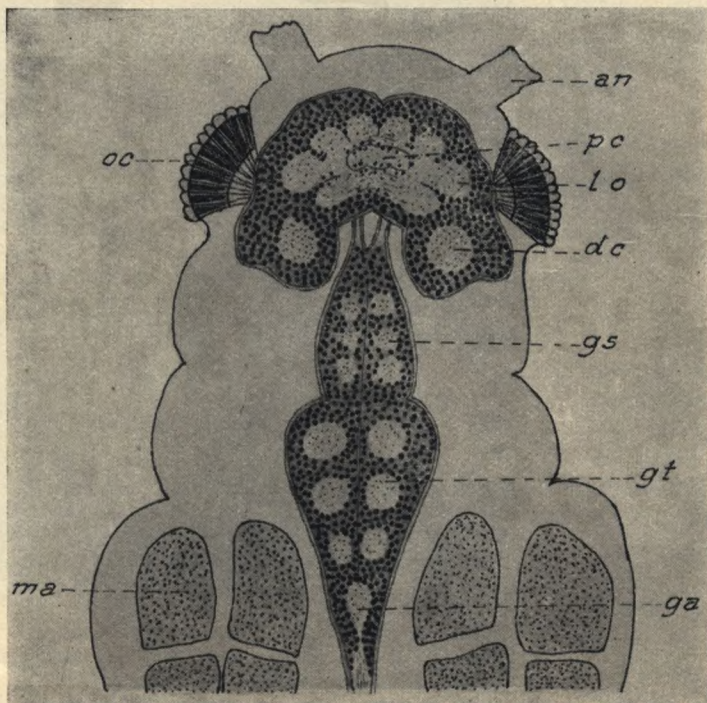
18. ábra.

Pempigus spir. — Fejlettebb sexuális nőstényembryo potroha; hosszmetset; mikrofotofelvétel. (92.) A közepén a nagy tojásalakú, szikszemcséktől pettyezett, fejlett pete látható. A baloldali végéhez tapad a sötét tápláló sejtek gömbalakú kis tömege. A másik, basalis végén idesímulva a mycetocyták két sötét foltja tűnik ki. A magzat hátsó végén az ectodermális betüremkedés már erősen fejlett.



19. ábra.

Pempigus bursarius L. (Fg.) Embryo; sagittalis hosszmetset; mikrofot. (140.) Baloldalt van a feji vég, fent a háti oldal. A magzat hasi felében a hullámvonalalakú, vastag, kívül sötét, belül világos köteg: a központi idegrendszer látható. A három dúccsoport: agy, garatalatti dúc és a törzsi dúccsor jól elkülönül egymástól. A hasdúc-lánc fölött a vékony nyelöcső a tágabb gyomorral fekszik.



20. ábra.

Pempigus spir. — Kifejlett virgo; horizontális metset a fejen és két torszelvénnyen át a központi idegrendszer feltüntetésére. (140.) A tritocerebrum a metseten nem látszik, mert ez előretolódva a protocerebrum alatt helyezkedik el.

an = antenna; *dc* = deutocerebrum, középagy; *gs* = ganglion suboes.; *gt* = ganglion thor.; *ga* = ganglion abd.; *lo* = a látótelep basalis része (lobus opticus); *ma* = musculi alae; *oc* = oculus; *pc* = protocerebrum, előagy, közepén a centralis, elől pedig a két-két gombaalakú testtel.

Fig. 10. *Prociphilus bum.* — Entwickelterer Embryo; thorakaler Querschnitt. Vergr. 300.

Fig. 11. *Prociphilus bum.* — Embryo; Abdominalquerschnitt. Vergr. 190.

Fig. 12. *Prociphilus bum.* — Entwickelterer Embryo; Horizontallängsschnitt. Vergr. 190.

Fig. 13. *Prociphilus bum.* — Entwickelterer Embryo; Sagittalschnitt. Vergr. 300.

Fig. 14. *Lachnus roboris L.* — Horizontalschnitt durch die Speicheldrüsenhälfte einer entwickelten Virgo. Vergr. 190.

Fig. 15. *Pemphigus spirothecae Pass.* — Entwickelte Virgo; Horizontalschnitt; schematische Übersicht. Vergr. 45.

Fig. 16. *Pemphigus spir.* — Junger Embryo eines Sexualweibchens; Sagittalschnitt. Vergr. 140. Die am Embryo haftende Mycetocyte infiziert diesen später.

Fig. 17. *Pemphigus spir.* — Abdomen eines entwickelteren Sexualweibchen-Embryos; Sagittalschnitt. Vergr. 190. *inv* = Invaginatio, Einstülpung an der eingerissenen Epidermis, wo die Mycetocyten (*myc*) in den Embryokörper eingedrungen sind, und wo die Zellwucherung zur Bildung des Eierganges begonnen hat.

Fig. 18. *Pemphigus spir.* — Abdomen eines entwickelten Sexualweibchen-Embryos; Längsschnitt; Mikrophot. Vergr. 92. — In der Mitte ist das große, eiförmige, mit Dotterkörnchen punktierte, schon stark entwickelte Ei sichtbar. Zum linken Ende klebt die kleine, kugelige Masse dunkler Nährzellen. Zum anderen, basalen Ende des Eies schmiegen sich zwei dunkle Flecke: die Gruppe der Mycetocyten. Am hinteren Ende des Embryos ist die wuchernde Ektodermalfalte schon stark entwickelt.

Fig. 19. *Pemphigus bursarius L.* (Fg.). — Embryo; sagittaler Längsschnitt; Mikrophot. — Vergr. 140. — Links das Kopfende, oben die Rückenseite. In der Bauchseite des Embryos ist in der Längsrichtung ein wellenlinienförmiger, dicker, außen dunkler, innen heller Strang; das Zentralnervensystem sichtbar. Die drei Ganglienmassen: Hirn, Unterschlundganglion und Rumpfstrang sondert sich gut ab. Über dem Bauchmark liegt vorne die röhrenförmige Speiseröhre, die in den erweiterten Magen übergeht.

Fig. 20. *Pemphigus spir.* — Entwickelte Virgo; Horizontalschnitt durch den Kopf und zwei Thoraxringe zur Darstellung des Zentralnervensystems. Vergr. 140. — In der Mitte des Vorderhirnes (*pc*) sind der Zentral-, vorne zwei-zwei pilzförmige Körper. Das Tritocerebrum ist im Schnitt nicht sichtbar, weil dies vorgeschoben unter dem Protocerebrum Platz nimmt.

Kritikai megjegyzések dr. Fehér kémiai vizsgálataihoz, amelyek az erdei talajokkal foglalkoznak.

Irta: Vági István.

I.

Hozzászólás dr. Fehér vizsgálataihoz, amelyek az erdei talajok P_2O_5 - és $CaCO_3$ -tartalmával foglalkoznak.

Dr. Fehér már egynehány esztendeje az erdei talajok biológiai jelenségeivel foglalkozik, közben azonban a talajok káli-, foszfor- és $CaCO_3$ -háztartását is vizsgálta, továbbá a talaj reakciójával is foglalkozott, amely kutatások egy csomó dolgozatban láttak napvilágot.

Áttanulmányoztam *dr. Fehér* dolgozatait, mikor különböző ellenőrző vizsgálatokat is végeztem és rájöttem arra, hogy *dr. Fehér* különböző tévedéseket követett el, amelyeket én mint az erdőmérnöki osztály termőhelyismerettan tanára, nem hagyhatok szó nélkül és azért megjegyzéseimet ezen dolgozat keretén belül a nyilvánosságra hozom.

Dr. Fehér foszforsavvizsgálatai kiterjednek a foszforsav regionális elterjedésére, továbbá a citromsavban oldódó foszforsavnak állítólagos évi változására, továbbá az erdei talajok $CaCO_3$ -tartalmára is. Engedtessék meg nekem, hogy talajtani és agrikultúrkémiai szempontból *dr. Fehér* különböző analitikai eredményeit és a belőlük levont következtetéseket megfelelő kritikai vizsgálat tárgyává tegyem.

Legelőször megállapítom azt, hogy az erdei talajok foszforsavtartalmának szempontjából alapos kifogás tehető *dr. Fehér* megállapításaival szemben, amelyeket ő a „Phosphorsäure“ 1932. évi évfolyamainak 2. füzetében „Regionale Untersuchungen über den P_2O_5 -Gehalt der Waldböden“ című dolgozatában kifejti.

Dr. Fehér ebben a dolgozatban egy csomó erdei talajnak, amelyek Magyarországtól Finnorszáig terülnek el, meghatározta az össz P_2O_5 -tartalmát és őket a földrajzi szélesség szerint a következő módon fogta össze.

Szeged $46^{\circ} 20' 61, 33'6$ mg P_2O_5 100 gr talajban,

Kecskemét $46^{\circ} 53' 18'1, 56'16$ mg P_2O_5 100 gr talajban,

Sopron $47^{\circ} 47' 44'5, 44'5, 39'6, 8'91$ mg P_2O_5 100 gr talajban,

Eberswalde 52° 50' 29'7, 50'16 mg P₂O₅ 100 gr talajban,
 Hallands Väderö 56° 20' 79'86, 59'4, 47'5 mg P₂O₅ 100 gr talajban,
 Namdalseid 63° 25' 67'98 mg P₂O₅ 100 gr talajban,
 Raivola 60° 25' 54'12, 101'31 mg P₂O₅ 100 gr talajban,
 Kivaló 66° 35' 85'8, 56'7, 72'6, 46'2 mg P₂O₅ 100 gr talajban,
 Petsamo 69° 10' 97'68, 43'56, 51'81 mg P₂O₅ 100 gr talajban,
 Kirkenes 69° 43' 91'74 mg P₂O₅ 100 gr talajban.

Ezekből az adatokból dr. Fehér a következő megállapítást teszi: „Az erdei talajok összfoszforsavtartalma feltűnően növekedik az északi szélességi fokokkal. Ennek a jelenségnek valószínűleg az lesz az oka, hogy ezen talajok P₂O₅-készlete a hosszú vágásforduló miatt, amelyet északon használnak, kevésbé használandó ki, mint Európa kultúrtalajaiban“.

Dr. Fehér ezen megállapítása és annak indokolása első pillanatra nagyon tetszetős, ha azonban összehasonlítjuk dr. Fehér foszforsavadatait más kutatók adataival, amely adatok a legkülönbözőbb földrajzi szélességből valók, akkor ki fog tűnni, hogy ezek az adatok abszolút ellentétben vannak dr. Fehér állításaival. Nézzük már most meg messze déltől kezdve különböző földrajzi szélességek alatt fekvő erdei talajok P₂O₅-tartalmát, úgy ahogy azt más kutatók meghatározták.

a) Erdei talajok a 43—46° északi szélességi fokok között:

1. Montpellier 43 északi szélességi fok.

Egy talajpróba Carriere de Colombiere-ből való 10—20 cm közötti mélységből. A talaj juramész felett képződött és rajta Quercus Ilex bokros erdeje alakult ki. 100 gr talajban 100 mg P₂O₅ az összfoszforsav. Egy másik talajpróba Montpellier közelében levő La Banguire-ből való. A talaj diluviális kavicsból keletkezett és rajta Quercus Ilex és Quercus pubescens díszlik. A talajban 2—7 cm között 90, 17—77 cm között 130 mg P₂O₅ található.¹⁾

2. A Sava völgye 45° É szélesség.

5 talajszelvény vizsgálatott meg tölgy alatt. A talaj 3 órán át vízfürdön kivonatoltatott 10%-os HCl-val. A nyert P₂O₅-értékek tehát sósavas kivonatra vonatkoznak és az összfoszforsavból még több kell, hogy legyen ezekben a talajokban.²⁾

I. talaj.		II. talaj.	
Moscenicki lág		Certak Veliki	
8—25 cm	170 mg P ₂ O ₅	10—20 cm	150 mg P ₂ O ₅
30—60 „	140 „ „	30—60 „	200 „ „

¹⁾ Chemie der Erde, 1934/35. IX. köt. Blanck J., Braun Blanquet és W. Heuskeskoven: „Über einige Bodenprofile und deren zugehörige Waldvegetation aus der Umgebung von Montpellier.“ 200. old.

²⁾ Glasnik za sumske pokuse 1926, Zagreb. Dr. Seiwerth: „Beruht das Eingehen der slavonischen Eiche auf der Bodenveränderung.“ 128—148. old.

III. talaj.

Visnicki Bok

5—20 cm 160 mg P_2O_5
 20—40 „ 140 „ „

IV. talaj.

Merolino

5—40 cm 160 mg P_2O_5
 40—50 „ 130 „ „

3. Seny vidéke az adriai tengerparton 45. É szélességi fok.

I. Talaj tölgyerdő alatt, amely talaj diabazporfirit felett keletkezett

5—15 cm között 90 mg P_2O_5 (sósavas kivonat, mint fent).

II. Talaj bükkerdőből, amely mészkő felett díszik

6—16 cm között 180 mg P_2O_5
 60—120 „ „ 120 „ „

III. Talaj fenyő és bükk alatt

7—16 cm között 40 mg P_2O_5 (sósavas kivonat).

4. A Dráva völgye. 46. É szélességi fok. A talajok tölgy alól valók és a sósavas kivonatuk úgy készült, mint az előbbi horvátországi két csoportnál.³⁾

I. talaj. Telek.

10—25 cm 90 mg P_2O_5
 35—60 „ 60 „ „

II. talaj. Krajnica.

5—20 cm 140 mg P_2O_5
 25—60 „ 120 „ „

III. talaj. Telek.

5—15 cm 110 mg P_2O_5
 40—60 „ 140 „ „

IV. talaj. Storgina greda.

5—15 cm 130 mg P_2O_5
 40—60 „ 140 „ „

V. talaj. Banov brod.

5—15 cm 120 mg P_2O_5
 25—45 „ 150 „ „

IV. talaj. Polom.

5—15 cm 220 mg P_2O_5
 25—40 „ 260 „ „

Ha már most összefoglalom ezeket a talajokat a 43—46. északi szélességi fokok között, akkor kitűnik, hogy ezek közül egyesekben az össz- P_2O_5 90, 130, 100 mg P_2O_5 tesz ki, míg másoknál feltűnő a sósavban oldódó sok P_2O_5 (170, 160, 150, 160, 140, 120, 190, 110, 140, 120, 130, 220, 260, 40, 90, 180, 120 mg). A P_2O_5 mennyisége szerint ezekben a talajokban közepes P_2O_5 mennyiségek fordulnak elő, miután a talajban 0,3% P_2O_5 már a ritkaságok közé tartozik. Ezek a talajok humid klíma alatt keletkeztek, mert Montpellierben 754 mm, a Száva völgyében 900—1000 mm, a Dráva völgyében 800—900 mm, Seny vidékén pedig 1400—1500 mm az évi csapadék. Tehát ezek a talajok sokkal több P_2O_5 -ot tartalmaznak, mint *dr.*

³⁾ Glasnik za sumske pokuse, 1927. Zagreb. Dr. Adolpho Seifert: „Beiträge zur Kenntnis der Eichenwaldböden der Drau-Niederung.“ 211. old.

Fehér finnországi talajai, amelyekre *Fehér* azt mondja, hogy azokban feltűnő sok a P_2O_5 .

b) Erdei talajok a $47-51^{\circ} 30'$ északi szélesség között.

1. Schwarzwaldi talaj Mollbronnen mellől 48 északi szélességi fok alatt.

A talaj gránit felett keletkezett és rajta 150 éves elegyes lúcs- és jegenyefenyves díszlik.

5—40 cm között a talajban 290 mg P_2O_5 van. (Handbuch der Bodenlehre III. kötet, 150 oldal.)

2. Egy más talajpróba a Schwarzwaldból szintén gránit felett.⁴⁾

0—30 cm között benne 140 mg az össz P_2O_5 .

3. Erdei talaj Tutlingenből 48. északi szélességi fok. A talaj bükk alatt van, mészkő felett fekszik és sósavval kivonaltatott.⁵⁾

1—10 cm között 278 mg P_2O_5 .

50 cm mélységben 431 mg P_2O_5

4. Erdei talaj Altmühl vidékéről, mészkő felett, bükk és jegenyefenyőerdőből, 49. északi szélességi fok alatt.⁶⁾

I. talaj.

II. talaj.

0—5 cm 170 mg P_2O_5 (sós. kiv.)

0—2 cm 160 mg P_2O_5 (sós. kiv.)

5—30 „ 140 „ „ „ „

2—22 „ 170 „ „ „ „

III. talaj.

0—2 cm 160 mg P_2O_5 (sós. kiv.)

2—27 „ 150 „ „ „ „

5. Talajok a leinefeldi és reinhauseni gondnokszágból, Göttinga közelében.

1. Reinhauseni talaj bükk alatt, mészen keletkezett.

1—5 cm 330 mg P_2O_5 (sós. kivonat).

II. Leinefeldi bükktalaj.

1—5 cm 215 mg P_2O_5 (sós. kiv.)

5—30 „ 173 „ „ „ „

6. Ebbe a csoportba tartoznak a talajok Sopron vidékéről is, amelyekben *dr. Fehér* szerint 44'5, 44'5, 39'6 és 8'91 mg P_2O_5 fordul elő. *Dr. Fehér* adataiban az a feltűnő, hogy nagyon eltérnek a dél- és középnyugat-erdei ta-

⁴⁾ Chemie der Erde, 1930. I. köt. *Blanck és Hesse*: „Über sogenannte Kaolinisierung eines Granits unter Rohhumusbedeckung im Schwarzwald.“

⁵⁾ Forstliche Wochenschrift, Silva, 1933. 32. füzet. *Hartmann*: „Zur soziologisch-ökologischen Charakteristik der Waldbestände Norddeutschlands.“

⁶⁾ Chemie der Erde, 1935. X. köt., 1. füzet. *Blanck és Ev. Oldershausen*: „Über rezente und fossile Roterdebildung, insbesondere im Gebiet der südlichen Frankenalb des Altmühltalgebirges.“ Táblázatok a 35., 39., 51. old.

lajok P_2O_5 -adataitól és ezek csak a sósavas kivonatban négyszer annyi P_2O_5 tartalmaznak, mint *dr. Fehér*nél az össz P_2O_5 . *Dr. Fehér* azt mondja, hogy soproni talajban az össz P_2O_5 több mint az ő mezősegi talajainál. Hogy a magyar futóhomok területeken kevés a P_2O_5 , az közismert, de azért *dr. Fehér* adataiból egyáltalában nem tűnik ki, hogy a soproni talajok több P_2O_5 -t tartalmaznának, amennyiben a 4. kecskeméti és szegedi homoktalajban van 61, 33'6, 18'1, 55'16 mg P_2O_5 , a soproni talajokban pedig 44'5, 44'5, 39'6 és 8'9 mg P_2O_5 . Hogy ezekből a számadatokból *dr. Fehér* hogy veheti ki, hogy a soproni talajokban több a P_2O_5 , az egy kissé érthetetlen.

Dr. Fehér a sopronvidéki talajokról azt állítja, hogy ebbe a második csoportba a subalpin kísérleti területek tartoznak, mikor különösképpen az összfoszforsav mindig valamivel magasabb, mint a mezősegi erdei talajoknál.⁷⁾

Előbb már kimutattam, hogy ez még *dr. Fehér* adataiból sem mutatható ki meggyőzően, *de különben dr. Fehér ezen megállapítása abszolút el-lentétben van* azzal is, amit az Erdészeti Lapok 1936. évfolyamának augusztusi füzetében a 685-ik oldalon állít, hogy „az újabb vizsgálataink is megerősítették azt a már korábbi kutatásainknál megállapított tényt, hogy a királyhalmi erdőtípusok talajának a foszforsav tartalma a kötött erdőtalajokéval vetekszik. Hát akkor melyik helyes a két megállapítás között? Továbbá *dr. Fehér* azt állítja (685. oldal, alulról 3-ik sor), hogy „Ezek az adatok is azt mutatják, hogy vizsgálati adataink nagy vonásokban a külföldi hasonló természetű adatok közé nagyon jól beleilleszthetők“, akkor, mikor a 685., oldalon egynéhány sorral feljebb hozza *Nemec* adatait, hogy az erdei homoktalajban 18, a homokos agyagban 26, a vályogban pedig 98 mg P_2O_5 van 100 gr talajban. Vagyis *Nemec* egész más eredményre jut, mint *dr. Fehér*, mert hiszen önála ötször annyi a P_2O_5 vályogban, mint a homoktalajban, viszont *dr. Fehér*nél a kötött talajban ugyanannyi a P_2O_5 , mint az alföldi futóhomokon. Hát ezekután miként mondhatja *dr. Fehér*, hogy az ő P_2O_5 -adatai hasonló külföldi adatok közé beilleszthetők?

Dr. Fehér a soproni talajai közé felvett egy ellenőrző területet is, amelyben az össz P_2O_5 -t 8'91 mg-ban állapította meg. Felfogásom szerint ez az érték teljesen helytelen, amit a következővel indokolok meg. *Dr. Fehér* tudniillik a Phosphorsäure 1934. évi évfolyamában a 4. kötetben egy dolgozatot jelentetett meg, amely a foszforsav periódikus változásával foglalkozik, amely dolgozatban ez az ellenőrző terület is szerepel. Tudniillik *dr. Fehér* kimutatja, hogy ezen a területen az 1%-os citromsav 11'84 mg P_2O_5 -t old ki akkor, amikor az össz P_2O_5 8'9 mg. Így tehát vagy az egyik, vagy a másik meghatározás abszolút rossz. Továbbá én erről a kísérleti ellenőrző területről meghatároztam az össz P_2O_5 mennyiségét, mikor három ellenőrző próba 92'88, 92'42 és 91'71 mg P_2O_5 adott 100 gr talajban. Hát

⁷⁾ Phosphorsäure, 1932. II. köt., 12. füzet, 717. old.

miként hasonlíthatók össze ezek az eredmények *dr. Fehér* 8'9 mg P_2O_5 számbeli értékével.

Dr. Fehér 24-es számú ellenőrző területe főiskolánk botanikus kertjében fekszik és azon, a terület túlnyomó részében, erősen meszes a talaj (5–6% $CaCO_3$), míg a terület két kisebb foltján a talaj sósavval nem pezseg. Én ellenőrzés gyanánt most már a mészben szegény foltról és a mészben gazdag részről vettem 10–20 cm között talajpróbát és meghatároztam az össz P_2O_5 -ot. A mészben szegény talajpróbában, amely 0'9% $CaCO_3$ -ot tartalmazott, az össz P_2O_5 volt 94 mg, tehát körülbelül annyi, mint a *dr. Fehér* által szállított mészben szegény próbában (0'55, 0'58% $CaCO_3$), (92'88, 92'42 és 91'71 mg P_2O_5). Viszont a meszes próbában volt 138'6 és 151'6 mg P_2O_5 . Tehát *dr. Fehér* az ellenőrző területéről 10–15-ször kevesebb P_2O_5 -ot határozott meg és ez az ellenőrző terület úgy szerepel, mint olyan terület *dr. Fehér* különböző dolgozataiban, amely még sokkal kevesebb tápanyagot tartalmaz, mint a *dr. Fehér* által megvizsgált erdei talajok, mikor ő a talaj tápanyagszegénységét azzal magyarázza, hogy ezt a területet konyhakertnek használták és nem trágyázták és ezáltal teljesen kizsarolták. És mikor ez a talaj mind valami egész különlegesség szerepel *dr. Fehér* különböző dolgozataiban, akkor a Sylva 1937 október 22. számában kisül, hogy ez a talaj sokkal több össz P_2O_5 -ot tartalmaz, mint az összes *dr. Fehér* által megvizsgált erdei talajok és annak össz P_2O_5 -tartalma most egyszerre 8'91 mg-ról 146 mg-ra emelkedik, sőt 'Sigmond eljárása szerint híg salétromsavval kivonatolva, a talaj átlagban 40 mg P_2O_5 -ot tartalmaz. És ezen a forradalmi változáson *dr. Fehér* egyszerűen úgy teszi magát túl, hogy azt írja, hogy az előbbi analízisnél a talaj inhomogenitása és a rossz próbafelvétel miatt hiba csúszott bele. Továbbá *dr. Fehér* ezen új dolgozatában azt az igen érdekes megállapítást teszi, hogy *Lorenz* szerint gravimetricusan meghatározva a talaj össz P_2O_5 -tartalma 146 mg, kolorimetricusan *Zinzadze* szerint pedig csak 88'9 mg. Kérem *dr. Fehért*, miként lehetséges ez az óriási különbség, miután a két meghatározási mód szerint alig valami kevés különbség lehet.

Én azt hiszem, hogy a *Zinzadze* szerinti meghatározásnál valami hiba csúszhatott bele, mert ha a *Zinzadze*-eljárás szerint valóban annyival kevesebb P_2O_5 mutatható ki, akkor *dr. Fehérnek* az a több száz P_2O_5 -meghatározása, amelyek az alföldi futóhomok talajokra vonatkoznak, egytől-egyig hibás, tehát megbízhatatlan.

Hogy milyen nagy P_2O_5 -tömegek fordulnak elő a talajban az 51. északi szélességi fok alatt, mutatják a westerwaldi és a rhönvidéki bükkösök, bazaltton. A westerwaldi bükkösökben három talajszelvényben a feltalajban az össz P_2O_5 310, 400, 390 mg-ot tett ki,⁸⁾ míg a Rhönben *Miklas* készített

⁸⁾ *M. N. Ramaswamy M. Sc.*: „Vergleichende Buchenstandsuntersuchungen auf Basalt in der Rhön und der Oberpfalz.“ 1935. 48. old.

sósavas kivonatot a feltalajból, mikor 480 és 670 mg P_2O_5 oldódott fel a sósavban. (Ramasvamy M. Sc. 51. oldal.) Hol maradnak el ilyen nagy P_2O_5 -tömegekkel szemben *dr. Fehér* finn talajainak P_2O_5 adatai.

Még az $51^\circ 30'$ szélességi foktól délre ismerjük a mündenvidéki és a lohravidéki (Erfurt) körüli erdei talajok P_2O_5 -tartalmát. A mündenvidéki egyik erdei talaj tarka homokkőből keletkezett, lúccsal. Benne erős Ortstein-réteg alakult ki és 20—40 cm között az össz P_2O_5 csak 14 mg tesz ki, míg az Ortstein-rétegben a P_2O_5 tömege már 47 mg-ra emelkedett. A másik talajnál, amelyben nincs Ortstein, 10—40 cm között 52 mg P_2O_5 található, míg az altalajban 31 mg. (Z. f. Forst- u. Jagdwesen, 1908. 2. füzet. *Dr. Hornberger*: „Ein Beitrag zur Kenntnis der Zusammensetzung von Buntsandsteinböden. Táblázat a 98. oldalon.)

A lohraerdei talajok bükk alatt keletkeztek, mészkő felett.

I. talaj.		II. talaj.	
0—2 cm	580 mg P_2O_5	0—5 cm	210 mg P_2O_5
2—33 „	180 „ „	5—28 „	220 „ „
33—49 „	130 „ „	28—33 „	200 „ „

(Z. f. Forst- und Jagdwesen 1883. 3. füzet. *C. Coucler*: „Untersuchung über Waldstreu“. Táblázat a 128. oldalon.)

Összefoglalva az ebben a csoportban levő erdei talajokat, kitűnik, hogy bennük a P_2O_5 akár az összfoszforsav alakjában, akár sósavas kivonásban, körülbelül olyan mennyiségben fordul elő, mint a délebbi csoport talajaiban és bennük feltűnő kis értékkel szerepelnek a *dr. Fehér* által megvizsgált soproni talajok.

Erdei talajok Észak- és Nyugat-Németországból és Dél-Svédországból ($51^\circ 30'$ — $56^\circ 25'$).

Dr. Fehér ebben az övben két eberswaldei és három hallands-wäderői talajt vizsgált meg. Az eberswaldei talajokban *dr. Fehér* 29'7 és 50'16 mg P_2O_5 , a hallands-wäderői talajokban pedig 79'86, 59'4 és 47'5 mg-ot talált. Ezekről a talajokról *dr. Fehér* a következőket írja: „Az erdei talajok harmadik csoportjánál az összfoszforsav már láthatóan növekedik.“ Ez először ellentétben van a saját vizsgálataimmal, amennyiben én is meghatároztam két kecskeméti homoktalajnak és négy sopronvidéki kötöttebb talaj összfoszforsavát. A két kecskeméti homok közül az egyikben kitűnően növényes volt és az összfoszforsav 10—20 cm között 67'1, 63'7 mg P_2O_5 -nak felelt meg, míg a másikban, amelyen igen silány növényes volt, az össz P_2O_5 csak 44'6, 44'6 mg-mot tett ki. A soproni első talaj Sopron mellől való, gneiszből keletkezett, lúccsal és vörösfenyő alatt 10—20 cm között és benne 63'7 mg P_2O_5 volt kimutatható. A második talaj lúccsal alakult ki, össz P_2O_5 -tartalma 65 és 66'7 mg-ot tett ki, míg a harmadik talaj vegyes lombföldből származik és össz P_2O_5 -tartalma 75'2 mg. A negyedik vegyes lomb-

erdőből származik és gneiszből képződött és össz P_2O_5 -tartalma 79'46, 84'53 mg P_2O_5 . Vagyis látható, hogy Sopron környékén 63'7, 65, 66'7, 75'2, 79'46 és 84'53 mg P_2O_5 tartalmazó talajok vannak, amelyek egyáltalán nem maradnak vissza dr. Fehér eberswaldei és hallandwäderői taljai mögött (29'7, 50'16, 79'86, 59'4, 47'5 mg P_2O_5).

Vizsgáljuk már most meg kritikailag dr. Fehér eberswaldei analiziseit, miután éppen Eberswalde vidékéről elég sok analízis áll rendelkezésre más kutató által készítve.

Így Ramann⁹⁾ megvizsgálta az eberswaldevidéki diluviális homoktalajokat.

I. talaj.		II. talaj.	
0—16 cm	90 mg P_2O_5 (össz.)	0—16 cm	110 mg P_2O_5
16—46 „	110 „ „	16—36 „	140 „ „
46 cm alul	100 „ „	36 cm alul	240 „ „
III. talaj.		IV. talaj.	
0—12 cm	110 mg P_2O_5	0—10 cm	105 mg P_2O_5
12—22 „	190 „ „	10—55 „	120 „ „
22—40 „	70 „ „	55 cm alatt	80 „ „
V. talaj.			
0—18 cm		60 mg P_2O_5	
18—48 „		70 „ „	
48 cm alatt		75 „ „	

De Ramann¹⁰⁾ meszes vályogos talajokat is megvizsgált Eberswalde vidékéről.

I. talaj.		II. talaj.	
0—35 cm	190 mg P_2O_5	0—70 cm	230 mg P_2O_5
35—100 „	156 „ „	70—100 „	120 „ „
III. talaj.			
0—23 cm		150 mg P_2O_5	
23—100 „		190 „ „	

Hogy sok német északi erdei talajban sokkal több P_2O_5 van, mint dr. Fehér talajaiban, ezt Albert vizsgálatai is igazolják, aki németországi tápanyagban legszegényebb erdei talajokat vizsgált meg a lüneburgi és lieberosei Heideben. Albert vizsgálatai tudniillik azt mutatják, hogy még a lüneburgi Heideben is erdő alatt a sósavas kivonatban több a P_2O_5 , mint dr.

⁹⁾ Ramann: „Über die Verwitterung diluvialer Sande.“ Jahrbuch der königl. preuß. geologischen Landesanstalt und Bergakademie, 1884.

¹⁰⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1890. évf., 7. füzet. Ramann: „Die Einwirkung der Streuentnahme auf Lehm Böden.“ Táblázatok az 537., 539. és 541. old.

Fehérnél az eberswaldei talajokban az össz P_2O_5 . Idézem Albert¹¹⁾ következő adatait:

	0—10 cm	20—30 cm
I. talajpróba	100 mg P_2O_5	83 mg P_2O_5
II. " "	61 " "	51 " "
III. " "	67 " "	69 " "
VIII. talajpróba.		IV. talaj.
0—20 cm	45 mg P_2O_5	0—20 cm 53 mg P_2O_5
50—60 " "	39 " "	30—40 " 44 " "
V. talaj.		VI. talaj.
0—20 cm	37 mg P_2O_5	0—20 cm 70 mg P_2O_5
30—40 " "	52 " "	40—50 " 50 " "

Ezzel szemben *dr. Fehér* eberswaldei össz P_2O_5 adatai 29'7 és 50'16 mg P_2O_5 .

Albert¹²⁾ a lieberosei erdei fenyvesek talaját is megvizsgálta, amely talajokat ő Németország tápanyagban legszegényebb talajainak nevezett el és amelyekben a sósavban oldódó P_2O_5 mégis sokkal több, mint a *dr. Fehér*-féle eberswaldei talajokban az össz P_2O_5 .

	0—20 cm	20—40 cm	
I. talaj	58 mg P_2O_5	55 mg P_2O_5	} sósavas kivonat.
II. " "	62 " "	48 " "	
III. " "	42 " "	29 " "	
IV. " "	27 " "	25 " "	

A II. és IV. számú talajokban az össz P_2O_5 110 és 120 mg.

Albert még legújabbban is analitikai adatokat közöl az alsólausitzi. pörteni és lieberosei erdeifenyves talajokról, amelyekről úgy nyilatkozik, hogy azok még a homoktalajokra is feltűnő kevés össz P_2O_5 -ot, de sósavoldatban is igen kevés P_2O_5 -ot tartalmaznak.

A pörteni és lieberosei talajban a sósav a következő P_2O_5 -mennyiségeket oldja ki.

	Pörten	Lieberosa
0—25 cm	7 mg P_2O_5	0—30 cm 30 mg P_2O_5
25—50 " "	45 " "	30—50 " 3 " "
50—100 " "	6 " "	90—100 " 3 " "

¹¹⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1912, 3. füzet. Albert: „Bodenuntersuchungen im Gebiete der Lüneburger Heide.“ I—IV. táblázat.

¹²⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1924, 4. füzet. Albert: „Die ausschlaggebende Bedeutung des Wasserhaushaltes für die Ertragsleistungen unserer diluvialen Sande.“ 193., 202. old.

A lieberosei talajban a különböző talajrétegekben a következő össz P_2O_5 -mennyiségek fordulnak elő:

1—30 cm	50 mg	P_2O_5
30—50 „	30 „	„
90—100 „	20 „	„

A pőrteni talajban viszont 90—100 cm között az össz P_2O_5 30 mg tesz ki.

Albert a lieberosei és pőrteni talajokat az eberswaldei talajokkal hasonlítja össze, mikor megmondja, hogy azok elmállási állapota jobb, de ásványi összetétele a diluviális homoknak sokkal jobb, mint a lieberosei és pőrteni talajoknál, amit *Albert* analitikailag is igazol, amennyiben kimutatja, hogy a sósav az eberswaldei talajból 0—20 cm mélységig 90 mg P_2O_5 old ki, míg 90—100 cm. mélységben az össz P_2O_5 100 mg tesz ki.¹³⁾ És ekkor *dr. Fehér* eberswaldei talajainak össz P_2O_5 -tartalma csak 29'7 és 50'16 mg P_2O_5 -ot tesznek ki, amely számokra *dr. Fehér* azt állítja, hogy ezek azt bizonyítják, hogy észak felé növekedik a P_2O_5 -tartalom, amely állítás egyenesen érthetetlen, mert hiszen a talajtani irodalomban *dr. Fehér* publikációja idején elég régebbi adat állott rendelkezésre, amelyek igazolják, hogy sokkal délibb szélességek alatt, mint Eberswalde és Hallands-Wäderö vannak erdei talajok, melyek össz P_2O_5 -mennyisége 290 mg tesz ki, de még a sósavas kivonatban is a P_2O_5 220—260 mg között lehet, amely értékekhez képest *dr. Fehér* hallands-wäderöi adatai (79'8, 59'4 és 47'5) egészen el-törpülnek.

Végül megvizsgáltam én is *dr. Fehér* 31 és 32-es eberswaldei talajpróbáját, amelyekben ő 29'7 és 50'16 mg P_2O_5 -ot mutatott ki.

Az én vizsgálatom azt mutatja, hogy a 31-es talaj négy párhuzamos meghatározás alapján 57'8, 58'08, 59'6, 60.4 mg P_2O_5 , míg a 32-es talaj 19'66, 18'64, 19'5 és 19'42 mg P_2O_5 -ot tartalmaz. Ebből látszik, hogy *dr. Fehér* kolorimetrikus eljárása, amellyel a talajban az össz P_2O_5 -ot ki akarja mutatni, vagy teljesen hasznavehetetlen, vagy pedig igen súlyos analitikai tévedés csúszott be a dolgozási művelet alkalmával. Az is teljesen érthetetlen előttem, hogy miként lehetséges az, hogy *dr. Fehér* a 32-es számú talajában kimutat 25'4, 28'6 és 26 mg 1%-os citromsavban oldódó P_2O_5 -ot, mikor én ugyanabban a talajban az össz P_5O_2 mennyiségét csak 18—19 mg-ban határoztam meg. Hát miként lehet az 1%-os citromsavban oldódó P_2O_5 mennyisége nagyobb, mint az össz P_2O_5 , mikor az az összfoszforsavnak csak kis hányadát képezi. Az is teljesen érthetetlen előttem, hogy *dr. Fehér*-nek nem tűnt fel az is, hogy a 31-es számú talajában, amelyben ő szerinte az össz P_2O_5 29'7 mg tesz ki, hogy mutathatott ki 1933 májusában 24'8 mg P_2O_5 -ot, mert ez azt jelenti, hogy a talaj foszforsav relatív oldhatósága

¹³⁾ Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1934. 5. füzet, 277. old.

$\frac{24.8 \times 100}{29.7} = 83\%$, amihez ha hozzávesszük a citromsavban oldódó 24.8 mg P_2O_5 -ot, az tűnik ki, hogy ez a talaj könnyen oldódó foszforsavtartalma miatt, még foszforsav trágyázására sem szorul, ha mezőgazdasági művelést folytatnának rajta, amit pedig az eberswaldei diluviális homoktalajokra, amelyek olyan nagyon savanyúak és kimosottak, nem lehet mondani.

Olyan kevés P_2O_5 , mint amennyi *dr. Fehér* eberswaldei talajaiban fordul elő, csak egyes rendkívül kifejlődött Ortstein-talajoknál, de itt csak kivételesen találunk, mert a legfelső talajréteg erősen kimosódott. Így pl. *Albert* Eberswaldetől északra a stettini Haff közelében megvizsgált egy talajt, erdeifenyves alatt, amely talajban 0—20 cm között 21 mg az össz P_2O_5 , de 20—40 cm között már 162 mg. Ennél a talajnál erős Ortstein-réteg alakult ki. A közelben levő nem Ortstein-talajban azonban a legfelső 20 cm-es rétegben volt 107 mg össz P_2O_5 , 20—40 cm között 74 mg P_2O_5 .¹⁴⁾

De hogy még a fentemlített Ortsteines talajban csak kivételesen van olyan kevés P_2O_5 , azt bizonyítja az a tény, hogy *Ramann* Pommerániából egy másik Ortsteines talajt vizsgált meg, mikor kitűnt, hogy a 15—20 cm széles kifehérített szintben az össz P_2O_5 volt 49 mg, az alatta levő rétegben már 338 mg. (*Ramann*: „Die Waldstreu“ 30. oldal.)

De a legújabb vizsgálatok is igazolják, hogy milyen elhirtelenkedett *dr. Fehér* azon állítása, hogy Eberswalde és Hallands-Wäderö P_2O_5 adataiból arra lehet következtetni, miszerint ezekben a szélességekben is növekedik már az erdei talaj P_2O_5 -tartalma, amennyiben Észak-Németországban van elég erdei talaj, amelyekben sokkal több a P_2O_5 , mint a *dr. Fehér*-féle talajoknál, mikor mégsem lehet azt mondani, hogy a P_2O_5 észak felé növekedőben van, mert a már előbb felsorolt délibb talajokban szintén van annyi P_2O_5 .

Igy Rügen szigetéről két talajt ismerünk, mészkő felett és bükk alatt.¹⁵⁾

I. talaj.		II. talaj.	
1—5 cm	273 mg P_2O_5 (sós kiv.)	1—6 cm	292 mg P_2O_5
25—30 „	178 „ „ „	35 „	89 „ „
40—50 „	248 „ „ „		

De az északnémetországi bükkerdőkben morena felett is olyan talajok keletkeztek, amelyekben elég P_2O_5 van.¹⁶⁾

¹⁴⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1910, 6. füzet. *R. Albert*: „Beitrag zur Kenntnis der Ortsteinbildung.“ Táblázat a 341. old.

¹⁵⁾ Forstliche Wochenschrift. *Silva*, 1933, 32. füzet. *Dr. F. K. Hartmann*: „Zur soziologisch-ökologischen Charakteristik der Waldbestände Nord-Deutschlands.“ Táblázat a 249. old.

¹⁶⁾ *Silva*, 1933, 32. füzet. Táblázat a 251. old.

I. talaj.

II. talaj.

1—5 cm	106 mg	P_2O_5	(sós kiv.)	1—6 cm	119 mg	P_2O_5	(sós kiv.)
33—41 „	79 „	„	„	25—35 „	144 „	„	„

III. talaj.

1—6 cm	131 mg	P_2O_5	(sós kiv.)
25—40 „	102 „	„	„

De még az északnémetországi elegyes tölgy-, bükk- és gyertyánerdőkben keletkezett talajokban is sokkal több P_2O_5 van a sósavas kivonatban, mint Hallands-Wäderö talajaiban az össz P_2O_5 (79'8, 59'4 és 47'5 mg P_2O_5).¹⁷⁾

I. talaj.

IV. talaj.

1—4 cm	121 mg	P_2O_5	1—8 cm	150 mg	P_2O_5
30—35 „	110 „	„	30—35 „	137 „	„

II. talaj.

V. talaj.

1—5 cm	152 mg	P_2O_5	1—10 cm	160 mg	P_2O_5
25—30 „	101 „	„	50 „	127 „	„

III. talaj.

VI. talaj.

1—5 cm	155 mg	P_2O_5	1—6 cm	142 mg	P_2O_5
30—40 „	151 „	„	30—40 „	127 „	„

De azért ilyen jelentős P_2O_5 -tartalom mellett sem lehet mondani, hogy ezekben a talajokban több a P_2O_5 , mert északabbra fekszenek, mert hiszen a délebbi területeken is van annyi P_2O_5 .

Nézzük mármost meg végül dr. Fehér finnországi talajainak P_2O_5 -tartalmát, amelyekről dr. Fehér azt állítja, hogy náluk feltűnő különbség mutatkozik a délebbi talajokkal szemben, amennyiben bennük feltűnően növekedik a P_2O_5 , ami különösen akkor látható, ha az átlagadatokat hasonlítjuk össze egymással.

Dr. Fehér finn talajaiban a következő össz P_2O_5 -mennyiségek fordulnak elő: 54'12, 101'31, 85'8, 56'7, 72'6, 46'2, 97'68, 43'56, 51'81, 91'74. Ezek a P_2O_5 -mennyiségek feltűnően alacsonyabbak, mint azok a P_2O_5 -mennyiségek, amelyeket más kutatók sokkal délebbre határoztak meg, úgyhogy dr. Fehér téved, amikor azt állítja, hogy északon a talajokban P_2O_5 -felhalmozódás következett be.

A legészakibb erdei talajokban is vannak talajok több P_2O_5 -al, de vannak kevesebb P_2O_5 -al, ahogy ezt más kutatók adatai is igazolják.

Így Tamm Észak-Svédországból (Norbottenből) megvizsgált egy talajt lúcfenyő alatt, amely morenából keletkezett. A talajon Myrtilus típusú

¹⁷⁾ Silva, 1934, 12/13. füzet. Táblázat a 92—93. old.

volt az erdő és benne 10—30 cm között csak nyomokban volt P_2O_5 , az alatta levő 15 cm vastag rétegben pedig 20 mg-ra emelkedett a P_2O_5 mennyisége, amely a még mélyebb rétegben 80 mg-ra emelkedett.

Egy másik talajban Medelpad körül, elegyes lúccs és erdeifenyő alatt, szintén Myrtilus típusú erdőben, a kifehérített A_2 szintben, amely 4—8 cm közötti mélységben feküdt, 70 mg volt az össz P_2O_5 , 8—16 cm között 220 mg, míg az alatta levő rétegben 270 mg.¹⁸⁾

De ismerjük *Aarnio* adatait is Finnországból, amelyek azt mutatják, hogy ott is vannak talajok gazdag P_2O_5 -tartalommal, de vannak olyanok is, amelyek kevés P_2O_5 -t tartalmaznak. Így *Aarnio* a humuszos réteg alatti talajrétegben körülbelül 30 talajnál meghatározta az össz P_2O_5 , amikor a legkisebb érték 40 mg tett ki, míg az értékek nagyrésze 70—90 mg tesz ki, míg a legmagasabb értékek 200, 230 mg P_2O_5 tesznek ki.¹⁹⁾

Aarnio ezen vizsgálatai igazolják, hogy *Aarnio* adatai közül van sok, amelyek még alacsonyabbak, mint a *dr. Fehér* által kimutatott finn adatok, de van sok, amely sokkal nagyobb, de azért mégsem lehet mondani, hogy Finnországban feltűnő az erdei talajban a P_2O_5 -felhalmozódás, mert Németországban is igen sok helyen kimutattak már annyi P_2O_5 -dot, mint az maximálisan a finn talajokban előfordul.

Végül, hogy a P_2O_5 regionális elterjedéséről megfelelő képet nyujtsak, a túloldali táblázatot készítettem el.

Az eddigi fejtegetéseim tehát nagy valószínűséggel igazolják azt, hogy *dr. Fehér* azon állítása, miszerint magasabb földrajzi szélességekben az erdei talajokban jelentősen növekedik a P_2O_5 , tarthatatlan; szintén úgy tarthatatlan ezen állítás magyarázata is, ahogy ezt *dr. Fehér* teszi és teljesen céltalan Közép-Európa és a Skandináv félsziget és Finnország között az erdei talajok P_2O_5 -tartalma alapján, regionális alapon szabályszerűségeket levezetni.

Dr. Fehér az „Erdészeti Lapok” 1936. augusztusi számában a 2. számú táblázatban két miskolci agyagos-meszes erdei talaj össz P_2O_5 -mennyiségét hozza, amely 23 és 32 mg P_2O_5 -t tesz ki. Itt ezen a helyen megállapítom azt, hogy e két talaj amely bükk és tölgy alatt van, abnormális kevés P_2O_5 -t tartalmaz és bátran azt lehet mondani, hogy ezek szerint gyönyörű bükköseink Miskolc körül foszforban legszegényebb talajok közé tartoznak az egész földkerekségen (23—32 mg P_2O_5), ha összehasonlítjuk őket más meszen keletkezett agyagtalajokkal, és ezek még kevesebb P_2O_5 -t tartalmaznak, mint a lieberosai, peitzi, pforteni német homoktalajok Poroszországban az Alsó-Lausitzban, amelyekről *Albert* azt írja, hogy: „Die ärmsten Waldböden Nord-Deutschlands”, és akik közül a legszegényeb-

¹⁸⁾ Handbuch der Bodenlehre, III. Táblázat a 146. és 148. old.

¹⁹⁾ *B. Aarnio*: „Über die Einwirkung der Gesteinsarten auf die Pflanzennährstoffe des Naturbodens.” Táblázat a 16. old.

Széles- ségi fok	H e l y	Össz P ₂ O ₅ mg	Sósavban oldódó P ₂ O ₅ mg	Mennyiség
43° 50'	Montpellier . . .	90, 100		
45°	Gardató . . .	100		
"	Száva völgye . . .		170, 150, 160, 180, 120, 130, 140, 90, 40	összfoszforsav még több
"	Deliblat . . .		30	"
"	Zeng vidéke . . .		180, 120, 40	"
46°	Dráva völgye . . .		90, 140, 110, 120, 130	"
46° 40'	Nagykanizsa . . .		20, 40	"
	Karád . . .		50, 160	"
46° 55'	Kecskemét . . .	63, 67, 44·5	30	
46—47°	Tenke (Bihar) . . .		80, 120	
47—48°	Sopron . . .	44, 44, 39, 89, 67·1, 75·2, 80·5		
	Tutlingen . . .		278, 341	"
	Schwarzwald . . .	290, 140		
49°	Altmühl . . .		170, 140, 160 170, 160, 150	"
50° 30'	Glatz . . .	40		
	Lohra (Erfurt) . . .	580, 180, 210, 220		
51° 30'	Münden . . .	14, 52		
	Leinefeld . . .		215, 73	"
	Reinhausen . . .		278	"
52°	Lieberosa . . .	110, 120		
52° 50'	Ramann adatai . . .	90, 110, 110, 140, 110, 190, 105, 120, 60, 70, 190, 230, 150, 146		
	Lüneburgi Heide . . .		100, 45, 53, 70	"
	Uckermarcki Heide . . .	107, 21, 162, 74		
53°	Északnémet ele- gyes bükkösök, tölgyesek és gyertyánosok . . .		121, 110, 142, 152 101, 127, 155, 151 127, 150, 137, 160 127	"
54° 30'	Rügen . . .		273, 178, 292, 89	"
56° 25'	Holland-Väderö . . .	79·86, 59·4, 47·5 Nyom, 20, 70, 220, 180, 90		
Északabbra a 60°-tól	Finn adatok . . .	230, 60, 80, 100 116, 200, 90, 80 110, 40, 170, 160		
	Dr. Fehér finn adatai . . .	54, 101, 85, 56, 72 46, 97·6, 43·56 51·81, 91·74		

ben a lieberosei talajban van 1—30 cm között 50, 30—50 cm között 30 mg P₂O₅,²⁰⁾ de van 110 és 120 mg is.²¹⁾

²⁰⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1934. 5. füzet, 277. old.

²¹⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1924. 4. füzet, 199. old.

Dr. Fehér miskolci meszes agyagtalajaiban még kevesebb az össz P_2O_5 , mint az extrem podsolos talajokban, ahol hatalmas Ortstein-képződmények vannak, amely talajok a legerősebben ki vannak mosva és mégis a kifehérített szintben annyi, vagy több a P_2O_5 , mint a miskolci meszes-agyagos talajokban.

Így *Ramann* a lüneburgi Heideből, Holsteinből, Schleswighből, Pommerániából és Csehországból hoz analitikai adatokat Ortsteinnal bíró talajokról, amely adatok különösen a kifehérített szintből jellemzők, amely a következő össz P_2O_5 -mennyiségeket tartalmazza: 54, 44, 35, 38, 62, 49, 43. A kifehérített réteg (Bleisand) körülbelül 15—30 cm közötti rétegben van.²²⁾

Ezzel szemben mindenhol az irodalomban, bükk és tölgy, de erdefenyő alatt is meszes-agyagos, de vályogos talajon is 3—4-szer több az összfoszforsav, de még a sósavas P_2O_5 is, mint *dr. Fehér* miskolci talajaiban az összfoszforsav.

Így *Ramann* megvizsgált három meszes-vályogos talajt Freienwalde környékéről (Eberswalde közelében) erdefenyő alatt, amikor a következő adatokat kapta²³⁾:

I. talaj.		II. talaj.	
felső 35 cm	{ Sósavas kivonat 124 mg Össz- P_2O_5 190 mg;	felső 20 cm	{ Sós. kiv. 145 mg Össz- P_2O_5 210 mg;
alsó 65 cm	{ Sós. kiv. 96 mg Össz- P_2O_5 156 mg;	alsó 80 cm	{ Sós. kiv. 80 mg Össz- P_2O_5 160 mg;
III. talaj.		IV. talaj.	
felső 70 cm	{ Sósav 179 mg Össz- P_2O_5 230 mg;	felső 23 cm	{ Sósav 83 mg Össz- P_2O_5 150 mg;
alsó 30 cm	{ Sósav 108 mg Össz- P_2O_5 120 mg;	alsó 77 cm	{ Sósav 99 mg Össz- P_2O_5 190 mg.

Councler mészkőből keletkezett talajokat vizsgált bükkerdőben, Lohra közelében (Közép-Németország), a következő eredménnyel²⁴⁾:

I. talaj.		II. talaj.	
Legfelső 2 cm	Össz- P_2O_5 210 mg	Legfelső 5 cm	Össz- P_2O_5 580 mg
Alsó 31 cm	Össz- P_2O_5 220 mg	Alsó 23 cm	Össz- P_2O_5 180 mg
Még további 16 cm	Össz- P_2O_5 200 mg	Legalsó 5 cm	Össz- P_2O_5 130 mg

²²⁾ A porosz geológiai intézet évkönyve, 1885. *Ramann*: „Der Ortstein und ähnliche Secundärbildungen in den Diluvial- und Aluvialsanden.”

²³⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1890. Táblázatok a 537—542. old.

²⁴⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1883. 128. old.

Hogy pedig milyen abnormális kevés P_2O_5 van a *dr. Fehér*-féle miszkolci talajokban, ez kitűnik különösen akkor, ha őket a P_2O_5 szempontjából összehasonlítjuk más, Európa különböző helyein előforduló, szintén bükk alatt keletkezett meszes-agyagos talajokkal. Így *Hartmann* a németországi bükktalajokat vizsgálta és közöttük olyanokat is, amelyek a bükkállomány mészkőből keletkezett talajon dísztett. A következőket sorolom fel, amikor megjegyzem, hogy a P_2O_5 sósavas kivonatból való:

1. Tutlingeni bükkerdő Délnémetországban mészkő felett:

a) 1—5 cm között	45 cm mélység
357 mg P_2O_5 forró sósav. kiv.	297 mg P_2O_5 (forró sósav. kiv.)
b) 1—10 cm	50 cm
278 mg P_2O_5	431 mg P_2O_5

2. Reinhauseni (Göttingen közelében) bükkerdő szintén mészkő felett:

1—5 között 330 mg P_2O_5 (forró sósavas kivonat).

3. Leinefeldi (Göttingen környékén) bükkerdő mészen²⁵⁾:

1—5 cm között	25—30 cm között
215 mg P_2O_5 (f. s. k.)	173 mg P_2O_5 (f. s. k.)

4. Bükktalaj kréta felett. Rügen szigetéről.

a) 1—5 cm	25—30 cm	40—50 cm
273 mg P_5O_2	178 mg P_2O_5	248 mg P_2O_5
b) 1—6 cm	35 cm	
292 mg	89 mg P_2O_5 .	

Harnoth a felsősziléziai kagylós mészen keletkezett bükkösök meszes-agyagos talaját vizsgálta meg úgy, hogy a talajnak azon részét, amely a 2 mm-es szitán átment, használta fel a sósavas kivonat készítésére úgy, hogy 180 gr légszáradt talajra 600 cm hideg koncentrált sósavat öntött és hideg állapotban 48 órán át a talajon hagyta. Ez az eljárás csak kevés tápanyagot old ki, sokkal kevesebbet, mint a forró sósav és mégis jelentős P_2O_5 -mennyiségek kerültek a sósavas kivonatba. *Harnoth* 17 agyagos-meszes talajt vizsgált meg úgy, hogy a legfelső 25—30 cm réteget vizsgálta meg, amikor 100 gr talajban a hideg sósavas kivonat a következő P_2O_5 -mennyiségeket oldotta ki: 96, 86, 54, 96, 91, 40, 36, 111, 47, 66, 103, 35, 99, 112, 60,5, 32 és 77 mg P_2O_5 .²⁶⁾

Miután pedig az összfoszforsav ezekben a talajokban még jelentősen több kell, hogy legyen, mutatja, hogy milyen abnormális kicsinyek *dr. Fehér*

²⁵⁾ Forstliche Wochenschrift, Silva, 1933. 32. füzet. Táblázatok a 249. és 254. old.

²⁶⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1895. „*Harnoth*: „Der oberschlesische Muschelkalk als Waldboden.“ Táblázat a 719. old.

összfoszforsavmennyiségei (23—32 mg P_2O_5) a miskolci bükkerdő talajai-
ban. *Dr. Fehér* abnormális P_2O_5 -mennyisége a miskolci agyagos-meszes
talajokban feltűnik, ha őket összehasonlítjuk más északnémetországi bük-
kösök talajával, amelyek laza homokszerkezetűek és morénából képződ-
nek és barna erdei talaj jelleggel bírnak. Ilyen talajt a meklenburgi Tar-
novból és a poroszországi Neuhausból vizsgált meg *Hartmann*, amikor a
következő P_2O_5 -adatokat nyerte, forró sósavas kivonatban²⁷⁾:

Tarnow		Neuhaus		Neuhaus	
		a)		b)	
1—5 cm	106 mg P_2O_5	1—6 cm	119 mg P_2O_5	1—6 cm	131 mg P_2O_5
33—41 „	106 „ „	25—35 „	144 „ „	25—40 „	102 „ „
		95 „	197 „ „	70—80 „	118 „ „

De a nagyobb P_2O_5 -tartalmat *Hartmann* az északi német tölgy és bükk
elegyes állományú erdőkben, igen laza, mészmentes talajokban is kimu-
tatta. Az adatok sósavas kivonatra vonatkoznak:

Döllersrading.

a		b		c	
1—4 cm	121 mg P_2O_5	1—5 cm	152 mg P_2O_5	1—5 cm	155 mg P_2O_5
30—35 „	110 „ „	25—30 „	101 „ „	30—40 „	151 „ „

Neuhaus.

a		b		c	
1—8 cm	150 mg P_2O_5	1—10 cm	160 mg P_2O_5	1—6 cm	142 mg P_2O_5
30—35 „	137 „ „	50 „	127 „ „	6—40 „	127 „ „

Ha már most ezeket az adatokat összehasonlítjuk *dr. Fehér* miskolci
adataival (23, 32 mg P_2O_5), nem következtetünk másra, minthogy a mis-
kolci foszforsav adataiba valami elnézésből kifolyólag durva analitikai
hiba csúszhatott be.

Dr. Fehér miskolci talajainak összfoszforsavja a legélesebb ellentét-
ben van *Nemec* adataival is, aki kimutatja, hogy a csehországi homokban
18 mg P_2O_5 , homokos vályogban 26 mg és vályogtalajban 98 mg az össz
 P_2O_5 , tehát nem is agyagban és mégis háromszor annyi az összfoszforsav,
mint a miskolci meszes agyagtalajban. Itt megemlítem, hogy *dr. Fehér* az
1936. évi augusztusi dolgozatában a *Lehm* nevet agyaggal fordítja, ami tel-
jesen helytelen, mert *Lehm* vályogot jelent, agyag pedig *Tont* jelent.

Hogy tiszta képet kapjak az egész kérdésben, én is meghatároztam
két miskolci bük- és tölgytalaj össz P_2O_5 -tartalmát. A tölgytalaj *dr. Fehér*-
nél mint a 28-as számú talaj szerepel és benne *dr. Fehér* a P_2O_5 -ot nem

²⁷⁾ Forstliche Wochenschrift. Silva, 1934. Táblázat a 93. oldalon.

határozta meg, csak a sósavban oldódó káli mennyiségét, amely *dr. Fehér* szerint 59'26 mg K_2O -dot tett. Én a talajban 95'7 és 92'6 mg P_2O_5 -ot és 196'87 és 200'94 mg K_2O -ot mutatok ki. A második bükk alatti talajban az össz P_2O_5 160'6 és 162'6 mg P_2O_5 tett ki. Ha *dr. Fehér* a 28-as számú talajban meghatározta volna a P_2O_5 mennyiségét, akkor mindjárt kitűnt volna, hogy mennyire nem helytálló az az állítása, hogy az eberswaldei és hollands-wäderői talajokban több a P_2O_5 , mint a magyar talajokban. Az én miskolci talajaim adataiból arra következtetek, hogy *dr. Fehér* két miskolci talajának P_2O_5 -tartalma 20—30 cm mélységben nem lehet 23 és 32 mg, hanem itt valami vaskos analitikai hiba csúszott be.

A legsúlyosabb kifogást kell tennem *dr. Fehér* talajainak $CaCO_3$ -tartalma ellen is, mert az általa meghatározott mésztartalmak egész hamis képet adnak az erdei talaj mészháztartásáról.

Dr. Fehér a már előbb említett dolgozatában a 6. számú szegedi talajban 0'8% $CaCO_3$, a 7. számú kecskeméti 0'9%, a 8-as számúban pedig 1% $CaCO_3$ mutat ki. Ezzel szemben én a 6. számú szegediben 5'5, 5'8, 5'5 és 5'9%, a 7-es számú kecskeméti 4'2, 4'6, 4'6%, a 8-as számú kecskeméti pedig 5'5, 5'4, 5'5% $CaCO_3$ mutattam ki. Hát miként lehetséges ez az óriási különbség, amely egészen megfoghatatlan. Hát hogy határozhatott meg *dr. Fehér* ilyen lehetetlen mésztartalmat.

Teljesen megfoghatatlan előttem, hogy *dr. Fehér* miként kaphatott a kecskeméti és szegedi talajnál 0'8, 0'9 és 1'0% $CaCO_3$ -t, mert hiszen a Pason-készülékkel való dolgozásnál a $CaCO_3$ meghatározása előtt kísérletet kell tenni a talajjal, hogy a kicsi vagy a nagy készülékkel kell-e majd dolgozni. A próba abból áll, hogy a talajt sósavval kell leönteni. Ha a talaj egyáltalában nem pezseg, akkor az annak a jele, hogy a $CaCO_3$ -tartalom 1%-nál kisebb, tehát a kis készüléket kell alkalmazni, viszont ha a talaj pezseg, ez annak a jele, hogy a talaj 1%-nál több $CaCO_3$ -tot tartalmaz, tehát a nagyobb készüléket kell alkalmazni. 5 és 6% $CaCO_3$ -tartalom mellett pedig a talaj olyan erősen pezseg, hogy a folyadék ki akar szökni az edényből, úgyhogy az elnézés teljesen lehetetlen és még most is teljes rejtély előttem, hogy *dr. Fehér* miként kaphatott 0'8, 0'9 és 1'0% $CaCO_3$ -tot. Viszont ha a talajban csak 0'9, 0'8, 1% $CaCO_3$ van, a sósavas kivonatnál a porosz geológiai intézet eljárása szerint 50 gr talajt kell főzni 100 cm³ sósavval, míg ha a talajban 5—6% $CaCO_3$ van, akkor csak 25 gr talajt kell főzni 100 cm³ sósavval, miáltal egész más eredmény jön létre, tehát *dr. Fehér* sósavas kivonatának káliadatai is egészen rosszak. Az, hogy *dr. Fehér* három alföldi homoktalajban 5'5, 4'5, 5'5% $CaCO_3$ és nem 0'8, 0'9 és 1%, igen súlyos következményekkel jár a *dr. Fehér* által kimutatott 1%-os citromsavban oldódó K_2O - és P_2O_5 -mennyiségekre is. Tudniillik, hogy az 1%-os citromsav a megfelelő P_2O_5 - és K_2O -mennyiségeket ki tudja oldani, nem szabad, hogy a talajban levő $CaCO_3$ a citrom-

sav hatását gyengítse, azáltal, hogy azt közömbösíti. Ezért a talajban előforduló CaCO_3 -mennyiségeket külön citromsavval kell közömbösíteni, hogy az 1%-os citromsav ne gyengüljön, 0,8, 0,9 és 1% CaCO_3 mellett erre a célra 50 gr talajra 0,513, 0,684 és 0,684 gr citromsavat kell alkalmazni. De miután e három talajban 5,5, 4,5 és 5,5% a CaCO_3 , ennek közömbösítésére kell 3,75, 3,07 és 3,75 mg citromsav 50 gr talajra. De miután *dr. Fehér* csak 0,513, 0,684 és 0,684 gr citromsavat használt fel a közömbösítéshez az 1%-os citromsavas oldatból, abból az 5 gr citromsavból, amely bent van az 500 cm³ oldatban, a CaCO_3 $3,75 - 0,513 = 3,237$, $3,07 - 0,684 = 2,386$ és $3,75 - 0,684 = 3,066$ gr citromsavat közömbösít.

Tehát a 6-os számú talajnál *dr. Fehér* a talajt nem 1%-os citromsavval kezelte, hanem $\frac{5-3,237}{5} = 0,35\%$ -os citromsavval, a 7-es számú talajnál $\frac{5-2,386}{5} = 0,52\%$ -sal, míg a 8-as számú talajt $\frac{5-3,066}{5} = 0,38\%$ -os citromsavval kezelte. Ezek a gyengébb citromsavak sokkal kevesebb K_2O -dot és P_2O_5 -dot oldanak ki a talajból, mint az 1%-os citromsav. Így tehát *dr. Fehér* számításai, amelyekkel kimutatja, hogy a 6, 7 és 8-as számú kísérleti területeken mennyi időre lesz elég az 1%-os citromsavban oldódó K_2O - és P_2O_5 -mennyiség, minden realitást nélkülöznek.

Az is érthetetlen előttem, hogy a 6, 7 és 8-as számú talajokban, amelyek olyan nagy mésztartalommal bírnak, hogy mutathat ki *dr. Fehér* a következő pH-értékeket: 4,62, 4,97, 4,94, 4,96.²⁸⁾ Hiszen ha a talajban 6% CaCO_3 van, akkor egy hektáron 50% pórusvolumen mellett 30 cm mélységig 425 tonna CaCO_3 van. *Aarnio* vizsgálatai pedig mutatják, hogy 17 tonna CaCO_3 -ra van hektáronként szükség, hogy a pH értékét 1 egésszel emelje. Hát miként lehet a pH 4,62 akkor, mikor már ezekben az alföldi homoktalajokban van 426 tonna CaCO_3 hektáronként. Hát mikor a mikroorganizmusok a működésük folytán valóban savat fejlesztenek, hát ez a sav nem lép reakcióba a talajban levő CaCO_3 -tal.

Az eset hasonló a miskolci talajnál is, amelynél *dr. Fehér* 1,8% CaCO_3 mutat ki, én pedig sok meghatározást csináltam ebből a talajból és csak 0,23, 0,22% CaCO_3 -tot kaptam. Ilyen az eset *dr. Fehér* sopronvidéki talajainál is, amelyek nem mészkövön keletkeztek.

Dr. Fehér négy soproni talajánál, amelyek — ahogy ez a leírásból ki-vehető — meszet nem tartalmazó anyagközetből keletkeztek, meghatározta a CaCO_3 -tartalmat, amikor 500, 400, 700 és 1500 mg CaCO_3 határozott meg 100 gr talajban. Én is erre meghatároztam Sopron felett a mészmentes gneiszből, leukophyllitből és csillámpalából keletkezett talajokban a CaCO_3 -tartalmat és rengeteg meghatározás alapján kénytelen vagyok megállapítani azt, hogy a Pason-készülék ezeknél a talajoknál már tulajdonképpen

²⁸⁾ Archiv für Pflanzenbau, 1932. 9. köt., 1. füzet. Táblázat a 191. old.

nem is használható, mert olyan kevés CaCO_3 -ot tartalmaznak és a CaCO_3 -tartalom 100 mg alatt marad és ezek a talajok CaCO_3 szempontjából teljesen kimosottaknak tekinthetők. Hogy pedig mennyire kimosottak CaCO_3 szempontjából a Soprontól délre és délnyugatra fekvő dombokon levő erdei talajok, látható legjobban abból is, hogy Sopron mellett a Deákkút vidékén van egy löszön képződött erdei talaj, amely 40—50 cm mélységben, már több mint 10% CaCO_3 -ot tartalmaz, a talaj felszínén körülbelül 20 cm mélységig pedig teljesen CaCO_3 -mentes. Éppen azért lehetetlen, hogy dr. Fehér négy soproni — Ágfalva körüli talaja —, amelyek már tulajdonképpen a szürke erdei talaj régiójába tartoznak, 500, 400, 400 és 500 mg CaCO_3 -ot tartalmazzanak.

Különben én magam is megvizsgáltam dr. Fehér négy talajának CaCO_3 -tartalmát, mikor (0,1, 0,05, 0,03%), 0,08, 0,1, 0,0 és (0,55, 0,58%) CaCO_3 -ot határoztam meg. *Vagyis dr. Fehér adatai tévesek lesznek.* Hozzáteszem még, hogy dr. Fehér talajai már a szürke erdei talaj határán vannak és 0,4, 0,5% CaCO_3 -tartalom mellett még barna erdei talaj sem képződhet, hiszen ennek előfeltétele a mész teljes kimosása, mert hiszen ellenkező esetben reménytelenül összeomlana az a magyarázat, hogy miként képződnek az A, B, C szelvényvel bíró talajok.

Hát ilyen analitikai pontatlanság mellett dr. Fehér miként írhatta a Phosphorsäure 1934. évfolyamának 4. kötetében az 525. oldalon, hogy az ő analitikai eredményei valóságához és helyességéhez kétség nem fér, mert hiszen ahol ilyen feltűnő pontatlanságok mutatkoznak, ott a kritikus jogosan a többi analitikai eredményekben is kénytelen kételkedni.

Sajnos, talajtani szempontból súlyos kifogás emelhető dr. Fehér eberswaldei talajainak CaCO_3 -tartalma ellen is. Dr. Fehér két eberswaldei talajpróbájánál feltűnik az aránylag igen nagy CaCO_3 -tartalom 700, 800 mg, átszámítva CaO-ra, 392—448 mg-ot tesz ki, *amely adatok sehogysen hozhatók még megközelítő összhangzásba sem más kutatók adataival*, amelyek eberswalde-, lieberosevidéki talajok mésztartalmával foglalkoznak. Tudniillik lieberose-, eberswalde-, bärenthorenvidéki dilluviális homokok az irodalomban híresek arról, hogy az össz CaO-tartalmuk milyen abnormális kicsi, tehát CaCO_3 -ot sem tartalmaznak, amennyiben belőlük a CaCO_3 Albert szerint egészen 20 méter mélységig teljesen kimosódott.

Így az eberswaldevidéki Freienwalde erdőgondnokságból Schoenberg nyolc erdőrészből és pedig 0—20 cm és 30—40 cm mélységből meghatározta az 1,15 fajsúlyú sósavban oldódó CaO-mennyiséget, amely mennyiség nemcsak a CaCO_3 , hanem az abszorbeáló komplexumban levő lekötött CaO-mennyiséget, továbbá a szilikátokból kioldódó CaO-mennyiséget tartalmazza és mégis öt talajban a következő adatokat kapta:²⁹⁾

²⁹⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1910. 2. füzet. Schoenberg: „Über den Zusammenhang zwischen Ertragsleistung und Bodenbeschaffenheit der Kiefer.“ 654. old.

0—20 cm	62	25	82	128	156	mg CaO
30—40 „	56	54	90	40	110	„ „

Hasonlóak az adatok az eberswaldei városi erdőből is:

0—20 cm	48	40	34	54	34	66	mg CaO
30—40 „	49	44	46	46	38	34	„ „

Hasonló adatokat hoz *Albert*, szintén Eberswalde vidékéről, a biesen-thali és eberswaldei erdőgondnokságból, mikor a sósavas kivonat 100 cm mélységig csak 33, 14, 34, 54 mg CaO-ot adott.³⁰⁾ De *Albert* egy Bähren-thoren és eberswaldei talaj össz CaO-tartalmát is hozza, amely 260 és 310 mg CaO-ot tesz ki, vagyis itt azzal a teljesen lehetetlen ténnyel állunk szemben, hogy *dr. Fehér*nél a CaO-tartalom CaCO₃-ból kiszámítva, (392, 448 mg CaO-ot) tesz ki és több mint a talaj össz CaO-tartalma *Albert*nél.

De *Albert* egy újabb dolgozatában egy eberswaldei talajnak 0—20 cm között sósavas kivonatát adja és az 70 mg CaO-ot tesz ki. Ugyanakkor Pforten és Lieberose (Eberswaldetől délre levő diluviális homoktalajok) össz CaO- és a sósavas kivonatban oldódó CaO-mennyiségét hozza.

Pforten sósavas kivonat	0—25 cm	20	mg CaO
Lieberosa sósavas kivonat	0—30 „	90	„ „

Lieberose össz CaO-ja 0—30 cm között 310 mg CaO-ot tesz ki.³¹⁾

De *Albert* Eberswaldetől északra a stettini kerületben szintén vizsgált talajokat, amelyek mutatják, hogy az északnémetországi nem mészkövön vagy márgán keletkezett talajok milyen kevés CaO-t tartalmaznak.³²⁾

I. talaj.

0—20 cm	sós. old.	CaO	7	mg
20—40 „	„	„	10	„

II. talaj.

0—20 cm	sós. old.	CaO	58	mg
20—40 „	„	„	32	„

De *Albert* további adatokat is szolgáltat megint Eberswalde vidékéről.³³⁾

I.

0—10 cm	sós. kiv.	84	mg CaO
30—50 „	„	92	„ „

II.

0—10 cm	sós. kiv.	56	mg CaO
30—50 „	„	73	„ „

III.

0—10 cm	sós. kiv.	38	mg CaO
30—50 „	„	70	„ „

IV.

0—10 cm	sós. kiv.	20	mg CaO
30—50 „	„	28	„ „

³⁰⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1925. 3. füzet. *Albert*: „Der waldbauliche Wert der Dünenande, sowie der Sandböden im allgemeinen.“ 132. old.

³¹⁾ *Albert*: „Die ärmsten Waldböden Norddeutschlands.“ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1934. 275. old.

³²⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1910. júniusi szám. Táblázat a 341. old.

³³⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1912. Táblázat a 362. old.

De *dr. Fehér* abnormális nagy CaCO_3 -a az eberswaldei homokban abszolút ellentétben van *Schütze* adataival is, aki talán elsőnek vizsgálta a biesenthalvidéki homoktalajokat, mikor termőhelyi osztályok szerint a következő CaO -mennyiségeket kapta forró sósavas oldatban, a legfelső talajrétegekben:

I.	II.	II/III.
t e r m ő h e l y i o s z t á l y		
160 mg CaO	84 mg CaO	53 mg CaO
III.	IV.	V.
t e r m ő h e l y i o s z t á l y		
174'8 mg CaO	27'6 mg CaO	28'9 mg CaO

Schütze meg is említi, hogy a biesenthal talajok mészszegénységük miatt mezőgazdasági növények termesztésére nem nagyon alkalmasak.³⁴⁾

Hogy pedig az eberswaldevidéki diluviális homoktalajok milyen kevés CaO -ot tartalmaznak, ezt *Henecke* újabb vizsgálatai is igazolják. Ő 16 erdeifenyvessel borított erdőrészletben határozta meg a sósavban oldódó CaO -mennyiségeket 30—40 cm közötti talajrétegben, mikor a következő CaO -mennyiségeket kapta, 100 gr talajra vonatkoztatva: 50, 53, 57, 28, 29, 17, 19, 19, 18, 29, 19, 21, 17 mg CaO .³⁵⁾

Ha már most átszámítjuk *dr. Fehér* két eberswaldei talajának CaCO_3 -át (0'7, 0'8%) CaO -ra, akkor kapunk 0'392 és 0'448% CaO -ot. Tehát *dr. Fehér* eberswaldei két diluviális homoktalajában CaCO_3 alakjában több a CaO , mint a *Ramann* által megvizsgált talajokban az össz CaO . *Dr. Fehér* CaCO_3 -tömegei 8—10-szer akkora, mint az előbb említett szerzők CaO -tömegei, amelyek sósavas kivonatból valók. *Dr. Fehér* CaCO_3 -mennyiségei a két eberswaldei talajban olyan nagyok, hogy ezeket a talajokat egyáltalában nem is kellene sohasem meszezni, mert hiszen *Märcker* vizsgálata szerint az esetben, ha a 10%-os sósav homoktalajból 0'3% CaO -ot old ki, akkor ezt a talajt mészben gazdag talajnak kell minősíteni. Miután pedig *dr. Fehér* két eberswaldei talaja csak CaCO_3 alakjában 0'392% és 0'448% CaO -ot tartalmaznak, ezeknek tehát mészben igen gazdagoknak kellene lenni, ami ellentétben van azzal a ténnyel, hogy az eberswaldei diluviális homokok CaCO_3 -ot egyáltalában nem tartalmaznak, továbbá nagyon kevés bennük az a CaO , amely sósavban oldódik. Így teljesen kizártnak mondható, hogy *dr. Fehér* két eberswaldei diluviális homoktalajában 0'7, 0'8% CaCO_3 forduljon elő.

Dr. Fehér eberswaldei talajainak nagy CaCO_3 -tartalma és alacsony pH-értékei közötti kapcsolatát *Nehring* „Über die Schwankungen der Reak-

³⁴⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1871. 369—370. old.

³⁵⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1935. 1. füzet, 47. old.

tionsverhältnisse im Boden³⁶⁾ című dolgozatában is kifogásolja és kérdi, hogy miként lehetséges az, hogy 3'5 és 4'5 pH-értékek mellett, hogyan lehet a talajban 0'7, 0'8% CaCO₃, amennyiben ilyen savanyúság mellett a CaCO₃-nak fel kellene oldódnia és nem lehet jelen a talajban.

Végül megvizsgáltam *dr. Fehér* két eberswaldei talajának CaCO₃-tartalmát, amely *dr. Fehér* szerint 0'7 és 0'8%-ot tesz ki, mikor kitűnt, hogy a két talajban a kis Passon-készülékkel CaCO₃ kimutatható nem volt és 0'0% a két talaj CaCO₃-tartalma. Így most már meg tudom érteni, hogy miért kapott *dr. Fehér* e két talaj pH-értékei között 3—4 nagyságú értékeket, amely értékek sehogysen egyeztethetők össze a 0'7 és 0'8% CaCO₃-al.

De Ramann is vizsgálta az eberswaldevidéki diluviális homoktalajok CaO-tartalmát.³⁷⁾

I. talaj.

Legfelső 10—12 cm réteg
Össz CaO 190 mg
Sósavas kiv. 54 mg CaO
Alsó 30—35 cm
Össz CaO 130 mg
Sósavas kivonat 58 mg CaO

II. talaj.

Legfelső 4—10 cm vastag humuszos réteg
Össz CaO 160 mg
Sósavas kivonat 36 mg CaO
Alsó 45 cm réteg
Össz CaO 300 mg
Sósavas kivonat 34 mg CaO

III. talaj.

Legfelső 10—18 cm {
Össz CaO 170 mg
Sósavas kiv. 30 mg
Alsó 30 cm {
Össz CaO 220 mg
Sósavas kiv. 36 mg

IV. talaj.

Felső 16 cm {
Össz CaO 380 mg
Sósavas kiv. 19 mg
Alsó 30 cm {
Össz CaO 470 mg
Sósavas kiv. 41 mg

V. talaj.

Felső 16 cm-es humuszos réteg {
Össz CaO 490 mg
Sósavas kiv. 56 mg
Alsó 20 cm {
Össz CaO 470 mg
Sósavas kiv. 51 mg

De Ramann még további három talajt vizsgált meg *Biesenthal* és *Eberswalde* környékéről, amikor a következő CaO-értékeket kapta:³⁸⁾

I.

Össz CaO 171 mg
Sós. old. CaO 45'5 mg

II.

Össz CaO 241 mg
Sós. old. CaO 34'1 mg

III.

Össz. CaO 222 mg
Sós old. CaO 34 mg

³⁶⁾ Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung, 1935. 40. köt., 3/4. füzet.

³⁷⁾ Jahrbuch der königl. preuß. geologischen Landesanstalt und Bergakademie, 1884. *Ramann*: „Ueber die Verwitterung diluvialer Sande.“ 1—19. old.

³⁸⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1883. dec. szám. Tábl. a 637. és 639. old.

De *Ramann* Pomerániából podsolos homokos erdei talajt vizsgált, mikor a következő CaO-mennyiségeket nyerte:³⁹⁾

I.

Hohenbrucki erdőgondnokság

Legfelső 15 cm	} Össz CaO 115 mg Sós. old. CaO 23 6 mg
Alsó 30 cm	
	} Össz CaO 82 mg Sós. old. CaO 9 2 mg

II.

Hohenbrucki erdőgondnokság

Alsó 4—24 cm	} Össz CaO 142 mg Sós. old. CaO 11 mg

És *dr. Fehér* eberswaldei talajaiban csak CaCO_3 alakjában van 392 és 448 mg CaO_3 .

A CaCO_3 -tartalom szempontjából a legsúlyosabb kifogás tehető *dr. Fehér* finnországi talajaival szemben is, amennyiben ő ezekben az extrém humid talajokban, amelyek morenából keletkeztek, mégis 0'5, 0'6, 0'5, 0'5, 0'3, 0'5, 0'4, 0'4, 0'5, 0'3, 0'7% CaCO_3 -ot mutat ki. Ez a nagy CaCO_3 -tartalom abszolút ellentétben van azzal, amit finnországi nem mészen keletkezett talajokról tudunk, amennyiben humid klíma alatt keletkező, belőlük a CaCO_3 még nyomokban is kimosódott és *Aarnio* a finn talajokról a következőket mondja: „A finn talajok a humid klíma talajnemei közé tartoznak és könnyen oldódó tápanyagokban szegények és azok pótlására állandó trágyázással kell gondoskodni. De miután ezek a talajok CaCO_3 -ot nem tartalmaznak”⁴⁰⁾ A finn kutató ezen megállapítása egész helyes és teljesen érthetetlen, hogy 0'7% CaCO_3 mellett hogy mondhatja *dr. Fehér*, hogy finn talajai podsoljellegűek, mert hiszen a podsol keletkezésének első feltétele, hogy a CaCO_3 a talajból kimosódjon. *Aarnio* vizsgálatai a valóságban abszolút ellentétben is vannak *dr. Fehér* CaCO_3 -adataival és ő 1%-os citromsavban meghatározta a talajban oldódó CaO-mennyiségeket, amely értékek sokkal kisebbek, mint *dr. Fehér* CaCO_3 -értékei, pedig a citromsav nemcsak a CaCO_3 -ot, hanem a talaj többi Ca alkotórészének egy részét oldja fel. Így *Aarnio* gránit- és gneiszközetből keletkezett 7 homokos és morénás talajból körülbelül 15—30 cm mélységből a következő CaO-mennyiségeket kapta mg-mokban kifejezve: 47, 37, 4, 18, 10, 31, 97. De *Aarnio* gránitból és gneiszből keletkezett nehéz agyagos talajokból, amelyek jelentős adszorbeáló komplexumot tartalmaznak, tehát sok bennük a Ca-ion, de CaCO_3 -mentesek, a következő CaO-értékeket kapta: 136'5, 52, 56'5, 139'5, 134, 38'5, 54'0, 105 mg CaO. Végül *Aarnio* bázisos közetből keletkezett morénás és morénás homokos talajban is meghatározta és a

³⁹⁾ Jahrbuch der königl. preuß. geologischen Landesanstalt und Bergakademie, 1885. *Ramann*: „Der Ortstein und ähnliche Gecundärbildungen in den Diluvial- und Alluvial-sanden.“ 30—33. old.

⁴⁰⁾ „Die Pflanzennährstoffverhältnisse der finnischen Böden.“ Különlenyomat a „Mezőgazdasági kutatások“ *Sigmond* különfüzetéből, 1933. VI. 431—438. old.

következő CaO-mennyiségeket nyerte: 10'5, 16, 18, 68'5, 21'5, 18'0, 48'5, 7'0 mg.

Vagyis *dr. Fehér* csak CaCO_3 -ban CaO alakjában kifejezve kapott következő értékeket: 280, 336, 280, 280, 168, 280, 168, 280, 224, 224, 280, 168, 392 mg CaO, amiből viszont az következik, hogy a *dr. Fehér-féle* talajokban a citromsavban és forró sósavban oldódó CaO-mennyisége még jelentősen nagyobb kell, hogy legyen és így *dr. Fehér* finnországi talajainak mésztartalma kielégítő kellene, hogy legyen, hiszen csak CaCO_3 -tartalmuk sokkal nagyobb, mint amennyi CaO-t tartalmaznak sósavas kivonatban azok a laza talajok, amelyek mésztartalma igen kielégítő (0'2—0'3% CaO). Sőt *dr. Fehér* finn talajainak CaCO_3 -mennyisége olyan nagymértékű, hogy azok teljesen megfelelnek *Heinrich* követeléseinek, hogy minden talaj, amelyet intenzíven művelnek, legalább 0'2—0'3% CaCO_3 -t kell, hogy tartalmazzon⁴¹⁾ és így *dr. Fehér* finn talajai mézshiányban nem is szenvedhetnek, ami szöges ellentétben van azzal a ténnyel, hogy a finn talajokból, ha nem mészkővön keletkeztek, a CaCO_3 teljesen kimosódott.

Dr. Fehér finn talajainak nagy CaCO_3 -tartalma abszolút ellentétben van *Walmari* vizsgálataival is, aki rengeteg finn talajt kivonatolt 0'2 normál sósavval, amely kivonatolást különböző erdei típusokban végezte el. Én *Walmari* adataiból csak azokat veszem, amelyek körülbelül abból a talajmélységből valók, amilyen mélységben *dr. Fehér* dolgozott:

Calluna Cladina erdei típus: 8, 13, 17, 31 mg CaO 100 gr talajban.

Calluna erdei típus: 28, 28, 10, 6, 20, 20, 21, 29, 41, 21, 21, 11, 56, 25, 32, 26, 28, 15, 5, 43, 21, 50, 58, 20, 4, 9, 38, 30, 51, 90, 53, 22, 28, 43, 45, 55, 17, 11, 21, 49 mg CaO 100 gr talajban.

Myrtillus erdei típus: 28, 35, 70, 29, 21, 84, 84, 18, 20, 36, 11, 19, 13, 41, 17, 31, 20, 47, 69, 5, 94, 17, 70, 41, 78, 148, 77, 52, 8, 4, 4, 4, 5, 38, 13, 16, 41, 17, 30, 41, 48, 14, 27, 30, 13, 25, 25, 15, 5, 109, 14, 16, 21, 20, 56, 20, 24, 20, 5, 6, 34, 2, 13, 54, 38, 11, 15, 112, 314, 128, 64, 37, 30, 42, 134, 49, 27, 22, 17, 36, 106, 13, 26, 48, 46, 90, 20, 28, 207, 171, 42, 29, 21, 32, 20, 38, 53, 47, 22, 128, 8, 28, 119, 41, 41, 52, 22, 30, 17, 29, 92 mg CaO 100 gr talajban.

Aconitum erdei típus: 115, 157, 143, 41, 158 mg CaO 100 gr talajban.

Vagyis látható, hogy milyen óriási különbség van *Valmari* és *dr. Fehér* finn adatai között, úgyhogy kimondható, hogy *dr. Fehér* CaCO_3 adatai teljesen hamis képet adnak a finn erdei talajok mézsháztartásáról.

Itt megemlítem még, hogy *dr. Fehér* foszforsav és többi biogén adatai között is sajnálatos érthetlenségek fordulnak elő. Így a „Phosphorsäure“ 1932. évfolyamában a 2. kötetben a 712. oldalon a 24. számú soproni kísérleti területről ki van mutatva, hogy annak össz P_2O_5 -tartalma 100 gr-

⁴¹⁾ *Wiegner*: „Anleitung zum quantitativen agrikulturnchemischen Praktikum.“ 184. old.

ban 8'91 mg, 1932. május hónapban meghatározva, viszont a „Phosphorsäure“ 1934. évfolyamában a 4. kötetben, ahol dr. Fehér igazolja, hogy a talajban a citromsavban oldódó P_2O_5 -mennyisége hónaponként változik. ugyanezen 24. számú kísérleti parcellán, az 515. oldalon kimutatja, hogy ezen parcellán november hónapban a citromsavban oldódó P_2O_5 -mennyisége 11'84 mg, ami pedig teljes lehetetlenség.

Dr. Fehér továbbá az 1932. évi „Phosphorsäure“ 2. kötetében a 712. és 713. oldalon hozza négy soproni kísérleti területnek 1932. május hónapban meghatározott különböző analitikai adatait, amelyeket a következő táblázatban tüntetek fel:

Kísérleti terület száma Sopron	Citromsavban oldódó P_2O_5 100 gr. anyag	Össznitrogén 100 gr. anyagban	C-tartalom 100 gr. anyagban	C,N viszonyszám	pH	Összbakterium szám	Humusz-tartalom %
14	2'66 mg	26'19	776	29'60	4'95	30175000	1'33
15	4'90	49'64	847	17'06	5'43	26450000	1'46
11	2'66	28	567	20'21	4'90	26750000	0'98
24	1'21	56'28	905	16'10	7'49	21300000	1'56

Ugyanakkor a „Phosphorsäure“ 1934. évi 4. kötetében az 513—515. oldalakon, ahol ugyanazon kísérleti területeken a citromsavban oldódó P_2O_5 mennyiségének változását az év egyes hónapjaiban mutatja ki, szintén 1932. május hónapra a fent említett alkotórészeket is újból megállapítja Fehér, amikor a következő, teljesen érthetetlen adatokkal állunk szemben.

Kísérleti terület száma Sopron	Citromsavban oldódó P_2O_5 100 gr. talajban	Össznitrogén 100 gr. anyagban	Carbon 100 gr. anyagban	C/N	pH	Összbakterium szám	Humusz-tartalom
14	4'28	57'42	639	11'1	5'62	7120000	1'10
15	1'52	67'80	470	6'9	5'94	10220000	0'81
11	1'44	67'20	709	10'5	5'68	7370000	1'22
24	2'21	47'60	533	11'2	5'96	11980000	0'92

Ha mármost ezeket az adatokat összehasonlítjuk az előbbi táblázat adataival, akkor olyan nagymérvű eltérésekről van szó, hogy emiatt jogosan megrendülhet a bizalom dr. Fehér többi analitikai eredményeivel szemben is. Amennyiben az előbbi fejtegetésekből kitűnik, mint tény, hogy dr. Fehér négy soproni kísérleti területéről 1932. májusában nyert analitikai adatai mások a „Phosphorsäure“ 1932. évi évfolyamában és egészen mások ugyanazon folyóirat 1934. évi évfolyamában.

Nagyon különös dolog van a 15-ös kísérleti területnek analitikai adataival is. Ez a terület négy helyen szerepel, adatai 1932. májusból valók és mégis nagyon eltérő adatokról van szó:

pH	5·4	5·47	5·94	5·94
Össz. P ₂ O ₅	39·6	39·6		
Citr. oldódó P ₂ O ₅	4·9	4·9	1·52	
Humusz	1·46	1·17	0·81	0·81
Össznitrogén	49·64	63·50	67·80	67·80
Aerob. bakt. szám	25350000	8976000		9900000
Anaerob. bakt. sz.	1100000	624000		320000
Összbaktérium	26450000	9600000	10220000	10220000
Nitrifikáló bakt.	10000	120000		50000
Denitrifikáló	10000	300000		1750000
Nitrogénkötő anaerob	33000	10000		40000
Nitrogénkötő aerob	3000	10		300
	Phosphorsäure, 1932, 2. kötet, 12. füzet, 712—713. oldal.		Phosphorsäure, 1934. 4. kötet, 8/9. füzet, 513. old.	
	Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung, 1934. 33. kötet, 5/6 füzet, 324. oldal.		Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung, 1936. 43. kötet, 1/2. füzet, 8. oldal.	

Most csak azt kérdelem *dr. Fehértől*, hogy a 15-ös kísérleti területnél miként lehetnek ezek az eltérő adatok.

Hogy pedig milyen megbízhatók *dr. Fehér* analitikai adatai, látható még a következőkből. A „Phosphorsäure” 1932. évfolyamában, 2. kötet, 12. füzet, a következő négy talaj szerepel Kecskemét és Szeged vidékéről a következő adatokkal (10—20 cm között):

Talaj száma	Össz. P ₂ O ₅		Citrónsavb. oldódó P ₂ O ₅	Humusz tartalom %	Össz		CaCO ₃ %	Bakterium szám			Nitrifikáló	Denitrifikáló	Nitrogénkötő	
	N	pH			Aerob	Anaerob		Összesen	anaerob	aerob				
	5	61			4·94	0·42		30·20	6·96	0·9			20000000	900000
6	33·6	2·30	0·60	27·44	6·02	0·8	22900000	1150000	24050000	100000	100000	20000	1000	
7	18·1	2·35	0·41	31·92	6·76	0·9	23900000	760000	24660000	100000	100000	20000	2000	
8	56·16	2·41	0·64	39·20	7·11	1·0	21000000	1000000	22000000	100000	300000	11000	1000	

Ugyanezek a talajok azonban a „Zeitschrift für Pflanzenernährung” 1934. évi évfolyamában a 33. kötetben, az 5/6. füzetben, a következő adatokkal szerepelnek:

Talaj száma	Össz P ₂ O ₅	Citromsavb. oldódó P ₂ O ₅	Humusz-tartalom %	Össz		CaCO ₃ %	Bakterium szám			Nitrifikáló	Denitrifikáló	Nitrogénkötő	
				N	pH		Aerob	Anaerob	Összesen			anaerob	aerob
6	33·6	2·30	0·60	24·36	6·00	0·8			4200000	100000	1000000	3000	100
7	18·1	2·35	0·41	21·00	6·59	0·9			3150000	100000	100000	10000	1000
8	56·16	2·41	0·64	32·79	6·58	1·0			5000000	100000	300000	10000	1000

Ezek az adatok igazolják, hogy ugyanazon talajról van szó, mert akkor a citromsavban oldódó P₂O₅- és a humusztartalom nem volna azonos és mégis olyan nagy különbségek vannak a pH-értékekben és az össznitrogénben, továbbá a baktériumszámban. Miért van ez?

Ez a négy talaj azonban a „Phosphorsäure“ 1933. évi évfolyamában is szerepel, 3. kötet, 7/8. füzet, ahol azonban a 36., 37., 38., 39. számok alatt szerepelnek ezek a talajok:

Szám	Össz P ₂ O ₅	Citromsavban oldódó P ₂ O ₅	CaCO ₃ -tartalom %	Humusz %	pH	Össz. nitrogén
36	61·0	4·94	0·9	0·65	6·96	43·96
37	33·6	2·30	0·8	0·83	6·02	38·08
38	18·1	2·35	0·9	0·65	6·76	51·92
39	56·16	2·41	1·0	0·64	7·11	39·20

Most csak azt kérdelem, miként lehetséges az, hogy ebben a négy talajban a citromsavban oldódó P₂O₅ mennyisége egyenlő a felső talajok citromsavban oldódó P₂O₅ mennyiségével, tehát azonos időben történt a meghatározás és mégis olyan különbségek vannak a pH-értékekben, humusztartalomban és az össznitrogénben? Ha pedig igaz az, hogy a 36., 37., 38., 39. talaj adatai a 0—10 cm közötti talajrétegre vonatkoznak, miként lehetséges az, hogy a 10—20 cm közötti talaj ugyanazt a citromsavban oldódó P₂O₅-t tartalmazza? Továbbá miként lehetséges az, hogy a 39-es talaj 0—10 cm között ugyanazt az össz P₂O₅-t, humusztartalmat, pH-t, sőt még az össznitrogénben is ugyanazt az értéket mutatja, mint a 8. számú talaj 10—20 cm között?

Hogy tisztán lássák, hogy miként lehetséges az, hogy 0—10 és 10—20 cm mélységben ugyanolyan P₂O₅-mennyiségek fordulnak elő, királyvízzel meghatároztam a 6., 7. kísérleti területen az össz P₂O₅-t:

- (37) 6. szám $\left\{ \begin{array}{l} 0-10 \text{ cm} \dots \dots \dots 53\cdot6 \text{ mg P}_2\text{O}_5, \\ 10-20 \text{ „} \dots \dots \dots 46\cdot2, 48\cdot4 \text{ mg P}_2\text{O}_5. \end{array} \right.$
- (38) 7. szám $\left\{ \begin{array}{l} 0-10 \text{ cm} \dots \dots \dots 47\cdot5, 49\cdot8, 49\cdot1 \text{ mg P}_2\text{O}_5, \\ 10-20 \text{ „} \dots \dots \dots 41\cdot00, 43\cdot9 \text{ mg P}_2\text{O}_5. \end{array} \right.$

Dr. Fehér viszont a 6. számú kísérleti területnél 0—10 és 10—20 cm között 33·6 mg P₂O₅-t, a 7. számú kísérleti területnél szintén 0—10 és 10—20 cm között 18·1 mg P₂O₅-t kapott. Látható tehát, hogy valami súlyos analitikai hiba csúszhatott be.

Olyan különös dolog ez evvel a 36., 37., 38. és 39. számú kísérleti területtel. Tudniillik a „Phosphorsäure“ 1933. évfolyamának 3. kötetének 7/8. füzetében a 440—441. oldalon megint szerepel ez a négy talaj, de az adatait nem 1932. májusában, hanem 1930. júniusában határozták meg és csodálatosan a kémiai adatok teljesen egyeznek az 1932. májusi adataival, de a baktériumszám is teljesen azonos:

Szám	Össz P ₂ O ₅ mg	Citrom P ₂ O ₅ mg	pH	CaCO ₃ ‰	Aerob bakt. millió	Anaerob	Össze- sen millió	Nitri- fikáló	Denitri- fikáló	Nitrogénkötő		
										aerob	anaer.	
5	61·0	4·94	6·96	0·9	20·0	900000	20·9	100000	100000	1000	11000	1932. május
36	61·0	4·94	6·96	0·9	20·0	900000	20·9	100000	100000	1000	11000	1930. június
6	33·6	2·3	6·02	0·8	22·9	1150000	24·05	100000	100000	1000	20000	1932. május
37	33·6	2·3	6·02	0·8	22·9	1150000	24·05	100000	100000	1000	20000	1930. június
7	18·1	2·35	6·76	0·9	23·9	760000	24·66	100000	100000	2000	20000	1932. május
38	18·1	2·35	6·76	0·9	23·9	760000	24·66	100000	100000	2000	20000	1930. június
8	56·16	2·41	7·11	1·0	21·0	1000000	22·0	100000	300000	1000	11000	1932. május
39	56·16	2·41	7·11	1·0	21·0	1000000	22·0	100000	300000	1000	11000	1930. június

Most csak azt kérдем *dr. Fehértől*, miként lehetséges az, hogy az 1932. májusában megtörtént meghatározásoknál olyan eltérő adatok lépnek fel, ugyanakkor az 1930. júniusában meghatározott adatok azonosak az 1932. májusában meghatározott adatokkal?

Abszolút megbízhatatlanság kivehető *dr. Fehér* finnországi és eberswaldei talajainak analitikai adataiból is. Így a „Phosphorsäure“ 1932. évfolyamában a 2. kötet 12. füzetében a 712—713. oldalon a következő adatok találhatók, 1932. május hónapban meghatározva:

Szám	Össz. P ₂ O ₅	Citromsav. oldó P ₂ O ₅	Humusz	Összesen		Baktériumok száma			Nitrifikáló	Denitrifikáló	Nitrogénkötő	
				N	pH.	Aerob millió	Anaerob	Összesen millió			Anaerob	Aerob
31	29·7	3·53	1·00	34·22	4·02	19·2	10.000	19·21	10000	1000000	20000	1000
32	50·16	1·56	1·22	33·17	4·39	16·8	10.000	16·81	100000	1000000	20000	1000

Ugyanez a két talaj a „Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung“ 1934. évfolyamában, 33. kötet, 5/6. füzet, 324. oldal, szintén 1932. májusában meghatározva, a következő adatokkal szerepel:

31	29·7	4·33	1·07	49·00	4·96			3·5	50000	500000	10000	10
32	50·16	2·57	1·40	54·55	5·24			3·25	50000	500000	10000	10

Hát miként lehetséges az, hogy teljesen más adatokkal szerepel a két talaj, dacára, hogy egy időben történt a meghatározás? Így van ez a finnországi talajoknál is:

Szám	Össz P_2O_5	Citromsavb. oldódó P_2O_5	Humusz	Összesen		Baktériumok száma			Nitrifikáló	Denitrifikáló	Nitrogénkötő	
				N	pH.	Aerob millió	Anaerob	Összesen millió			Anaerob	Aerob
Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung, 1934. 33. kötet, 5/6. füzet.												
38	54'12	4'32	2'87	24'36	6'46			3'35	100000	180000	10000	100
39	101'32	3'52	1'63	15'95	6'52			3'18	30000	300000	10000	10
40	85'8	2'20	1'51	34'96	5'91			3'9	50000	500000	1000	100
41	56'7	3'17	1'76	35'58	5'44			3'35	5000	100000	500	100
42	72'6	2'26	1'40	37'79	5'41			2'30	50000	10000	100	10
43	46'2	0'80	1'67	33'05	5'50			3'45	10000	100000	500	10
44	97'68	1'54	1'52	57'96	5'41			3'44	50000	10000	10000	10
45	43'56	1'21	1'72	52'45	5'46			2'42	30000	50000	1000	100
46	51'81	2'33	1'81	24'36	4'96			4'1	50000	50000	1000	10
47	91'74	2'62	1'65	29'98	5'41			4'02	20000	180000	1000	1000
Phosphorsäure, 1932. II. kötet, 12. füzet, 712., 713. oldal.												
38	54'12	4'32	1'99	28'84	4'86	5'1	780000	5'88	18000	100000	31000	1000
39	101'32	3'52	1'23	21'00	4'89	5'1	640000	5'74	30000	1000000	18100	100
40	85'8	2'20	1'21	21'72	4'90	2'6	400000	3'00	10000	1000000	13000	3000
41	56'7	3'17	1'79	33'60	5'11	9'4	800000	10'2	30000	300000	31000	1000
42	72'6	2'26	0'80	27'44	5'02	5'0	1600000	6'6	18000	120000	30300	300
43	46'2	0'80	1'12	10'36	4'89	5'6	1700000	7'3	10000	30000	50100	100
44	97'68	1'54	0'78	9'52	4'93	7'2	1000000	8'2	15000	185000	10100	100
45	43'56	1'21	0'99	20'72	4'96	6'6	900000	7'5	14000	100000	10100	100
56	51'81	2'33	0'92	26'96	4'74	4'2	700000	4'9	10000	100000	10100	100
47	91'74	2'62	0'75	15'20	5'31	5'4	900000	6'3	10000	185000	1030	30

Azt kérdem *dr. Fehértől*, miként lehetséges az, hogy ugyanazoknál a talajoknál, egy időben meghatározva az adatokat, ilyen eltérő eredmények jönnek ki?

A most következő fejtegetések pedig igazolni fogják, hogy *dr. Fehér* azon állítása, hogy a citromsavban oldódó foszforsav az esztendőben bizonyos szabályszerű változást mutat, megfelelő nagyobb számú analitikai adat hiánya miatt még megfelelően bizonyítva nincs. Így az eberswaldei 31. és 32. számú kísérleti területen a citromsavban oldódó foszforsav 1932. májusában 3'53 és 1'56 mg P_2O_5 -t tett ki, 1933. májusában azonban 24'8 és 18'6 mg P_2O_5 -t. *Mivel magyarázható ez az óriási különbség?* Még egy második tény vehető ki az eberswaldei kísérleti területekről. A 31. számú kísérleti területen a citromsavban oldódó foszforsav 1933-ban májustól júliusig 24'8 mg P_2O_5 -ről lecsökkent 4'64 mg-ra, míg a 32. számú kísérleti területen májustól júliusig 18'6 mg-ról 25'4 mg-ra emelkedik, ami egészen érthetetlen és valószínűleg valami súlyos analitikai hibával lesz kapcsolatos.

De hogy abból a kevés adatból, amelyet *dr. Fehér* kapott, még nem lehet arra következtetni, hogy a citrosavban oldódó foszforsav egy esztendőben határozott szabály szerint változik, az *dr. Fehér* soproni kísérleti területeiből is kivehető. Így a soproni 15. számú kísérleti területen 1932-ben a minimum júliusban volt 1'44 mg P_2O_5 , a maximum októberben 24 mg, míg novemberben a talajban már csak 10'10 mg c. old. P_2O_5 volt, amely érték decemberben 22'8 mg-ra emelkedett újból. Jó, mondjuk, a nyári hónapokban a növények sok P_2O_5 -t vesznek fel, miáltal annak mennyisége csökken, de akkor a vegetációs évszak befejezése után miért van egyszerre októberben olyan sok c. old. P_2O_5 a talajban és miért következik be a novemberi feltűnő csökkenés? És miért van ugyanannál a kísérleti területnél 1933. júliusában 3'74 mg P_2O_5 , vagyis majdnem háromszor annyi, mint 1932. júliusában és miért emelkedik 1933. októberében az érték csak 11'6 mg-ra, amely érték a fele az 1932. októberi értéknek és miért van 1933. decemberében 17'5 mg P_2O_5 , tehát több, mint 1933. októberében, mikor 1932. októberében több volt, mint ugyanazon év decemberében? Ezek az érthetetlen tények is minden bizonyára analitikai hibával vannak kapcsolatban.

A második 14. számú soproni kísérleti területnél is különös érthetlenségek tűnnek fel.

Ezen a kísérleti területen 1932-ben a c. old. P_2O_5 2'42 mg-ról július hónapban 25'2 mg-ra emelkedik, október hónapban, hogy azután december hónapban megint 16'9 mg-ra essen vissza. Viszont 1933-ban július hónaptól októberig a c. old. P_2O_5 4'84 mg-ról csak 7'45 mg-ra emelkedik, hogy azután megint decemberben bekövetkezzen a legmagasabb érték, 20'8 mg P_2O_5 . Miért van ez a nagy különbség a két esztendőben?

A harmadik soproni kísérleti területnél (11. szám) 1932. júliusától októberig a c. old. P_2O_5 1'36 mg-ról 28.8 mg-ra emelkedik, hogy azután december hónapban visszaesés álljon be (15'6 mg P_2O_5). Viszont 1933-ban ugyanennél a kísérleti területnél a kép egész más, amennyiben január hónapban 5'7, márciusban 14'2, májusban 2'68, júliusban 6'12, októberben pedig csak 7'55 mg P_2O_5 -t tesz ki. Vagyis 1933-ban legkisebb a c. old. P_2O_5 május hónapban, de július hónapban is több, mint januárban, míg október hónapban alig van valamivel több c. old. P_2O_5 , mint júliusban és 1932. októberében majdnem négyszer annyi a P_2O_5 , mint 1933. októberében, továbbá 1933-ban január—májusban kevesebb a P_2O_5 , mint júliusban.

A negyedik soproni kísérleti területnél (20 b) a c. old. P_2O_5 1932. július hónaptól októberig 1'68 mg-ról 37'2 mg-ra emelkedik, hogy novemberben 6'88-ra essen vissza, decemberben pedig újból 14'3 mg-ra emelkedjen. Miért van ez az óriási visszaesés októbertől novemberig, miután novemberben már befejeződött a vegetációs időszak. 1933-ban azután januárban visszaesés történik 3'2 mg-ra, hogy azután márciusban 23'6 mg-ra

való emelkedés következzen be, mikor később júliusig megint csökkenés áll be 4'58-ra. Októberben a c. old. P_2O_5 újból emelkedik 15'5 mg-ra, mikor decemberben áll be a maximum 29'5 mg.⁴²⁾

Ennél a kísérleti területnél január hónapban van a legkevesebb c. old. P_2O_5 , de mind a kettőnél (11, 20 b) januárban kevesebb van belőle, mint a nyári hónapokban, tehát ezeknél nem lehet beszélni nyári depresszióról.

Addig, amíg dr. Fehér az előbb említett analitikai érthetlenségeket, amelyek soproni és eberswaldei kísérleti területeiről származnak, sok párhuzamos analitikai adattal nem igazolja és tisztázza, addig dr. Fehér következtetéseit helyesnek elfogadni nem lehet.

Az az egynéhány adat, amelyekkel dr. Fehér szolgál, azt is mutatja, hogy északi talajainál hiányzik a P_2O_5 nyári depressziója. Miért nincs itt még ez a depresszió?

Így a raivolaí két kísérleti területnél kivehető, hogy az egyiknél a c. old. P_2O_5 1932. februárjában 24 mg-ot tett ki, amely érték májusban 4'32 mg-ra esett vissza, hogy azután augusztusban 21 mg-ra emelkedjen és azután 1933. februárjában megint 13 mg-ra csökkenjen. A második kísérleti területnél 1932. februárjában 30 mg P_2O_5 volt, amely érték májusban 3'52 mg-ra esett vissza, hogy augusztusban 21'6 mg-ra emelkedjen megint, amely emelkedés 1935. februárjában 35 mg-ot ért el.

Vagyis a két rajvolai kísérleti területnél, az egyiknél augusztusban sokkal több a citromsavban oldódó P_2O_5 , mint ugyanazon év májusában, vagy a következő év februárjában, míg a másiknál augusztusban kevesebb a citromsavban oldódó P_2O_5 , mint májusban és februárban. Hogy most már ebből a két adatból hogy lehet következtetni arra, hogy a nyári hónapokban depresszió mutatkozik a citromsavban oldódó foszforsavban, az nehezen érthető.

Hasonlóan mutatják ezt a kiváló kísérleti területek is⁴³⁾:

1933.	I.	II.	III.
Február	5'5 mg P_2O_5	Február	5'84 mg P_2O_5
Május	2'2 " "	Május	2'20 " "
Augusztus	3'36 " "	Augusztus	6'2 " "
		Február	5'3 mg P_2O_5
		Május	2'62 " "
		Június	5'2 " "

Vagyis a kiváló három kísérleti terület közül egynél annyi a citromsavban oldódó P_2O_5 augusztusban, mint februárban, de majdnem kétszer annyi, mint májusban; a másodiknál augusztusban sokkal több, mint májusban és februárban; míg a harmadiknál augusztusban ugyan kevesebb, mint februárban, de több, mint májusban. Hogy most már e három adatból hogy lehet azt mondani, hogy a citromsavban oldódó P_2O_5 nyáron depressziót mutat, az már egészen érthetetlen.

⁴²⁾ Phosphorsäure, 1934. 4. köt. Táblázat az 513. és 514. old.

⁴³⁾ Phosphorsäure, 1934. 4. köt. Táblázat az 521. oldalon.

Hogy tisztán lássak e kérdésben, én is egy Sopron feletti erdei talajban vizsgáltam meg 1937. májustól novemberig 0—10 cm között és augusztustól novemberig 10—20 cm között a könnyen felvehető P_2O_5 évi változását. És pedig én 0'2 normál sósavval kivonatoltam a talajt, amely sósav körülbelül annyi P_2O_5 -ot old ki a talajból, mint az 1%-os citromsav; azonban ez esetben is éppen úgy, mint a citromsavnál, a havi változások is kell, hogy jelentkezzenek. A könnyen felvehető P_2O_5 -t én nem kolorimetrikusan, hanem gravimetrikusan ammonfoszformolybdenáttal határoztam meg.

Adataim a következők:

május 10-én (0—10 cm): 7'26, 6'95, 7'05, 7'4, 6'93 mg P_2O_5 , átlag 711 mg P_2O_5 ;
 június 10-én (0—10 cm): 8'33, 8'41, 9'22, 9'01 mg P_2O_5 , átlag 8'76 mg P_2O_5 ;
 július 10-én (0—10 cm): 10'45, 10'77, 11'04, 11'13, 10'6, 10'67, 10'96 mg P_2O_5 , átlag 10'76 mg P_2O_5 ;
 augusztus 10-én (0—10 cm): 4'81, 4'89, 4'92, 4'13, 4'65 mg P_2O_5 , átlag 4'86 mg P_2O_5 ;
 augusztus 10-én (10—20 cm): 2'00, 1'73, 1'91 mg P_2O_5 , átlag 1'94 m P_2O_5 ;
 szeptember 10-én (0—10 cm): 4'54, 4'56, 4'69 mg P_2O_5 , átlag 4'58 mg P_2O_5 ;
 szeptember 10-én (10—20 cm): 2'73, 2'36, 2'81 mg P_2O_5 , átlag 2'63 mg P_2O_5 ;
 október 2-án (0—10 cm): 3'47, 3'4, 3'57 mg P_2O_5 , átlag 3'48 mg P_2O_5 ;
 október 2-án (10—20 cm): 1'68, 1'71, 1'79 mg P_2O_5 , átlag 1'72 mg P_2O_5 ;
 november 2-án (0—10 cm): 5'52, 5'44, 5'58 mg P_2O_5 , átlag 5'51 mg P_2O_5 ;
 november 2-án (10—20 cm): 2'31, 2'19, 2'09 mg P_2O_5 , átlag 2'19 mg P_2O_5 .

Vagyis látható, hogy a 0'2 normál sósavban oldódó P_2O_5 -nál is bizonyos évi hullámozás van, azonban az csodálatosan egész más irányú, mint ahogy ezt *dr. Fehér* kimutatta, továbbá a maximális és minimális értékek közötti különbség is egész más, mint *dr. Fehérnél*. Így tény az, hogy a könnyen felvehető P_2O_5 0—10 cm között május hónaptól júliusig folyton növekedik és pedig 7'11 mg-ról 8'76 mg-on keresztül 10'76 mg-ra, amikor a maximum következik be és júliusban 51%-kal több a könnyen felvehető P_2O_5 , mint májusban. Ugyanakkor *dr. Fehér* adatai szerint májustól júliusig a könnyen felvehető P_2O_5 egyszer egy kicsit csökken 9'9, 9'8%-kal, egyszer egy kicsit emelkedik 1%, egyszer erőteljesen emelkedik (229%), egyszer pedig erőteljesen csökken 56%. *Már ezek a feltűnő különbségek igazolják, hogy itt nem lehet szó szabályszerűségről, hanem itt durva analitikai hibáról van szó.*

Az én vizsgálataimból kitűnik továbbá az is, hogy augusztusban a könnyen felvehető P_2O_5 erőteljesen csökken, amely csökkenés szeptemberben és októberben is folytatódik, hogy akkor érje el a minimumot 4'68, 4'58, 3'48, hogy aztán novemberben megint egy kis növekedés követ-

kezden be (5'51 mg), azonban az érték jelentősen alatta marad a júliusi, de még a májusi értéknek is (5'51, 10'76, 7'11 mg P_2O_5). *Ebből tehát kitűnik, hogy szó sincs arról, hogy a nyáron és pedig július hónapban a könnyen felvehető P_2O_5 mennyiségében egy depresszió következik be, ahogy ezt dr. Fehér állítja⁴⁴⁾* és hogy október után rendkívül emelkedik a könnyen felvehető P_2O_5 mennyisége, sőt ellenkezőleg, július hónapban éri el a könnyen felvehető P_2O_5 a legnagyobb értéket, míg október—november hónapban a P_2O_5 mennyisége jelentősen csökken.

De az abszolút különbség az október—novemberi és a júliusi adatok között is egész más, mint amilyen értékeket dr. Fehér kapott.

Dr. Fehérnél az októberi, novemberi adatok a júliusi adatokhoz képest 1525, 941, 2017, 2114%-kal nagyobbak, míg nálam az októberi és novemberi adatok a júliusi adatnál 223 és 95%-kal kisebbek. De ezek az adatok nálam a 0—10 cm közötti talajrétegben fordulnak elő, míg a 10—20 cm közötti rétegben augusztustól novemberig alig van változás a könnyen felvehető foszforsavban 1'94, 2'63, 1'72, 2'19 mg P_2O_5 , mert hiszen ezek az értékek olyan kis értékeket képviselnek, hogy a közöttük fellépő különbségeket a nem egyenletes talajelosztás is okozhatja.

Éppen azért ahhoz a konklúzióhoz kell jutnom, hogy dr. Fehér adataiba, amelyekkel igazolni akarja, hogy olyan nagy a különbség a könnyen felvehető citromsav mennyiségében a nyári hónapokban és őszi és téli hónapokban, súlyos analitikai hibák csúsztak be.

Különben úglátszik, maga dr. Fehér is beláthatja, hogy hibás azon állítása, hogy a könnyen felvehető P_2O_5 az évi menetben egy minimumot mutat nyáron, egy maximumot késő őszkor vagy télen és hogy a különbség a minimum és maximum között óriási értékeket ér el, mert legújabb dolgozatában, amely a „Silva” 1937. évi évfolyamának 43-ik számában jelent meg, ilyenről már nincs szó. Ebben a dolgozatban dr. Fehér két sopronvidéki erdei talajban határozta meg híg salétromsav által kioldható P_2O_5 -mennyiségeket 'Sigmund' szerint, az év különböző hónapjaiban, amikor kitűnik, hogy szó sincs nyári minimumról és őszi feltűnő maximumról, de a maximum és minimum közötti különbségek is egész kis értékeket képviselnek.

Dr. Fehér már több éve nagyarányú vizsgálatokat folytatott, hogy betekintést nyerjen az alföldi homoktalajok tápanyagkészletébe. Ő tudniillik a Lemmermann-féle módszerrel 1%-os citromsavval kivonatolta a talajt és a kapott P_2O_5 - és K_2O -mennyiségekből következtetett arra, hogy alkalmas-e a talaj ákác termelésére.

Ő igen helyesen összefüggést keres azon tápanyagmennyiségek között, amelyeket a mezőgazdasági növények és az erdei fák hektáronként felvesznek és ebből levonja a konzekvenciákat.

⁴⁴⁾ Phosphorsäure, 1934. 4. kötet, 8/9. füzet, 516. old.

Ő az 5., 6. számú kísérleti területen Szeged vidékén meghatározta 10—20 cm mélységben az 1%-os citromsavban oldódó K_2O - és P_2O_5 -mennyiségeket és az 5-ös számú kísérleti területen kapott 1'85 mg K_2O -ot, 4'94 mg P_2O_5 -ot, a 6-os számúnál pedig 1'85 mg K_2O -ot és 2'30 mg P_2O_5 -ot. Ugyanezt végezte el a 7. és 8-as kísérleti területnél is és kapott 1'72, 2'01 mg K_2O -ot és 2'35, 2'41 mg P_2O_5 -ot. Ezekből az adatokból *dr. Fehér* kiszámította, hogy az 5-ös, 7-es, 8-as kísérleti területeken a citromsavban oldódó K_2O elegendő lesz 28, 27 és 31 évre, míg a citromsavban oldódó P_2O_5 208, 555 és 97 évre fog kitartani.⁴⁴⁾

Dr. Fehér kiszámította továbbá a talajokban azt a határértéket is az 1% citromsavban oldódó K_2O és P_2O_5 alakjában, amelyet a talaj kell, hogy tartalmazzon, ha rajta akácot akarnánk termelni.

Ő kiszámítja, hogy a különböző termőhelyű akácson milyen nagy a citromsavban oldódó P_2O_5 - és K_2O -szükséglet.

Így *dr. Fehér* kimutatja, hogy az akác különböző termőhelyen a következő citromsavban oldódó P_2O_5 -tömegeket követel 100 gr talajban:⁴⁵⁾

I. termőhelyi osztály, vágásforduló	20 év	9'92 mg P_2O_5
„	30 „	8'02 „ „
„	40 „	6'54 „ „
III. termőhelyi osztály, vágásforduló	20 év	7'92 mg P_2O_5
„	30 „	6'77 „ „
„	40 „	5'54 „ „
V. termőhelyi osztály, vágásforduló	20 év	5'32 mg P_2O_5
„	30 „	4'99 „ „
„	40 „	4'06 „ „
VI. termőhelyi osztály, vágásforduló	20 év	3'23 mg P_2O_5
„	30 „	3'33 „ „
„	40 „	2'71 „ „

Ilyen módon tehát kiténik, hogy pl. az 5-ös számú kísérleti területen, mert az csak 4'94 mg P_2O_5 -ot tartalmaz, csak V-ös termőhelyű osztályú akácos képződhet, míg a 6, 7 és 8-as kísérleti terület akác termesztésére nem alkalmas, amennyiben ezek a területek 100 gr talajban kevesebb könnyen oldódó P_2O_5 -ot tartalmaznak, mint amennyit a VI-os termőhelyű 40 éves vágásfordulóban kezelt akácos követel.

Dr. Fehér azután 39 kísérleti terület közül, az általa megállapított határértékek alapján kimondja, hogy belőlük több mint 50% akáctermelésre alkalmatlan még akkor is, ha ezeket a területeket a legalacsonyabb termőhelyi osztályba besorozzuk.⁴⁶⁾ *Dr. Fehér* továbbá kifejti, hogy az alföldi ho-

⁴⁴⁾ Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung, 1934. 33. köt., 5/6.füz., 330. old.

⁴⁵⁾ Phosphorsäure, 1933. 3. kötet, 7/8. füzet, 454. old.

⁴⁶⁾ Phosphorsäure, 1933. 3. kötet, 7/8. füzet, 455. old.

mokterületek fásításánál először meg kell állapítani az 1%-os citromsavban oldódó P_2O_5 - és K_2O -mennyiségeket és ha az kisebb, mint az általa megadott határérték, akkor azon akácot termelni nem lehet.

Sajnos, kénytelen vagyok megállapítani azt, hogy *dr. Fehérnek* azon állítása, hogy az alföldi homoktalajokon az 1% citromsav segítségével meg lehet állapítani azt, hogy a talaj alkalmas-e akác termesztésére, egy nagy félreértésen alapszik.

Tudniillik az alföldi homoktalajok körülbelül 5, 6% $CaCO_3$ -ot tartalmaznak és ezekben az 1%-os citromsav legalább is a P_2O_5 -ra vonatkozólag teljesen hamis eredményeket ad. Tudniillik ilyen nagy $CaCO_3$ -tartalom mellett a talajból annyi Ca-citrat kerül a vizes oldatba, hogy ennek a sónak nagymérvű disszociációja folytán a citromsav disszociációs foka annyira lecsökken, hogy annak oldó hatása erősen gyengül és így az 1%-os citromsav az erősen meszes futóhomokból nem képes kioldani azt a P_2O_5 -mennyiséget, amely valóban kioldható, hanem ennek csak egy részét, dacára annak, hogy a $CaCO_3$ közömbösítésére még külön citromsavat használtunk fel. Ha tehát pl. egy 5% $CaCO_3$ -ot tartalmazó alföldi futóhomok talajból az 1%-os citromsav mondjuk 3 mg P_2O_5 -ot old ki, akkor ez egyáltalában nem jelenti azt, hogy ebben a talajban nincs már több könnyen oldódó P_2O_5 , sőt ellenkezőleg, ebben a talajban lehet még 4—5-ször annyi könnyen oldódó P_2O_5 , csak azt a citromsav nem tudja kioldani.

Éppen azért nagyobb mennyiségű meszet tartalmazó talajt nem is kezelnek 1%os citromsavval, mert a kapott eredmények teljesen hamis képet nyújtanak a könnyen felvehető P_2O_5 szempontjából. *Az 1%-os citromsavval helyes eredményeket csak mészmentes talajon nyerhetünk, az alföldi futóhomoktalajok pedig nem ilyenek.*

Éppen azért, mert a $CaCO_3$ nagy mértékben zavar az 1%-os citromsavval való kivonatolással, az ilyen talajokat vagy 0'2 normál HCl- vagy HNO_3 -al kell kivonatolni, ahogy ezt Amerikában teszik, amikor figyelembe kell venni a $CaCO_3$ -tartalmat és amikor az oldatba ment $Ca(NO_3)_2$ az igen erősen disszociált HNO_3 -ra nagyobb befolyást nem gyakorol. Vagy pedig a talajokat a 'Sigmond-féle eljárással körülbelül 0'01 normál salétromsavval kell kivonatolni. A 'Sigmond-féle eljárás $CaCO_3$ -mentes, de nem nagyon savanyú talajoknál körülbelül annyi P_2O_5 -ot old ki, mint az 1%-os citromsav. Nagyon kilúgozott, savanyú, igen alacsony pH-értékkel bíró talajoknál a 'Sigmond-féle eljárás szerint kevesebb P_2O_5 -ot kapunk, mint az 1%-os citromsavval, amit azzal magyarázunk, hogy ilyen nagyon savanyú talajban a foszfor, alumínium és vas foszfátok alakjában van jelen és ezek a citromsavval komplex sókat alkotnak, miáltal több oldódik ki belőlük, mint a híg ásványi savak által. *Viszont a meszet tartalmazó talajokból a 'Sigmond eljárásával sokkal több P_2O_5 -t kapunk, mint az 1%-os citromsavval. Így Becker vizsgálatokat végzett ez irányban és kimutatta, hogy*

mennyivel több P_2O_5 nyerhető a 'Sigmond-féle eljárással az 1% citromsavas eljárással szemben.⁴⁷⁾

$CaCO_3$ %	P_2O_5 'Sigmond szerint	P_2O_5 1% citromsavban oldva
4'67%	32'23 mg	5'00
4'75 „	25'80 „	1'78
9'02 „	46'65 „	9'54
9'35 „	15'30 „	2'7

Ez a táblázat is mutatja, hogy mennyivel több P_2O_5 nyerhető a 'Sigmond-eljárással az 1% citromsavas eljárással szemben. *Az alföldi futóhomokok is sok meszet tartalmaznak, tehát önük is így lesz.*

Tehát addig, amíg az alföldi futóhomoktalajok könnyen felvehető P_2O_5 mennyiségét 0'2 normál sósavval, vagy salétromsavval, vagy a 'Sigmond-eljárással meg nem vizsgáljuk, addig azok valódi, könnyen felvehető P_2O_5 -tartalmáról kellő képet nem kaphatunk és *dr. Fehér vizsgálatai 1%os citromsav segítségével egyáltalában nem mutathatják még, hogy egy talaj alkalmas-e, hogy ákáccal erdősítsük a könnyen felvehető P_2O_5 szempontjából.* Amennyiben a meszes talaj 1%-os citromsavval kezelve csak annyi P_2O_5 -ot enged el, hogy az a benyomás keletkezik, mintha ez a talaj foszfortrágyára éhes volna, a valóságban azonban foszfortrágyával kezelve hatás nem mutatkozik, mert a talaj még elég könnyen felvehető P_2O_5 -ot tartalmaz.

Így lesz ez a könnyen felvehető K_2O mennyiségével is, habár ez a kérdés még nincs kellően tisztázva, de úgy látszik, a könnyen felvehető K_2O mennyisége nem függ olyan mértékben a talaj $CaCO_3$ -tartalmától, mint a P_2O_5 .

Összefoglalva dr. Fehér regionális foszforsavvizsgálatait és összehasonlítva őket más szerzők adataival, abszolút tévedésnek kell minősíteni' azon állítását, hogy észak felé a földrajzi szélesség nagyobbodásával a foszforsav mennyisége az erdei talajban jelentősen növekedne. Továbbá azt is meg kell állapítani, hogy dr. Fehér eberswaldei, finn, sőt még soproni talajainak $CaCO_3$ -tartalma sehogysem egyeztethető össze más kutatók $CaCO_3$ -adataival, amennyiben dr. Fehér sokkal több $CaCO_3$ -t mutat ki a talajban, ugyanakkor pedig ezen talajok reakciója olyan feltűnően savanyú, máskor pedig a $CaCO_3$ -tartalom sokkal kisebb.

Végül azt is ki kell emelni, hogy dr. Fehér eddigi adatai még egyáltalán meggyőzően nem igazolják, hogy a citromsavban oldódó P_2O_5 mennyisége egy esztendő alatt feltűnő szabályos változásoknak volna alávetve az erdei talajban és azt még sok kifogástalan analízis adataival a jövőben igazolni kell.

⁴⁷⁾ Mezőgazdasági Kutatások, 1928, november-decemberi szám, 80. old.

II.

Megjegyzések Dr. Fehér analitikai vizsgálataihoz, amelyek az erdei talajok K_2O humusztartalmával és a talaj reakciójával foglalkoznak.

Dr. Fehér már több éve nagyarányú vizsgálatokat folytat, amely vizsgálatok elsősorban az erdei talajok mikrobiológiai jelenségeivel foglalkoznak, amely vizsgálatokban azonban *dr. Fehér* a káli regionális elterjedésére is kiterjeszkedett, továbbá vizsgálat tárgyává tette a káli jelentőségét az Alföld fásításának szempontjából. Legfontosabb dolgozatai a következők:

I. Regionale Untersuchung über den P_2O_5 -Gehalt der Waldböden. („Phosphorsäure“ 1932, 2. kötet, 12. füzet.)

II. Untersuchungen über den P_2O_5 -Gehalt einiger Sandböden auf der ungarischen Tiefebene. („Phosphorsäure“ 1933, 3. kötet, 7—8. füzet.)

III. Az erdőtalaj kálium- és foszforsavgazdálkodása és annak gyakorlati jelentősége. (Erdészeti Lapok 1933, VII. és VIII. füzet.)

IV. Regionale Untersuchungen über den Kaligehalt der Waldböden. (Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung 1934, 33. kötet 5/6 füzet.)

V. Vergleichende Untersuchungen über den Kali- und Phosphorgehalt der Sandböden auf der ungarischen Tiefebene mit besonderer Berücksichtigung ihrer Fruchtbarmachung. (Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung 1935, 37. kötet 1—2. füzet.)

VI. Néhány megjegyzés a váltógazdaság problémájához. (Erdészeti Lapok 1936. áprilisi szám.)

VII. Adatok a magyarországi erdőtalajok nitrogén-, foszfor- és káliállapotának ismeretéhez. (Erdészeti Lapok 1936. augusztusi szám.)

Engedtetsek meg nekem, hogy talajtani szempontból hozzászóljak *dr. Fehér* dolgozataihoz annyival is inkább, miután a VI. és VII. számú dolgozatában bizonyos érthetetlen ellentétek fordulnak elő. *Dr. Fehér* tudniillik az Erdészeti Lapok 1936 augusztusi számában a következőket írja: „A talajok káliumtartalmát sósavas kivonatolással, amint perchlorsavas káliumot gravimetrikusan határoztam meg. Eredetileg a nemzetközi talajtani társulat második bizottságában tárgyalt módszerek közül a porosz geológiai intézet által követett eljárást használtam, amelyet a német talajtani munkaközösség is első helyen ajánlott. Tekintettel azonban arra, hogy az azóta elmúlt évek alatt a nemzetközi irodalomban a *Van Bemmelen-Hissink*-féle módszer mindinkább tért hódított, ezeket a kutatásaimat már ezen vizsgálati módszer alapján végeztem. Természetesen ez az utóbbi eljárás magasabb eredményeket ad, mint az eredetileg használt módszer és éppen ezért a régebbi értekezéseimben közölt adatok csakis ennek a kö-

rülménynek a figyelembevételével hasonlíthatók össze a mostaniakkal." Vagyis *dr. Fehér* szerint az 1933. és 1934. évben megjelent dolgozatok a porosz geológiai intézet által alkalmazott eljárással meghatározott sósavas kálíkivonatot adják.

Mielőtt rámutatnék a nagy ellentmondásra, amely fennáll *dr. Fehér* augusztusi és az Erdészeti Lapokban megjelent áprilisi cikke között, engedtessek meg nekem, hogy a következőkre térjek ki. Ő a régebbi dolgozataiban a porosz geológiai intézet eljárása szerint nyert sósavas kivonatban levő kálit Gesamtkalinak (összkálinak) nevezi, amely elnevezés alapján véve teljesen hibás és helytelen, amennyiben a nemzetközi talajtani társaság második bizottsága Budapesten 1929. évi július 1-én *elfogadta nagy többséggel 'Sigmond azon javaslatát, hogy a Van Bemelen-Hissink-eljárás legyen a sósavas kivonat készítésénél a hivatalos eljárás,* továbbá Gesamtkalinak növényfiziológiai célokra azt a kálimennyiséget ajánlja, amely a második bizottság 1929. évi július 1.-i határozata értelmében, a talajnak sósavval való kivonatosításánál a *Van Bemmelen-Hissink* eljárással oldatba megy.¹⁾ *Tehát a porosz geológiai intézet eljárása által kioldott sósavas kálit dr. Fehér nem is nevezhette el összkálinak, mert hiszen az a Van Bemmelen-Hissink eljárása szerint kapott káli mennyiségének aszerint, hogy homok- vagy agyagtalajjal állunk szemben, 55—83%-át képezi.* A talajtani bizottság ezen javaslata, hogy a *Bemmelen-Hissink*-féle sósavas kivonat útján kapott káliummennyiséget összkálinak nevezzék el, nem megfelelő, mert az igazi Gesamtkáliumot (összkáliumot) a talajban csak HF-el vagy CaCO₃-al való feltárással lehet megkapni és éppen azért a talajtani bizottság ezen javaslatának nem volt eredménye, amennyiben 1929 után, ha sósavas kivonatot készítettek és benne a káliumot meghatározták, egyetlenegy kutató dolgozatában ezt a káliumot összkáliumnak nem nevezte el, hanem a kálium mindenhol úgy szerepel, mint sósavban oldódó kálium és *dr. Fehér az egyedüli szerző az egész világirodalomban, aki a porosz geológiai intézet sósavas kivonatából nyert káliumot egész önkényesen Gesamtkalinak (összkálinak) nevezte el.* Viszont éppen ellenkezően a német „Arbeitsgemeinschaft zur Schaffung einheitlicher Methoden für die Untersuchung der Böden“, az 56. oldalon tárgyalja a sósavas kivonatnak a készítését, de az 55. oldalon „Die Bestimmung des Gesamt-Kaliums“ cím alatt tárgyalja a talajban levő összkálinak a meghatározását a *Smith*-féle CaCO₃-os eljárás szerint és az ilyen módon nyert K-ot nevezi G-Káliumnak és nem pedig a sósavas kivonatban nyert káliumot. A CaCO₃-os feltárást különösen nyomatékosan visszaidézem *dr. Fehér* emlékezetébe azért, mert mikor 1934-ben a Z. f. Pfl. u. Düngung-ban megjelent első dolgozata,

¹⁾ Verhandlungen der zweiten Kommission und der Alkali-Subkommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft $\frac{\text{Volume B}}{\text{Teil B}}$ 34. oldal.

amelyben összkáliról volt szó, akkor én azt hittem, hogy az összkáli valóban a *V. B. Hissink* sósavas kivonatából való, azonban gondoltam, hogy valami hiba csúszott be a meghatározásnál, mert *dr. Fehér* adataiból az tűnt ki, hogy az alföldi laza futóhomokból a sósav több K-ot vont ki, mint a soproni kötött talajokból és azért személyesen megjelentem *dr. Fehér*-nél, hogy figyelmeztessem a hibára. Legnagyobb csodálkozásomra azonban *dr. Fehér* a kezembe nyomta a Deutsche Arbeitsgemeinschaft már előbb említett kis könyvecskéjét, kinyitotta az 55. oldalt és azt mondta, hogy az összkáliumot az ezen az oldalon leírt „Bestimmung der Gesamtkaliums” szerint, vagyis a CaCO_3 -tal való feltárással határozta meg, vagyis a *dr. Fehér* által hozott Gesamt-Káli úgy lett meghatározva, hogy a talajt a CaCO_3 -tal feltárták és a talajban levő összes oldódó és oldhatatlan K-ot határozták meg, vagyis nem sósavas kivonatot készítettek.

Mikor én megjegyeztem, hogy hiszen nincs Finger-tégelyük és anélkül a káliumot ezen eljárás szerint nem lehet jól meghatározni, *dr. Fehér* azt a választ adta, hogy azt közönséges platintégelyben meg tudja csinálni. Erre én figyelmeztettem *dr. Fehér*t, hogy hiszen ha ő CaCO_3 -tos feltárással határozta meg a K_2O -ot, akkor ez még nagyobb hiba, mert a talajok az ilyen módon meghatározott káliumból, aszerint hogy homokos vagy agyagos talajjal állunk szemben, 1–3% K_2O -ot tartalmaznak, nem pedig 0'05–0'07%-ot, ahogy ő ezt a talajaiban kimutatta. *Dr. Fehér*t azonban nem sikerült meggyőzni, mert azzal érvelt, hogy én tévedek, mert a magasabb K_2O -ok csak a mezőgazdasági földekben fordulnak elő, erdei talajokban azonban csak olyan kevés van, hogy ő ezt kimutatta. *Ezért kell elnézésnek és tévedésnek tekintenem dr. Fehér azon állítását, hogy régebbi összkáli adatai a porosz geológiai eljárás sósavas kivonatából valók.*

Különben is *dr. Fehér* ezen állítása a legélesebb ellentétben van azzal, amit az Erdészeti Lapok 1936. évi évfolyamának áprilisi füzetében állít, amely állításból az következik, hogy *dr. Fehér* elnézte augusztusi dolgozatában, hogy káliadatai sósavas kivonatot jelentenek. Ő tudniillik az áprilisi füzet 284. oldalán a következőket írja: „Az általunk megvizsgált erdő-típusok talajában a foszforsavtartalom 0'03–0'07%-ig, a káliumtartalom pedig 0'04–0'17% között váltakozik a talaj legfelső szintjében.” Ezek *dr. Fehér* megállapításai azon káliadatokról, amelyek dolgozataiban, mint összkáli szerepelnek. Vagyis *dr. Fehér* egy szóval sem említi, hogy ezen adatok sósavas kivonatot jelentenek, ami nem volna hiba, ha *dr. Fehér* mindjárt a következő sorokban a következőket nem írta: „Rendkívül érdekes, ha most a mi vizsgálati eredményeinket a külföldi irodalomban közzölt analizisekkel hasonlítjuk össze. Schütze német erdeifenyvesek talajának vizsgálatánál azt találta, hogy a foszfor 0'023–0'057%, a kálium pedig 0'021–0'12% között változik. Albert eberswaldei talajokon végzett vizsgálatainak eredményei hasonló értékek között mozognak. Így a foszfortar-

talom 0'02—0'12%-ig, a kálitartalom pedig 0'09—0'1%-ig. Megjegyzem — mondja dr. Fehér —, hogy Albert és Schütze adatai sósavban oldható foszfor- és kálimennyiségekre vonatkoznak. Vagyis dr. Fehér a Schütze és Albert adatai és a saját adatai között különbséget tesz, mert kiemeli, hogy azok mások és hozzáteszi, hogy azok sósavas oldatból valók. Itt dr. Fehér tévedett, mert Schütze adatainál a foszforsav az összfoszforsavat, a káli-adatok pedig a sósavas kivonatot jelentik. De dr. Fehér ezen megállapítása döntően igazolják, hogy az áprilisi számban összkáliadatai nem sósavas kivonatból valók, mert hiszen ezt feltétlen ki kellett volna tüntetni, már azért is, mert a foszforsav adatai nem a sósavas kivonatot, hanem az összfoszforsavat jelentik.

És ha, mondjuk, félreértettem dr. Fehért — amit teljesen kizárnak tartok — és régebbi összkáliadatai valóban a porosz geológiai intézet sósavas kivonatából valók, akkor is adatai nem lehetnek megbízhatók, amennyiben talajai homokos, vályogos és agyagos jelleggel bírnak és a sósavas kivonatban ezek a jellegek ő nála egyáltalán nem vehetők ki, amennyiben a homokos, vályogos és agyagos talajok a sósavas kivonatban majdnem szabályszerűen még sokkal jobban térnek el a kálitartalom szempontjából, mint ugyanazok a talajok a bennük levő tényleges össz-K szempontjából.

Így Fleischer szerint a talajok a következő össz-K₂O-mennyiségeket tartalmazzák: Homoktalaj 1'14%, vályogtalaj 1'06%, agyagtalaj 2'6%, meszes talaj 0'85, humuszos agyagtalaj 1'96%.²⁾ De Aarnio is vizsgálta a finnországi talajok valódi összkáli tartalmát, mikor a következő adatokat kapta: Nehéz agyagtalaj 3'29%, könnyű agyag 3'88%, Bröchel-agyag 2'98%, homoktalaj 2'07%, moránatalaj 2'53%. Vagyis látható, hogy Fleischer szerint a valódi összkáli tartalomban a homoktalaj a vályogtól nem különbözik, míg az agyagos talajok 2—2'5 annyi kálit tartalmaznak, mint a homoktalaj. Viszont a finn talajoknál az agyagtalaj körülbelül 1'5-szer annyi K-t tartalmaz, mint a homoktalaj. A sósavas kivonathoz képest azonban teljesen megváltozik. Így Schneidewind szerint a forró 10% sósav a homoktalajokból átlagban 46, vályogos homokból 164, homokos vályogból 259, vályogtalajból 380 és agyagos talajból 545 mg K₂O-t old ki.³⁾

Müller is sósavas kivonattalással 4, homoktalajnál kapott 90, 54, 41 mg K₂O-ot, vályogos homoktalajnál 180, 148 mg K₂O-ot, 3 db homokos vályogtalajnál 184, 298, 290 mg K₂O-t, 3 vályogtalajnál 459, 310, 370 mg K₂O-ot és 4 agyagos talajnál 558, 580, 320, 720 mg K₂O-ot.⁴⁾

De Wiegner is ismerteti a talajok sósavas kivonatát, amikor a következő adatokat adja: Homoktalajok 10—50 mg K₂O, vályogos homoktalajok

²⁾ Schneidewind: „Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen“. (Táblázat a 184. oldalon.)

³⁾ L. c. 188. o.

⁴⁾ L. c. 182. o.

50—100 mg K_2O , homokos vályog 100—200 mg K_2O , vályogtalajok 200—400 mg K_2O , agyagtalajok 250—450 mg K_2O .⁵⁾

Vagyis látható, hogy *Schneidewind* szerint a vályogos homok és homokos vályog 4—6-szor, a vályogos és agyagos talaj 8—12-szer annyi káliát ad le a sósavas kivonatnak, mint a homoktalaj. *Müller* szerint az arány: 1 : (2, 4) : (2, 3, 6) : (3, 6, 8) : (5, 7, 8).

A legkülönbözőbb vizsgálatok tehát azt mutatják, hogy a kötöttebb talajokban több a sósavban oldódó K, ami nemcsak a mezőgazdasági talajokra, hanem az erdei talajokra is érvényes és azért ma a talajtani tudomány elfogadta azt a tételt, hogy minél több agyagos rész van valami termőtalajban, annál több benne a sósavban oldódó káli mennyisége és általában sok eliszapolható résznek sok sósavban oldódó káli felel meg és megfordítva.⁶⁾ Ezt a szabályt legújabban *Vladimir Gössl* is igazolja, aki a legkülönbözőbb típusú talajokat 10%-os forró sósavval kivonatolt, mikor megmondja, hogy bizonyos összefüggés a talaj mechanikai és kémiai összetétele között csak a kálinál látható és a sósavban oldódó káli mennyisége egyenletesen növekedik az agyagos rész (0 01 mm-nél kisebb) növekedéssel.⁷⁾

Ha már most ezt a szabályt figyelembe vesszük, akkor ez *dr. Fehér* káliadatainál is ki kellene hogy tűnjön, hiszen ő extrem magyar futóhomokokból, Szeged és Kecskemét vidékéről készített sósavas kivonatot, de Miskolc és sopronvidéki agyagos és vályogos talajokból is. Ez a szabály azonban nem tűnik ki, sőt ellenkezőleg, *dr. Fehér* laza futóhomokjai közül egyesek több sósavban oldódó káliát tartalmaznak, mint a kötött agyagos és vályogos talajai.

Így a *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung* 1934. évfolyamában a 33. kötet 5—6. füzetében a 324. oldalon két szegedi és két kecskeméti homoktalajt ismertet 70'55, 42'33, 56'44 és 47'94 mg káliummal, ugyanakkor Sopronból öt talajt (vályogos, agyagos) 79, 18'34, 66'32, 68'22, 53'62 mg K-al hoz, egyet pedig Miskolcra 59'26 mg káliummal. De az előbb említett folyóirat 1935. évi évfolyamában a 37. kötet 1—2. füzetében a 38. oldalon 9 alföldi homoktalaj káliatartalmát hozza 70'55, 42'33, 56'44, 47'94, 63'50, 79'02, 69'4, 97'36, 73'36 mg káliummal. Ezek az adatok mutatják, hogy *dr. Fehér* szerint a futóhomokon az Alföldön több a káli a sósavas kivonatban, mint a soproni agyagos vályogos talajoknál.

Itt feltétlen vaskos analitikai hiba csúszhatott be és majdnem teljesen érthetetlen, hogy *dr. Fehér* azt nem vette észre, hiszen ismerhette *Ballenegger* adatait, aki már sokkal előbb készített sósavas kivonatot alföldi homokról és kötötteb erdei talajról.

⁵⁾ *Wiegner*: „Anleitung zum quantitativen agrilkulturchemischen Praktikum“, 203. o.

⁶⁾ *Schneidewind*: „Die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen“, 1928. 187. oldal.

⁷⁾ *Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung*, 1933. 30. kötet, 1/3. füzet, 131. o.

Ballenegger a deliblati, kecskeméti, nyírlugosi és malackai homoktalajról készített sósavas kivonatot *Hilgard* szerint, mikor a következő értékeket nyerte:

Deliblat	Kecskemét	Nyírlugos	Malacka
0—30 cm	0—10 cm	0—10 cm	0—15 cm
130 mg K ₂ O	120 mg K ₂ O	120 mg K ₂ O	70 mg K ₂ O

De *Ballenegger* kötöttebb vályogos agyagos erdei talajokról is készített sósavas kivonatot ugyanolyan módon, mint a homoknál, mikor a következő eredményeket kapta:

Tenke		Kisunyom	
Szürke erdei talaj		Szürke erdei talaj	
0—15 cm	500 mg K ₂ O	0—25 cm	640 mg K ₂ O
15—20 "	550 " "	35—40 "	900 " "
Karád		Nagykanizsa	
Barna erdei talaj		Barna erdei talaj	
0—10 cm	480 mg K ₂ O	0—22 cm	650 mg K ₂ O
40—50 "	770 " "	50—60 "	700 " "

Vagyis *Ballenegger* adataiból kitűnik, hogy a kötöttebb erdei talajoknál 4—5-ször annyi a sósavban oldódó K, mint a laza alföldi homokon, míg *dr. Fehér*-nél még a laza homokon van több K, ami teljesen lehetetlen.

Különben *dr. Fehér*, 6., 7. és 8. számú alföldi futóhomok talajánál, kapott K₂O-mennyisége, ha az, mondjuk, valóban a porosz geológiai intézet eljárása szerinti sósavas kivonatból való volna, akkor is az eredmény hibás kell hogy legyen, mert hiszen ennek a három talajnak CaCO₃-tartalma nem 0'8, 0'9 és 1%, hanem 4'5, 5'5 és 5'5%, ahogy ezt én meghatároztam, tehát a sósavas kivonatot úgy kell belőlük készíteni a porosz geológiai intézet eljárása szerint, hogy 25 gr talajt kell főzni 100 cm³ 1'15 fajsúlyú sósavval, míg 0'8, 0'9 és 1% CaCO₃ mellett 50 gr talajt kell főzni 100 cm³ sósavval, ami egész más valami. Ugyanezen ok miatt a *dr. Fehér* által meghatározott P₂O₅-mennyisége, amely 1% citromsavban oldódik, szintén hibás, mert hiszen 4'5—5'5% CaCO₃ mellett a citromsav, amely 1%-os, annyira gyengül, hogy annak koncentrációja 0'4—0'6%-os lesz, amely citromsav sokkal kevesebb K₂O-t old ki a talajból, mint az 1%-os citromsav. Ezért *dr. Fehér* számításai, amelyekkel kimutatta, hogy mennyi időre lesz elég a citromsavban oldódó K₂O-mennyisége, nem bírnak megfelelő reális alappal.

Dr. Fehér sopronvidéki és miskolci agyagos és vályogos talajainak abnormális kis K értékei a porosz geológiai eljárás szerint abszolút ellen-

tétben vannak a horvátországi erdei agyagos és vályogos talajainak káli értékeivel, amely talajok már humidabb éghajlat alatt keletkeztek. A talajok 10%-os sósavval lettek kivonatolva és három órán át vízfürdőn melegítve. A talajok tölgy alatt alakultak ki a Száva völgyében⁸⁾:

I.	8—25 cm	110 mg	K ₂ O,	30—60 cm	120 mg	K ₂ O
II.	10—20 „	170 „	„	30—60 „	190 „	„
III.	5—20 „	160 „	„	20—40 „	130 „	„
IV.	5—40 „	110 „	„	40—50 „	110 „	„
V.	10—30 „	190 „	„	40—75 „	230 „	„

Talajok a Dráva völgyéből szintén tölgy alatt⁹⁾:

I.	5—15 cm	100 mg	K ₂ O,	40—60 cm	100 mg	K ₂ O
II.	5—20 „	140 „	„	25—60 „	190 „	„
III.	5—15 „	160 „	„	40—60 „	140 „	„
IV.	5—15 „	160 „	„	25—45 „	180 „	„
V.	5—15 „	150 „	„	25—40 „	150 „	„

Ezzel szemben *dr. Fehér* soproni és miskolci káliadatai a porosz geológiai intézet eljárása szerint nyerve, sokkal erősebb, 1'15 fajsúlyú (29'57%-os) sósavval kezelve és főzve, 53'62, 68'22, 66'32, 18'34, 79'02, 59'26 mg K₂O-t tesznek csak ki.

Az is igen valószínűtlen, hogy *dr. Fehér* finnországi és norvég talajai-ban, amelyek *dr. Fehér* leírása szerint morenás vályogtalajok (a 36., 37., 38., 45. és 46. számú kísérleti területek), a sósavas kivonatban körülbelül annyi legyen a K, mint a magyar Alföld laza futóhomok talajaiban.

Dr. Fehér egy miskolckörnyéki tölgyest szintén vizsgált K₂O-tartalomra, amikor 100 gr talajra kapott 59'26 mg K₂O-dot. Ez ellen az érték ellen kifogásokat nem emeltem volna, ha *dr. Fehér* nem írja le, hogy a talaj mészkő felett keletkezett rendzina. Viszont az irodalomban közismert, hogy a rendzinák sokkal több sósavban oldódó K₂O-dot tartalmaznak, mint amilyen értéket ő kapott.

Igy *Grete Maurmann*, Göttingen körüli mészből keletkezett erdei ta-lajokat vizsgált, amikor a sósavas kivonat a következő adatokat adta:

I. sz. Bükkös.

Legfelső humuszos réteg	A ₁ ,	333 mg	K ₂ O
Alsóbb	„	320 „	„

⁸⁾ Sumski pokusi, 1926. Táblázatok a 131., 134., 136., 139., 142. o.

⁹⁾ Sumski pokusi, 1927. Táblázatok a 220., 223., 225., 228., 232. o.

II. sz. Bükkös.

Legfelső humuszos réteg	290	mg	K_2O	A_1
Alsóbb	"	"	"	A_2
	220	"	"	

III. sz. Bükkös.

Humuszos réteg 220 mg K_2O .¹⁰⁾

De a Frankenalbból (Bajorország) is ismerünk mészkövön keletkezett erdei talajokat.

I. sz. Bükkös, jegenyefenyő.

Humuszos réteg 200 mg K_2O

II. sz. Bükkös, jegenyefenyő.

Humuszos réteg 180 mg K_2O

III. sz. Bükk, tölgy és nyír.

0—5 cm 200 mg K_2O

5—30 " 180 " " ¹¹⁾

De *Dr. F. K. Hartmann* nagyarányú vizsgálatai is igazolják, hogy a németországi mészkövön keletkezett rendzinák lomberdők alatt sokkal több K_2O -ot tartalmaznak, mint amennyit *dr. Fehér* a miskolci talajában kimutatott.

I. szám.	II. szám.	III. szám.
1—5 cm 224 mg K_2O	1—5 cm 691 mg K_2O	1—10 cm 562 mg K_2O
25—30 " 408 " "	45 " 432 " "	50 " 497 " " ¹²⁾

Ezek az idegen adatok lebegtek a szemeim előtt, mikor arra következtettem, hogy a 28-as számú miskolci tölgy alatti rendzinában lehetetlen, hogy olyan kevés K_2O legyen és azért megcsináltam ennek a talajnak sósavas kivonatát a porosz geológiai intézet eljárása szerint, mikor két párhuzamos próba 196'87 és 200'94 mg K_2O -ot adott, amikor *dr. Fehér* 59'26 mg K_2O -ot kapott. *Nagyon különös lenne, hogyha a miskolci lombfaterdők talajai mészen csak olyan kevés K_2O -ot tartalmaznának, mert hiszen ezek volnának akkor az egész világon a káliban legszegényebb meszes rendzinás agyagtalajok lomberdő alatt.*

Különben meghatároztam ennek a talajnak $CaCO_3$ -tartalmát is, mikor kitűnik, hogy 0'23, 0'22% $CaCO_3$ -ot tartalmaz akkor, mikor *dr. Fehér* benne 1'8%-ot határozott meg. Hát *dr. Fehérnek* nem tűnt az fel, hogy 1'8% $CaCO_3$ mellett nem mutathat a talaj 5'62 pH-értéket.

¹⁰⁾ Chemie der Erde 1931, VI. kötet. „Über Roterde ähnlichen Böden auf Kalksteinen Mitteldeutschlands". 77. oldal. Táblázat a 90., 97. és a 120. oldalon.

¹¹⁾ Chemie der Erde, 1936, X. kötet, 1. oldal. *Blanck* és *v. Oldershausen*: „Über rezente und fossile Roterdebildung, insbesondere im Gebiet der südlichen Frankenalb des Altmühlgebirges.

¹²⁾ Forstliche Wochenschrift Sylva, 1933. 32. sz. *Dr. F. K. Hartmann*: „Zur sozio-ökologischen Charakteristik der Waldbestände Deutschlands". 254. o.

En is vizsgáltam négy sopronkörnyéki vályogos talajt kálitartalomra, a porosz geológiai intézet sósavas eljárása szerint.

A négy soproni talaj közül az egyik a főiskola kertjéből való és belőle elkészítettem 10—20 cm mélység között a porosz geológiai intézet eljárása szerinti sósavas kivonatot a 2 mm-es szitán átment talajból. Az analízis eredménye volt 253, 273, 246, 262, 246, 250 mg K_2O . A *Hissinkes* eljárás viszont adott 303—331 mg K_2O -ot.

A másik talaj egy erősen homokos vályog, amely gneiszből keletkezett, fenyő alatt, Sopron városa felett. A 2 mm-es szitán átment talajból a sósav *V. B. Hissink* szerint 10—20 cm között 141, 154 mg K_2O -ot oldott ki.

A harmadik talaj leukophillitből keletkezett, kötöttebb, mint az előbb említett talaj és rajta lomberdő áll. A sósavas kivonat 10—20 cm között *V. B. Hissink* szerint 239 és 247 mg K_2O -ot adott.

A negyedik talajon lúcfenyő van és 10—20 cm között a sósavas kivonat 341 és 334 mg K_2O -ot adott.

Végül az ötödik talajból, amelyen vegyes lomberdő áll, a sósavas kivonat 288'9 és 288'9 mg K_2O -ot adott.

Ha már most az adatokat a következő módon hasonlítom össze: kecskeméti homoktalajok 47, 55, 70'5 mg K_2O (sósavas kivonat), soproni kötöttebb talajok 253, 273, 141, 154, 239, 247, 341, 288'9, 288'9, akkor az összehasonlítás is azt mutatja — hasonlóan, mint *Ballenegger* adatai —, hogy a kötöttebb erdei talajokon Sopron vidékén, amelyek azonban még távolról sem agyagtalajok, mégis 2—6-szor annyi a sósavban oldódó K_2O mennyisége, mint a laza kecskeméti homokban, míg megfordítva, *dr. Fehér*nél a laza homokban több a káli, mint a soproni kötöttebb talajoknál.

Dr. Fehér adatai homokon: 70'55, 42'33, 56'44, 47'94, 63'50, 79'02, 69'4, 97'36, 73'36 mg K_2O .

Dr. Fehér adatai soproni kötöttebb talajokból: 79, 18, 34, 66, 32, 68'22, 53'62 mg K_2O .

Hogy azonban teljesen tisztán lássak, *dr. Fehér* négy soproni talaját szintén megvizsgáltam a porosz geológiai intézet sósavas kivonatólójeljárásával, mikor a következő eredményeket kaptam:

11. szám	158'35 mg K_2O	<i>Dr. Fehér</i> szerint	53'62 mg K_2O
14. szám	{ 185'7 " "	" "	68'22 " "
	{ 180'5 " "		
15. szám	{ 217'0 " "	" "	66'32 " "
	{ 206'0 " "		
24. szám	{ 315'5 " "	" "	18'34 " "
	{ 321'66 " "		

Ezek az adatok igazolják, hogy *dr. Fehér* a négy soproni talajban a kálimennyiségeket teljesen helytelenül határozta meg és *ha adatai megfelelénének, akkor a soproni talajok lennének a világ legszegényebb erdei vályogtalajai, amelyeken azonban csodálatosan igen jó vegyes lomerdő képződött.*

Dr. Fehér 24-es számú kísérleti területével még egy egész különös dolog mutatható ki. Ez a kísérleti terület tudniillik főiskolánk botanikus kertjében fekszik, területe körülbelül 3000 m² és róla *dr. Fehér* egy átlagpróbát vett. A próbavételről *dr. Fehér* a „Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung“ 1934. évi évfolyamának 5/6. füzetében a 322. oldalon a következőket írja: „Ami pedig a próbavételt illeti, megjegyzem, hogy általánosságban átlagpróbákat vettem. Ezért minden alkalommal az egyes kísérleti területeken a talajpróbákat 15—20 helyről vettük, jól összekevertük és az ilyen módon elkészített keverékből egy átlagpróbát szteril üvegbe helyeztük el és a laboratóriumba vittük.” Ha tehát *dr. Fehér* ilyen módon készítette az átlagpróbákat, hogy magyarázható meg a következő:

Én a 24-es számú kísérleti területen legalább 200 helyen savval kémleltem meg a talajt, mikor azt vettem ki a pezségsből, hogy ezen a területen a legfelső talajréteg is 4—5% CaCO₃-ot tartalmaz. Csak két helyen nem pezsgett a talaj. Az egyik terület körülbelül 40 m², a másik 15 m². Hát ha már most *dr. Fehér* átlagpróbát vett, miként lehetséges az, hogy ő abban 1'5 CaCO₃-ot mutat ki akkor, mikor az ő általa nekem szállított próbában én csak 0'55% CaCO₃-ot mutattam ki. *Hogy kerülhetett egy ilyen próba, mint ellenőrző próba, vizsgálat alá.*

Hogy teljesen tisztán lássak, én magam is felvettem egy próbát a terület azon részéről, amely sósavval erős pezsgést mutatott és amely az egész területnek 95%-át képezi. Innen 10—20 cm között meghatároztam az össz P₂O₅-ot és K₂O-ot a porosz geológiai intézet eljárása szerint, mikor 138'5, 141'6 mg P₂O₅-ot és 343, 349 mg K₂O-ot kaptam. Azonban ez nem volt elég, hanem én a 24-es kísérleti területről még további próbákat vettem a meszes részről és a mészben szegény foltokról. A mészben szegény foltokról kaptam a porosz geológiai intézet eljárása szerint 10—20 cm között 307'5, 306'2 és 312'7 mg K₂O-ot, a *Hissinkes* eljárás szerint 391, 386 mg K₂O-ot, egy másik foltból, valamivel több mésztartalommal, a *Hissinkes* eljárás adott 347, 376, 365'8, 363'1 és 347 mg K₂O-ot. Ugyanakkor a sósavval erősen pezsgő területről kaptam a porosz geológiai intézet eljárása szerint 348, 342, 354, 357 mg K₂O-ot, a *Hissinkes* eljárás szerint 408, 452, 413, 476 mg K₂O-ot. És erre a kísérleti területre mondja *dr. Fehér* a következőket: „Nagyon tanulságos a szabad terület viselkedését megtárgyalni. Ennek a talajnak P₂O₅-tartalma sokkal kisebb mint az erdei talajok P₂O₅-tartalma. Ez a jelenség azzal magyarázható, hogy ezt a kísérleti területet éveken keresztül anélkül, hogy megfelelően trágyázták volna, konyhakertnek és fűszertalajnak

használták. De az most 1931 óta érintetlenül áll úgy, hogy azáltal lehetővé van téve, hogy a zavartalan anyagkörfolyamot figyelhessük." (Phosphorsäure 1934. IV. kötet, 8—9. füzet, 518. oldal.)

Azt hiszem, hogy az én analitikai adataim erről a kísérleti ellenőrző területről igazolják, hogy ezen a területen több mint tízszer nagyobb a P_2O_5 -tartalom, mint ahogy azt *dr. Fehér* kimutatta, a K_2O -tartalom pedig majdnem húszszor akkora. Ebből tehát következik, hogy mennyire téved *dr. Fehér*, mikor azt állítja, hogy az ő erdei talajai sokkal több P_2O_5 -ot és K_2O -ot tartalmaznak, mint az ellenőrző kísérleti terület.

Hogy pedig *dr. Fehér* analitikai eredményeit milyen óvatosan kell értékelni, ezt a következő is igazolja.

Az előbb említett három erdei talajról (11. 14. 15.) *dr. Fehér* a következő leírást adja:

	Elegyarány	Kor	Záródás
11. szám. Barna erdei talaj. Vályogtalaj	Carp. betulus 0'9 (Querc. sess. Bet. verr. Pin. syl. 0'1)	31 év	0'7
14. " " " " "	Pic. excelsa 0'8. Lar. dec. Carp. bet. Pin. sylv. 0'2	30—40 év	1
15. " " " " "	Pec. excelsa 0'5, Carp. bet. 0'3, Pin. nigra 0'1 Lar. dec. 0'1.	27 év	1'0

Ebben a három talajban *dr. Fehér* a K_2O -tartalmat állítólag a porosz geológiai intézet eljárása szerint határozta meg, mikor 53'62, 68'22 és 66'32 mg K_2O -ot kapott.

Dr. Fehér aztán az „Erdészeti Lapok” 1936. augusztusi számában a 683. oldalon megint három talajt írt le Sopron környékéről, amely talajok 1., 2., 3. számok alatt szerepelnek, mikor a következő módon vannak leírva:

		Kor	Záródás
1. szám. Homokos vályog	Picea excelsa 0'5 Carp. bet. 0'3 Pin. nigra 0'1 Lar. dec. 0'1	30 év	1
2. " " "	Carp. bet. 0'9 Quercus sess. } Betula verr. } 0'1 Pin. sylv. }		
3. " " "	Picea excelsa 0'8 Larix decidua } Pinus sylvestris } 0'2 Carpinus betulus }	40 év	1—0

A három talaj 1., 2., 3. ugyanabból az erdőrészből való, ahonnan a 11., 14. és 15. talaj származik és belőlük *dr. Fehér* a *Van Bemmelen-Hissink* eljárása szerint meghatározta a K_2O -mennyiséget.

Nr. 1. 149 mg K_2O	11. szám 53'62 mg K_2O	} Porosz geológiai intézet eljárása szerint.
Nr. 2. 131 " "	14. " 68'22 " "	
Nr. 3. 170 " "	15. " 66'32 " "	

Most azt kérdem, hogy miként volt lehetséges, hogy ilyen óriási különbség legyen a két sósavas eljárással nyert K_2O -mennyiségek között akkor, mikor *Lesch* vizsgálatai igazolják, hogy homoktalajban és homokos vályogokban és mésztartalmú agyagtalajokban a *Van Bemmelen-Hissink*-eljárás 15—25%-kal, mészmentes agyagtalajban 45%-kal több K_2O -ot old ki, mint a porosz geológiai intézet eljárása szerint alkalmazott sósav. Hogy van az, hogy *dr. Fehér*nél 92—177%-os különbségek fordulnak elő. Hogy teljesen tisztán lássak, egy soproni talajban a porosz geológiai intézet eljárása szerint meghatároztam a K_2O mennyiségét és kaptam 253, 273, 246, 262, 246 és 250 mg K_2O -ot 100 gramm talajban. A középérték 6 meghatározásból tehát 255 mg K_2O . *Van Bemmelen* szerint szintén két próbában határoztam meg a K_2O mennyiségét és kaptam 303—331 mg-ot, tehát közepesen 317 mg K_2O -ot, vagyis a *Van Bemmelen-Hissink*-eljárás 24%-kal több kálit oldott ki, tehát pontosan olyan értéket kaptam, mint *Lesch*. Miért van az, hogy én nem kaptam 92—177%-os különbségeket.

Mindezek alapján ki kell mondanom, hogy *dr. Fehér* számításai, amelyek a soproni erdei talajok tápanyagtartalmára vonatkoznak, a valóságnak nem felelnek meg. *Dr. Fehér* az „Erdészeti Lapok” 1936. évi évfolyamának augusztusi füzetében 8., 9. szám alatt két homoktalajt tárgyal, amely közül a 8. számú Robinia pseudoacaciával van borítva, elegyarány 1, záródás 0'9, míg a 9. számú talajon Pinus nigra van, 46 éves, záródása 0'9. Ez a két kísérleti terület azonos az 5. és 6. számú kísérleti területtel,¹³⁾ amennyiben ezeken a kísérleti területeken 1934-ben volt 18 éves akác és 44 éves feketefenyves. Ezen a két területen *dr. Fehér* a porosz geológiai intézet eljárása szerint kimutatott 10—20 cm mélység között 70'55 és 42'22 mg K_2O -ot. 20—30 cm között *Hissink* szerint kivonatolva 135 és 114 mg K_2O -ot. *Miért van ez az óriási különbség a két kivonatolási eljárás között?*

Hogy tisztán lássak, a 7-es számú kísérleti területről származó próbában meghatároztam a porosz geológiai intézet szerinti sósavas kivonatban a K_2O -mennyiséget, mikor két párhuzamos próbában 57'64 és 54'38 mg K_2O -ot kaptam. (*Dr. Fehér* kapott 56'54-et.) De meghatároztam a *Hissinkes* kivonatot is, mikor 68'99 és 69'09 mg K_2O -ot kaptam. Vagyis teljesen ki-

¹³⁾ Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung, 1934, 33. kötet, 5/6. füzet, 323. old.

zárt dolognak vehető az, hogyha *dr. Fehér* 10—20 cm mélységben 70'55, 42'33 mg K_2O -mennyiséget határoz meg a porosz geológiai intézet eljárása szerint, hogy akkor 20—30 cm között *Hissink* szerint 135 és 114 mg K_2O -ot kaphasson. Ugyanígy meghatároztam a 6-os számú kísérleti területnél 10—20 cm között a porosz geológiai intézet eljárása szerinti sósavas kivonata K_2O -mennyiséget és kaptam 0'0469% K_2O -ot, míg a *Hissinkes* eljárással 53'7 mg K_2O -ot nyertem. Tehát ennél a talajnál is a két eljárás közötti különbség 14%-nak felel meg.

Dr. Fehér kálivizsgálatainak bizonyos összefoglaló eredménye gyanánt az „Erdészeti Lapok” 1933. évi szeptemberi számában a 909. oldalon kifejti, hogy a káliumtartalom az erdőtalajokban regionális értelemben ugyanolyan változásoknak van alávetve, mint a foszforsav. Nevezetesen az összkálium mennyiség észak felé nagyon sok esetben csökken. Vagyis *dr. Fehér* szerint a kálium ellentétben a foszforsavval, észak felé nem növekedik, hanem csökken. Egész érthetetlen, hogy *dr. Fehér* még saját adataiból is hogy jutott erre a következtetésre, ha összehasonlítjuk Eberswalde-től délre fekvő talajait finn talajaival, ha feltételezzük, hogy *dr. Fehér* nem tévedett és összkáli adatai valóban sósavas kivonatból valók.

Eberswaldei és Eberswaldetől délre fekvő magyarországi talajok: 73'55, 70'55, 79'02, 68'22, 66'32, 62'08. — 59'26, 56'44, 53'62, 47'94, 42'33, 18'34 mg K_2O .

Finn-norvég talajok: 76'19, 73'37, 67'73, 62'08, 59'26, 57'85, 49'39, 47'98, 43'74 mg K_2O .¹⁴⁾

Ha ezeket az adatokat egymással összehasonlítjuk, akkor teljesen érthetetlen, hogy miként vonhatta le *dr. Fehér* a fentemlített következtetést, mert hiszen az ő adatai is mutatják, hogy egyáltalában nem áll az, hogy az összkálium mennyiség észak felé nagyon sok esetben csökken. De különösen kitűnik *dr. Fehér* ezen állításának tarthatatlansága, ha más kutatók adatait Németország területéről összehasonlítjuk *dr. Fehér* finn talajaival, mikor ki fog tűnni, hogy Németország területén igen sok helyen ismerünk erdei talajokat, amelyekből a sósav még sokkal kevesebb K_2O -ot von ki, mint a finn talajokból.

Így *Ramann* Csehországban Weißwasser közelében vizsgált meg egy podsoltalajt, amely homokkőből keletkezett, mikor a forró sósav 3'5—18'5 cm között csak 6'2 mg, 18'5—23'5 cm között 15'9 mg és 23'5—43'5 cm között 15'9 mg és 23'5—43'5 cm között 19'5 mg K_2O -ot oldott ki.¹⁵⁾

Lieberose. Négy talaj 0—20 cm között 42, 48, 43, 45 mg K_2O .¹⁶⁾

¹⁴⁾ Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung, 1934. 5/6. füzet. Táblázat a 324. o.

¹⁵⁾ Jahrbuch der königl. preuß. geologischen Anstalt und Bergakademie, 1885. Táblázat a 35. és 36. oldalon.

¹⁶⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1924. 4. füzet, 195. oldal.

Tauer. Peitz mellett, Alsó-Lausitz. Homoktalaj tölgy alatt.¹⁷⁾

1—4 cm között	24 mg K ₂ O (sós. kivonat)
11—19 „ „	12 „ „ „ „
50—55 „ „	21 „ „ „ „

Cattenbühl (Münden).¹⁸⁾

A talaj tarka homokkövön keletkezett, rajta 91—92 éves lúccsállomány volt. A kifehérített homokszintben, amely 20 cm széles volt, a sósav kioldódott 24'4 mg K₂O-ot.

Eberswalde vidéke.¹⁹⁾

I. talaj.

0—16 cm	20 mg K ₂ O
16—46 „	35 „ „

II. talaj.

0—16 cm	21 mg K ₂ O
16—36 „	12 „ „

Lüneburger Heide.²⁰⁾

I. talaj. Erdei fenyves alatt.

0—10 cm	23 mg K ₂ O
20—30 „	21 „ „

V. talaj. Erdeifenyves alatt.²¹⁾

0—10 cm	23 mg K ₂ O
20—30 „	21 „ „

II. talaj. Tölgy alatt.

0—20 cm	30 mg K ₂ O
100—120 „	20 „ „

VI. talaj.²²⁾

10—25 mg	5'9 mg K ₂ O
25—40 „	11'5 „ „

III. talaj.

0—10 cm	37 mg K ₂ O
20—30 „	31 „ „

VII. talaj.

0—45 cm	18 mg K ₂ O
45—65 „	13'5 „ „

IV. talaj.

0—10 cm	28 mg K ₂ O
20—30 „	38 „ „

VIII. talaj.

10—25 cm	8'9 mg K ₂ O
25—37 „	19'9 „ „

Keleti tenger déli partja (Pommeránia).²³⁾

¹⁷⁾ Forstliche Wochenschrift Silva, 1934, 34/35. szám. Hartmann: Die soziologischen Kennzeichen des bodensäurefesten Eichenwaldes. Táblázatok a 278., 179. oldalon.

¹⁸⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1903 májusi szám. Helbig: Ortsteinbildung im Gebiete des Buntsandsteins. Táblázat a 275. oldalon.

¹⁹⁾ Jahrbuch der preuß. geologischen Anstalt und Bergakademie, 1884. Ramann: Über die Verwitterung diluvialer Sande. Táblázat a 16. és 17. oldalon.

²⁰⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1912. Táblázatok a 140., 148. és 150. old.)

²¹⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1912. Táblázat a 658. oldalon.

²²⁾ Jahrbuch der königl. preuß. geologischen Anstalt und Bergakademie, 1881. Táblázat a 18., 20., 21., 22. oldalon.

²³⁾ Jahrbuch der königl. preuß. geologischen Anstalt und Bergakademie, 1885. Táblázatok a 30., 31. és 32. oldalon.

I. talaj (Hochenbruch). 120—150 éves erdeifenyő alatt.

0—15 cm 11'8 mg K₂O
 15—45 „ 4'9 „ „

II. talaj 80—100 éves elegyes erdeifenyő, bükk és tölgy alatt.

4—24 cm 7'6 mg K₂O
 24—32 „ 17'8 „ „

Talajok a stettini öböl közelében.²⁴⁾

I. talaj.

0—20 cm 13 mg K₂O
 20—40 „ 46 „ „

II. talaj.

0—20 cm 34 mg K₂O
 20—40 „ 57 „ „

Talajok Holsteinből²⁵⁾:

I. talaj 200 éves bükk alatt

0—20 cm 9'1 mg K₂O
 20—50 „ 5'1 „ „
 50—60 „ 8'1 „ „

II. talaj 100 éves lúccs és erdeifenyő alatt

0—30 cm 11'6 mg K₂O
 30—50 „ 4 „ „
 50—65 „ 5'1 „ „

III. talaj.

0—25 cm 4'6 mg K₂O
 25—55 „ 11'4 „ „
 55—75 „ 11'4 „ „

Talajok Schleswigből²⁶⁾:

I. talaj.

Kifehérített szint 10—15 cm vastag 8'3 mg K₂O
 Ortsteinréteg 9'5 „ „

Hasonlítsuk most már össze dr. Fehér finn erdei talajainak sósavas kálitartalmát az előbb letárgyalt adatokkal:

Dr. Fehér finn adatai: 59'26, 66'32, 43'74, 57'85, 73'37, 67'73, 49'39, 67'73, 76'19, 47'98, 62'08.

Más kutatók adatai Németországból, Csehországból, amely területek sokkal délebbre fekszenek: (6'2, 15'9) (42, 48, 43, 45) (24, 12) (24'4) (20, 35) (21, 12) (23, 21) (30, 20) (37, 31) (28, 38) (23, 21) (5'9, 11'5) (18, 13'5) (8'9, 19'9) (11'8, 4'9) (7'6, 17'8) (13, 46) (34, 57) (9'1, 5'1) (11'6, 4) (11'4, 11'4) (8'3, 9'5).

²⁴⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1910. Táblázat a 341. oldalon.

²⁵⁾ Jahrbuch der preußischen geologischen Anstalt, 1885. Táblázat a 24., 25. és 27. oldalon.

²⁶⁾ Jahrbuch der preußischen geologischen Anstalt, 1885. Táblázat a 28. és 29. old.

Az összehasonlítás nem végződhet mással, mint azzal az eredménnyel, hogy *dr. Fehér* tévedett, amikor azt állította, hogy észak felé az összkálium-mennyiség sok esetben csökken és abszolút helytelen az a megállapítása is, hogy a káliumtartalom észak felé regionális változásoknak van alávetve, amennyiben délen is humid területeken, laza homokon nagyon kevés sósavban oldódó kálium van, éppen úgy, mint északon finn területen, de ott agyagos és vályogos talajban feltétlen nagyobb a sósavban oldódó kálium-mennyiség, mint délibb homokos, humid területeken.

Dr. Fehér a „Zeitschrift für Pflanzenkunde und Düngung“ 1936. évfolyamában a 43. kötet 1/2. füzetében egy dolgozatot jelentetett meg, amelyben kifejti a 26. oldalon, hogy a citromsavban oldódó káli és évi periódust mutat és pedig a legkevesebb a citromsavban oldódó káli a nyári hónapokban és ennek igazolására a 25. oldalon négy finnországi talajt foglal össze egy táblázatba.

		február	2'13 mg K ₂ O	citromsavban oldódik		
I. talaj. 1932.	{	május	2'44	"	"	"
		augusztus	1'68	"	"	"
		1933. február	2'40	"	"	"
II. talaj. 1932.	{	február	1'72	"	"	"
		május	2'98	"	"	"
		augusztus	1'89	"	"	"
1933.	{	február	3'80	"	"	"
		február	2'10	"	"	"
		május	2'09	"	"	"
III. talaj. 1933.	{	augusztus	3'06	"	"	"
		február	1'88	"	"	"
		május	3'85	"	"	"
IV. talaj. 1933.	{	augusztus	1'65	"	"	"

Ezen adatok alapján mondja *dr. Fehér*, hogy a citromsavban oldódó K mennyisége a nyári hónapokban a legkisebb. Ez az állítás abból a tévedésből származik, hogy *dr. Fehér* nem vette észre, hogy a citromsavban oldódó K₂O mennyiségei olyan kis értékeket képviselnek, hogy azok olyan mérvű változásai, mint amilyenek az ő adatainál előfordulnak, az analitikai hibahatáron vannak, tehát a változásokból semmiféle következtetést levonni nem lehet. Ha a talaj sósavas kivonatánál két párhuzamos próbánál kapunk mondjuk 180 és 200 mg K₂O-t, akkor a két analízis eredménye teljesen egyező és senki sem mondhatja, hogy az egyikben kevesebb kálium van, mint a másikban, dacára, hogy az egyikben 20 mg-al kevesebb a K₂O. Éppen úgy nem lehet a *dr. Fehér*-féle 1, 2, 3 mg-os K₂O-értékek kis változásából következtetni bizonyos szabályszerűségekre. Továbbá tisztán analitikai szempontból miként lehet 0'2—1 mg K₂O-különbségeket növekedés

vagy csökkenés szempontjából figyelembe venni akkor, amikor a perchlor-savkáli meghatározási módnál, ha 0,2% perchlorsavat tartalmazó 96%-os alkohollal mossuk a keletkezett KClO_4 -csapadékot, amely alkoholból 100 cm^3 fel tud oldani annyi KClO_4 -t, hogy az 1,04 mg K_2O -nak felel meg. És ha mondjuk, hogy a változások valóban élesen megfoghatók lennének, még ez esetben sem lehet a dr. Fehér-féle adatokból azt levezetni, hogy a nyári hónapokban a citromsavban oldódó kálium mennyisége bizonyos minimumot ér el, amennyiben a dr. Fehér-féle négy északi talajnál a III. számú talajnál augusztusban van a legtöbb citromsavban oldódó K_2O , 3,06 mg, a IV. számú talajnál viszont februárban van 1,88 mg, augusztusban 1,65 mg, amely két érték analitikailag véve annyira egymáshoz közel van, hogy közöttük nem lehet különbséget tenni. Viszont a második talajnál februárban van 1,72, augusztusban pedig 1,89 mg K_2O , vagyis nem augusztusban van a legkisebb érték. Vagyis négy talaj közül keftőnél nem augusztusban van a legkisebb K_2O -mennyiség, egy harmadiknál viszont az augusztus hónap egy másik hónaptól alig különböztethető meg és csak a IV. talajnál van augusztusban kevesebb K_2O a talajban, mint a többi hónapnál. Természetesen ilyen esetben azután nem lehet mondani azt, hogy nyáron van a legkevesebb citromsavban oldódó K_2O a talajban. Hogy pedig mennyire kell vigyázni ilyen kis értékek változásánál, látható legjobban abból is, hogy a II. számú talajban 1932. februárjában 1,72 mg K_2O van, 1933. februárjában pedig 3,8 mg K_2O . Vagyis egyes években ugyanabban a hónapban, a két év azonos hónapjában a citromsavban oldódó K_2O mennyisége sokkal jobban különbözik egymástól, mint az I. számú talajnál az augusztus a februártól különbözik (1,68 és 2,13 mg K_2O). Éppen azért nem fogadható el dr. Fehér azon állítása, hogy a citromsavban oldódó káliumnál a nyári hónapokban depresszió jelentkezik, mert azt dr. Fehér még nem bizonyította be megfelelő nagyszámú analitikai adattal. Hogy pedig mennyire nem lehet azokból a különbségekből, amelyeket dr. Fehér kimutatott, arra következtetni, hogy a K_2O , amely citromsavban oldódik, az évben nagyobb változásoknak van kitéve, és hogy a nyáron a citromsavban oldódó K_2O mennyisége depressziót mutat, ezt a következő módon is igazolom.

Meghatároztam egy sopronmelletti talajnak, amely gneiszen keletkezett 0–10 cm között, a 0,2 normál sósavban oldódó K_2O mennyiségét, amely körülbelül megfelel az 1%-os citromsavban oldódó K_2O -mennyiségnek. Öt párhuzamos próbát készítettem jól összekevert talajból, amikor 100 gr talajban a következő értékeket kaptam: 9,55, 9,95, 10,8, 9,34, 9,75 mg K_2O -t. Vagyis látható, hogy öt párhuzamos próba között nagyobb különbségek jelentkeztek, mint dr. Fehér-nél a különbségek az egyes hónapokban. Már ez mutatja, hogy milyen óvatosan kell megítélni az egyes hónapokban kapott, 1%-os citromsavban oldódó K_2O -mennyiségeket abból a

szempontból, hogy a K_2O az évi menetben feltűnő változásokat mutat. Különbösen a könnyen oldódó K_2O állítólagos nyári depressziója egyáltalában nincs még igazolva.

Én magam is megvizsgáltam egy soproni erdei talajt, 0,2 normás só-savval való kivonattal, 0—10 cm között 1937-ben májusban, júliusban és októberben. Adataim a következők:

Május 9'95, 9'55, 10'8, 9'34, 9'75 mg átlag 9'96 mg K_2O .

Július 12'74, 13'29, 12'59 mg átlag 12'87 mg K_2O .

Október 8'2, 8'1, 10'06 mg átlag 8'78 mg K_2O .

Vagyis látható, hogy hasonlóan, mint könnyen felvehető P_2O_5 -nál, a könnyen felvehető K_2O maximuma júliusban van, tehát nincs szó nyári minimumról.

Dr. Fehér pH-értékeinek meghatározásaival szemben is súlyos kifogást emelek. Ő tudniillik az „Archiv für Landwirtschaft” című folyóirat 1930. évi évfolyamában a 4. kötet - . füzetében egy dolgozatot jelentetett meg: „Untersuchungen über die zeitlichen Änderungen der Azidität und des Humusgehaltes des Waldbodens”, amely dolgozatban foglalkozik az erdei talajok aciditásának havi változásaival. Ebben a dolgozatban a 84. oldalon 12 kísérleti terület savanyúságának évi menetét mutatja ki, amikor szeptember hónapban mind a 12 kísérleti területnél a pH jelentősen 8 fölé emelkedik, hogy azután a pH-érték januárig csökkenjen és április—május hónapban megint jelentősen 7 feletti értékeket érjen el. A kutató szó nélkül tudomásul vehetné *dr. Fehér* adatait, ha feltűnő, teljesen meg nem magyarázható érthetlenségek nem fordulnának elő. Így az előbb említett dolgozatban a 84. oldalon a következő kísérleti területek pH értékei szerepelnek:

	1929	1930	1930
	Szeptember	Március	Április
VIII.	pH = 8'61	pH = 7'54	pH = 7'68
IX.	pH = 8'58	pH = 7'20	pH = 7'78

Ugyanezek a kísérleti területek szerepelnek *dr. Fehér* német könyvében: „Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens” 1933, amely könyvben a 121., 122. és 123. oldalon szintén meg vannak határozva a pH-értékek 1929-ben és 1930-ban, amikor, szeptember, március és április hónapokra csodálatosan más pH-értékek szerepelnek:

	1929	1930	
	Szeptember	Március, Április	
VII. (11.)	7'61	5'37	5'54
IX. (14.)	7'58	5'49	5'78

Hát akkor melyik pH-értékek helyesek, azok, amelyek az 1930. évi „Archiv für Landwirtschaft“-ban jelentek meg, vagy azok, amelyek *Fehér* német könyvében jelentek meg, amikor mind a két helyen meg van említve, hogy ezen kísérleti területek pH-értékei ugyanazon időben határozottak meg. Hát miként lehetséges ez?

A VIII. és IX. jelzésű kísérleti területek feltétlenül azonosak a 11- és 14-es jelzésű területekkel, amelyek *dr. Fehér* német könyvében előfordulnak, amit a következő adatok is igazolnak:

pH- és humuszértékek 1929-ben és 1930-ban:

VIII. szám.

	1929												1930			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
ph	5.14	6.94	6.52	6.72	6.8	7.25	7.4	7.86	8.61	5.64	5.42	5.10	4.84	5.24	7.54	7.68
Humus	1.6	1.46	1.21	1.05	0.73	0.91	0.99	3.06	3.25	2.50	1.44	1.54	1.55	1.55	1.86	3.02

Archiv für Landwirtschaft, 1930. 4. kötet, 1. füzet, 86. és 84. oldal.

11. szám.

ph	5.14	6.94	6.52	6.72	6.8	7.25	7.4	7.86	7.61	5.64	5.42	5.10	4.84	5.24	5.37	5.54
Humus	1.6	1.46	1.21	1.05	0.73	0.91	0.99	3.06	3.25	2.50	1.44	1.54	1.55	1.55	—	3.02

Mikrobiologie des Waldbodens, 123. oldal.

IX. szám.

ph	4.94	6.53	6.59	6.5	6.61	7.02	7.32	7.81	8.58	5.59	5.33	4.84	5.04	5.31	7.20	7.78
Humus	1.51	1.32	1.45	1.53	0.96	1.34	1.7	1.77	3.95	2.66	1.46	1.65	1.45	1.45	1.57	2.43

Archiv für Landwirtschaft, 4. kötet, 1. füzet, 86., 84. oldal.

14. szám.

ph	4.94	6.53	6.59	6.5	6.61	7.02	7.32	7.81	7.58	5.59	5.33	4.84	5.04	5.31	5.49	5.78
Humus	1.51	1.32	1.45	1.53	0.96	1.24	1.7	1.77	3.95	2.66	2.46	1.65	1.45	1.45	1.57	2.43

Mikrobiologie, 123. oldal.

Ezek az adatok mutatják, hogy a VIII. (11.) és a IX. (14.) kísérleti területek azonosak és mégis az a különös tény tűnik ki, hogy a 11- és 14-es terület adataiból eltűntek a 8.61, 7.84, 7.68, 8.58, 7.20, 7.78 értékek és helyettük a 7.61, 5.37, 5.54, 7.58, 5.49, 5.78 pH-értékek szerepelnek. Miért történt ez a javítás a Mikrobiológiai könyvben és miért szerepelnek ugyanezek a kísérleti területek egyszerre más szám alatt? Talán azért, hogy ne lehessen az ellenőrzést megcsinálni?

Hát *dr. Fehér* miért nem tartotta szükségesnek megjegyezni a német mikrobiológiai könyvében, hogy ő megváltoztatta a 11- és 14-es kísérleti területének pH-értékeit szeptember, március és április hónapokban. Továbbá *dr. Fehér* miért nem indokolta ezen pH-értékek megváltozását,

amennyiben így ez az eljárás igen különösnek tűnik fel és a kutató most már igazán nem tudja, hogy melyik értékek helyesek. Továbbá a kritikus most már kénytelen kételkedni a többi pH-értékek valóságában is, amelyek az V/1., V/2., V/3., VI. és VII. számú kísérleti területekre vonatkoznak, amely területeknél szintén 1929 augusztusában 8'19, 8'46, 8'41, 8'59, 8'52, 1930 március és áprilisában (7.24, 7'57) (7'33, 7'75) (7'46, 7'75) (7'36, 7'77) (7'44, 7'68) értékek szerepelnek.²⁷⁾

Ezek a magas pH-értékek már azért is igen valószínűtlenek, mert *dr. Fehér* az „Archiv für Pflanzenbau“-ban, 1932, 9. kötet, 1. füzet, táblázat a 188—189. oldalon, a 24., 35., 33., 32. és 34. számú kísérleti területek pH-értékeit hozza, amely területek a fent említett V/1., V/2., V/3., VI., VII., VIII. és IX. kísérleti területek közelségében vannak, amikor csodálatosan megint hiányoznak 1929 szeptemberében és 1930 március, áprilisában a magas, 7 és 8 feletti pH-értékek.

Ezeknél 1929 szeptemberében csak 7'35, 7'83, 7'61, 7'58, 7'24 pH-értékek szerepelnek, 1930 március, áprilisában pedig a következő értékek szerepelnek 29 (6'35, 6.67) 35 (7'36, 7'77) 33 (5'37, 5'54) 32 (5'49, 5'78) 34 (4'74, 5'15).

Ebből viszont az következik, hogy azok a magas pH-értékek, amelyek az „Archiv für Landwirtschaft“, 1930. 4. kötet, 1. füzet 86. és 84. oldalán előfordulnak, abszolút valószínűtlenek. Különböznél teljesen lehetetlen, hogy az ágfalvi erdei területeken, amelyek már részben a szürke erdei talaj övébe esnek és teljesen CaCO_3 -mentesek, a pH-értékek 8'58 és 8'61 értéket érjenek el, mert ez vagy azt jelenti, hogy azokban a talajokban Na_2CO_3 képződik feltűnő mennyiségben, vagy pedig a talaj adszorbeáló komplexumában sok Na van. Mind a két lehetőség azonban már azért is kizártnak tekinthető, mert az ágfalvi erdei területen minden körülmény hiányzik, hogy ott alkáli-sós talajok keletkezzenek.

Igy tehát abszolút tévedésnek kell minősíteni *dr. Fehér* azon állítását is, hogy az előbb említett magas pH-értékei alapján a talajreakció egy esztendőben annyira változik, hogy a legalacsonyabb és legmagasabb pH-értékek között több mint négy lehet a különbség és így *dr. Fehér* az egyedüli az egész világon, aki podsolos talajon olyan alkálikus reakciót mutat ki, amely csak az alkáli-sós és szódát tartalmazó talajokban észlelhető. Különböznél az ágfalvi mészmentes talajokon kimutatott magas, egészen 8'5 felett fekvő pH-értékek abszolút ellentétben vannak azzal is, amit *dr. Fehér* kecskeméti- és szegedvidéki meszes homoktalajokban (41, 42'43. szám) kimutatott, amelyek azonosak az általam megvizsgált 6., 7. és 8. számú talajokkal és amelyek 5 és 6% CaCO_3 -ot tartalmaznak. Ő szintén meghatározta ezekben a talajokban a pH-értékek változását, amikor a legmagasabb pH-

²⁷⁾ Archiv für Landwirtschaft, 1930. 4. kötet, I. füzet. Táblázat a 84. oldalon.

érték 7·98-nak felelt meg és 8 alatt maradt.²⁸⁾ *Hát miként lehetséges az, hogy az ágfalvi mészmentes talajon a pH 8·5 fölé emelkedjen akkor, mikor az 5, 6% CaCO₃-ot tartalmazó szegedi és kecskeméti homoktalajoknál a pH 8 alatt maradt.* Viszont miként lehetséges az, hogy ilyen mészben gazdag talajokban a pH értéke 4·62-ig süllyedjen le. Mert hiszen a talaj elsavanyodása olyan módon jön létre, hogy a talaj adszorbeáló komplexumában a H kicseréli a bázisokat és a helyüket elfoglalja. Azonban a talaj csak akkor lesz savanyú, ha az adszorbeáló komplexumban a H-ionok túlsúlyban vannak. Ez a túlsúly azonban nem következhet be addig, amíg a talajban CaCO₃ van, mert hiszen a CaCO₃ a talajban levő vízben feloldott H₂CO₃ segítségével CaH₂(CO₃)₂ ad, amelynek Ca-ionja megakadályozza, hogy a Ca az adszorbeáló komplexumból kimosódjon. Továbbá a talajban levő CaCO₃ a mikroorganizmusok által fejlesztet CO₂-ot is megakadályozza abban, hogy mint H₂CO₃ kicserélje a bázisokat az adszorbeáló komplexumból, mert CaH₂(CO₃)₂ keletkezik. De a CaCO₃ a mikroorganizmusok által fejlesztett más savakat, továbbá a képződő humuszsavakat is közömbösíti és így azok nem savanyíthatják meg a talajt, mert hiszen teljesen elképzelhetetlen, hogy CaCO₃ mellett a talajban bármilyen képződő sav sav alakjában megmaradhasson. Ezért adjon *dr. Fehér* megfelelő választ, hogy 4·5 és 5·5% CaCO₃ mellett hogyan savanyodhat meg egy talaj annyira, hogy pH-értéke 4·62-t tegyen ki akkor, mikor ilyen értékek csak savakat tartalmazó mészmentes talajokban fordulnak elő.

Én azt hiszem, hogy *dr. Fehér* ezen téves meghatározása, hogy 4·5—5·5% CaCO₃- tartalom mellett a talaj pH-értéke 4·62-re lesüllyedhet, hasonló tévedés lesz, mint ahogy *dr. Fehér* tévedett az Erdészeti Lapok 1926. évi 2. füzetében, ahol a 63. oldalon azt írja, *hogy a savak és lúgok vizes oldatban az elektromos áram hatására ionokra bomlanak*, amely állítás teljesen érthetetlen, hiszen már 50 éve, hogy az elektrokémiában bebizonyosodott, hogy a savak és lúgok ionokra való disszociációja nincs semmi összefüggésben a villanyárammal, amennyiben a savak és lúgok vizes oldatban ionokra bomlanak szét anélkül, hogy villanyáramot bocsátanánk az oldatba.

Különben is *dr. Fehér* az egyedüli az egész világirodalomban, aki egy esztendő lefolyása alatt az egyes hónapok között négynél nagyobb pH-értékkülönbségeket mutatott ki, amennyiben a többi kutatónál a különbség sokkal kisebb és a maximális ingadozás valamivel több 1·5-nél. Így *Nehring* a keletporoszországi erdei talajoknál legfeljebb 0·3 pH-különbséget mutatott ki az évi menetben.²⁹⁾

Csiky és *Becker* szintén csak 0·5—1 értékben állapítják meg a pH-

²⁸⁾ Archiv für Pflanzenbau, 1932. 9. kötet, 1. füzet, 190—191. oldal.

²⁹⁾ Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung, A. 36, 1934. 257. oldal.

értékek ingadozását.³⁰⁾ *Pozdena* is az évi ingadozást a pH-értékekben valamivel nagyobbaknak találta, mint 1, 1'6, míg *Löddesal* az ingadozásokat 0'2—0'25 állapította meg. Így tehát egyáltalában nem fogadható el *dr. Fehér* azon állítása, hogy a talajok reakciója az évi menetben annyira változna, ahogy ő azt állítja. És így aztán meg lehet érteni, hogy *Aarnio* finn kutató meg is mondja, hogy nagyon nehezen érthető meg, hogy magyar alkális talajokban azok hogy savanyodhatnak meg egészen pH = 4'5 értékig, ahogy ezt *dr. Fehér* kimutatja.³¹⁾

Különben *Nehring* állást is foglal *dr. Fehér* nagy pH-különbségei miatt, mikor *dr. Fehér* válaszában azt akarja kimutatni, hogy az ő és *Nehring* adatai között nincs is különbség, mikor *Nehring* újbóli válaszában udvariasan ugyan, de a leghatározottabban tiltakozik az ellen, hogy az ő adatai *dr. Fehér* adataival egyeznének³²⁾ és kifejti *dr. Fehérrel* szemben, hogyha a talajreakció szoros kapcsolatban van is biológiai jelenségekkel, abból azonban nem következik, hogy sutba lehessen dobni a ma uralkodó fizikai kémiai felfogást a talajreakció kialakulása körül és kérdést is intéz *dr. Fehér*hez, hogy miként lehetséges az, hogy önála vannak talajok, amelyek 0'7, 0'8% CaCO_3 -ot tartalmaznak és mégis 3'5, 4'5 pH-értékek alakulnak ki, amely savanyúság mellett — mondja *Nehring* — a CaCO_3 -nak fel kellene oldódni és nem lehet 0'7—0'8% mennyiségben a talajban.

Különben *dr. Fehér* új számítási eljárását, amelynek segítségével megváltozott víztartalom mellett ki lehet számítani a pH-értékeket, *dr. Deines* és *Kurkis* „Die Säuregradzahl“³³⁾ című dolgozatukban abszolút tévesnek minősítik és azt saját munkájuk alapján igazolják is.

Különben felhívom *dr. Fehér* figyelmét a következő, nehezen megérthető dolgokra is. Ő az „Erdészeti Lapok“ 1931. évi évfolyamának XI. füzetében „A szikfásítás talajbiológiai problémái“ cím alatti dolgozatában ismerteti az 1000. és 1001. oldalon levő táblázatban különböző szíkes talajnak pH-értékeit és Na_2CO_3 -tartalmát. Ebből a táblázatból kivehető, hogy vannak *dr. Fehér* szerint szíkes talajok, amelyekben a szódatartalom 0'01%, 0'01%, 0'013%, 0'02%, 0'03%, 0'12%, 0'17% és 0'18%, míg a megfelelő pH-értékek a következők: 8'0, 8'6, 9'2, 8'9, 9'6, 8'1, 8'7, 8'5. Az első dolog, ami feltűnik ezekből az adatokból, az, hogy *dr. Fehér*nél van egy talaj, amelynek Na_2CO_3 -tartalma 0'01%, a pH pedig 8. *Bátor vagyok megkérdezni dr. Fehért, hogy miként állapította meg ennél a talajnál a 0'01% Na_2CO_3 -ot akkor, mikor a talaj pH-értéke 8 és a Na_2CO_3 mennyiségi kimutatásához alkalmazott phenolphtalein indikátor a színváltozást csak pH — 8'2—8'3*

³⁰⁾ Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung, B. VII. 1928, 516. oldal.

³¹⁾ *Aarnio*: Über den Einfluß von Kalk auf die Reaktion des Bodens und über die Reaktionsschwankungen während der Vegetationsperiode, 1935. Helsinki, 5. oldal.

³²⁾ *Nehring*: Über die Schwankungen der Reaktionsverhältnisse im Boden, 1935. Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung, 40. kötet, 3/4. füzet.

³³⁾ Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung, 1935. 40. kötet, 148. oldal.

körül jelzi. Továbbá az sem érthető meg, hogy mikor ezeknek a szíkes talajok lúgos reakciójának értéke függ a szóda tartalmától, hogy akkor lehetséges legyen az, hogy 0'013 és 0'02% Na_2CO_3 mellett a pH-érték legyen 9'2 és 9'6, ugyanakkor a 0'12 és 0'17% Na_2CO_3 -ot tartalmazó talaj pH-értéke legyen 8'1 és 8'7. *Hát hogyan mutathatott ki dr. Fehér 0'12% Na_2CO_3 mellett 8'1 pH-értéket, hiszen 8'1 pH-nál a phenolphtalein nem is jelez színváltozást, tehát hogy határozhatott meg dr. Fehér 0'12% Na_2CO_3 -ot. Dr. Fehér nem veheti rossz néven, ha ilyen analitikai érthetlenségek után a többi pH-értékeivel szemben is a legnagyobb bizalmatlansággal viseltetne a kritikus.*

Azt is kérdem *dr. Fehértől*, hogy miként lehetséges az, hogy a főiskolai lúcosban, amely a botanikus kertben fekszik, miként határozhatott meg 5'5, 5'9, 5'74 pH-értékeket, mikor én ebben a lúcosban 5—10 cm között 4'8, 5'0 és 4'8% CaCO_3 -ot határoztam meg. Hogy savanyodhat meg a talaj ilyen nagy mértékben, ha ilyen óriási a talaj mésztartalma.

Dr. Fehér pH-meghatározásainál még a következő teljesen érthetetlen tényekre mutatok rá. Az „Erdészeti Lapok” 1936 augusztusi számában, a 684. oldalon *dr. Fehér* öt talajnak meghatározta a pH-értékét és CaCO_3 -tartalmát, amelyeket röviden összefoglalom.

10. számú talaj	}	2'0% CaCO_3	pH 7'28
		4'0%	„ „ 7'56
9. „ „		4'4%	„ „ 6'25
11. „ „		15'4%	„ „ 7'80
12. „ „		16'8%	„ „ 7'70
2. „ „		1%	„ „ 4'79

Ugyanakkor egy miskolci talajnak pH-értékét határozta meg *Fehér*, amikor 19'2% CaCO_3 mellett a pH-érték 6'2-nek felel meg. Kérdezem *dr. Fehért*, ha a 10-es számú talajban 2% CaCO_3 mellett a pH 7'28, miként lehet 19'2% CaCO_3 mellett a pH 6'2 és hogy lehet 1% CaCO_3 mellett a pH 4'79%.

Felhívom *dr. Fehér* figyelmét még a következőkre is: Az „Archiv für Pflanzenbau” 1932. évi évfolyamában (9. kötet, 1. füzet) a 189. oldalon szerepel a 38-as kísérleti terület, a soproni bécsidombon. A terület akácös és CaCO_3 -tartalma 0'4% *dr. Fehérnél*. Ezen a területen *dr. Fehér* egy átlag-próba segítségével pH-változásokat mutatott ki 4'72—7'24 között. Én is végig vizsgáltam a területet legalább 50 helyen, megnéztem, hogy a talaj a felületén pezseg-e sósavval, amikor mindig erős pezsgés következett be, ami annak a jele, hogy legalább 5% CaCO_3 van a talajban. Csak egynéhány helyen nem pezsgett a talaj és ezen a helyen 10—20 cm között, de olyan helyen is, amelyen a talajfelület pezsgett, meghatároztam 10—20 cm között

a CaCO_3 -tartalmat.* Az első helyen 1'2%, a másodikon 26'8% volt a CaCO_3 -tartalom. Hát miként mutatható ki *dr. Fehér* egy átlagpróbában 0'4% CaCO_3 -ot és miként mérhető 4'72 és 4'91 pH-értékeket.

De *dr. Fehér* alföldi futóhomok analitikai eredményeinél, amelyek a „Phosphorsäure“ 1933. évi évfolyamában a 7—8. füzetben a 436—438. oldalon előforduló táblázatban található, továbbá a Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung 1935. évi évfolyamában a 37. kötet 1/2. füzetben a 33—35. oldalon levő táblázatokban, szintén előfordulnak bizonyos érthetlenségek. Csak egynéhány példát említek.

Az 5. számú területnél, amelyen 30—35 éves teljes záródású *Quercus robur* díszlik, 0—80 cm-ig barna kötött homok van a talajszelvényben, 80—115 cm-ig humuszos réteg jelentkezik, utána pedig szürke fehér réteg. Ezt a talajt *dr. Fehér* megvizsgálta, benne 0—10 cm között 2'4% CaCO_3 -ot talált, tehát ilyen talajnál egyelőre még nincs kimosás addig, amíg a mész kimosva nincs, tehát a humusz sem mosódhatott ki mélyebb rétegekbe. 0—10 cm között ennél a talajnál a humusztartalom 0'4%, 20—30 cm között pedig 0'54%. Miként lehetséges az, hogy egy nem podsolban lefelé humusznövekedés áll be, mikor a humusztartalom annál nagyobb, minél közelebb jövünk a talaj felületéhez. Továbbá ennél a talajnál 80—115 cm mélységben egy másik humuszréteg jelentkezik, amely réteg lehetett valamikor a talaj felülete. Ha már most 80—115 cm között a talaj humuszban olyan feltűnően megváltozott, hogy a talajszelvény leírásánál ezt be kellett venni, hogy egy feltűnő humuszos réteg jelentkezett, akkor hogy lehetséges az, hogy az analízis adatai szerint a 40—50 cm közötti réteg 0'27% humuszt, a 80—90 cm közötti réteg pedig csak 0'06, míg a 100—110 cm közötti réteg már csak 0'01% humuszt tartalmaz akkor, mikor 80—115 cm között egy feltűnő humuszos réteg van ebben a talajszelvényben. Feltűnő az is a 6-os számú területnél, ahol a leírásnál is ott van 70—90 cm között a humuszos réteg és ott valóban az analízis adatai 60—70 cm között csak 0'25% humuszt mutatnak ki, viszont 80—90 és 100—110 cm között a humusztartalom 1% és 1'23%-ig emelkedik, ami teljesen megfelel a talajszelvény leírásának. *Hát hogy lehetett egy ilyen abszolút rossz meghatározást, mint amilyent az 5. számú területnél kaptak, bevenni a kimutatásba? Szintén úgy rossz a humuszmeghatározás az 1. és 4-es területnél, amelyeknél 0—10 cm között 0'25% és 0'2% a humusz, míg 20—30 cm között a humusztartalom 0'45 és 0'50%-ra emelkedik.*

Szintén úgy lehetetlen, hogy a legfelső humuszos rétegben kevesebb legyen a citromsavban oldódó K, mint az alatt levő rétegben, ahogy ez *dr. Fehér*nél a 8., 9., 11. területeknél kitűnik.³⁴⁾

³⁴⁾ Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung. 37. kötet, 1/2. füzet. Táblázat a 33—34. oldalon.

8		9		11	
0—10 cm	1'21 mg K ₂ O	0—10 cm	0'5 mg K ₂ O	0—10 cm	2'69 mg K ₂ O
20—30 „	6'23 „ „	20—20 „	5'56 „ „	20—30 „	9'58 „ „

Hiszen még a finn erősen kimosott talajokban is a legfelső humuszos rétegben sokkal több a citromsavban oldódó P₂O₅, mint az alsóbb rétegekben, ahogy ezt *Aarnio* vizsgálatai mutatják. De *Nemec* is legújabbban ugyanezt bizonyította be három csehországi podsoltalajon.

I.

0—6 cm	19'8 mg P ₂ O ₅	20'06 K ₂ O
6—15 „	4'4 „ „	9'52 „
15—26 „	5'1 „ „	10'2 „
26—30 „	27'9 „ „	8'5 „

II.

0—5 cm	16'3 mg P ₂ O ₅	17'5 mg K ₂ O
5—20 „	5'2 „ „	9'3 „ „
20—50 „	2'6 „ „	8'3 „ „
90—115 „	30'3 „ „	4'8 „ „

III.

0—6 cm	10 mg P ₂ O ₅	12'9 mg K ₂ O
6—10 „	2'1 „ „	8'5 „ „
10—20 „	2'0 „ „	4'2 „ „
35—45 „	100'8 „ „	4'0 „ „ ³⁵⁾

Tehát ilyen extrem podsoltalajokon, ahol igen nagy a kimosás és a könnyen oldódó K és P₂O₅ valóban nagy mértékben kimosódhat és mégis a legfelső humusztartalmú rétegben van a legtöbb citromsavban oldódó K és P₂O₅ és azért igen valószínűtlen, hogy az alföldi homokon, amely még annyi meszet tartalmaz, olyan K és P kimosás következett volna be, hogy a mélyebb, humuszban szegényebb rétegben több legyen a citromsavban oldódó K és P₂O₅, ahogy ez *dr. Fehér* több adatából kivehető.

Még további érthetlenségek tűnnek fel *dr. Fehér* alföldi futóhomok talajainál és pedig a humusz és nitrogén közötti kapcsolatra vonatkozólag. A következő kísérleti területeket veszem ki.³⁶⁾

I.

0—10 cm	Humusztartalom	0'25%	Össz. Nitrogén	23'8 mg
120—130 „	„	0'06%	„	33'9 „

³⁵⁾ *Nemec*: Sbornik ceskoslovenské akademie zemedelske, 1936. Táblázatok a 322., 324. és 327. oldalon.

³⁶⁾ Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung, 1935. Band 37, 1/2. füzet. Táblázat a 33. oldalon.

4. kísérleti terület.

0—10 cm	Humusz 0'2 %	Össz. N 18'21 mg
80—90 „	„ 1'31%	„ 30'22 „
140—150 „	„ 1'35%	„ 5'87 „

5. kísérleti terület.

20—30 cm	Humusz 0'54%	Össz. N 46'20 mg
100—110 „	„ 0'01%	„ 22'39 „

7. kísérleti terület.

0—10 cm	Humusz 0'8 %	Össz. N 10'9 mg
60—70 „	„ 0'09%	„ 35'86 „

Ezek az adatok mutatják, hogy *dr. Fehér* alföldi homoktalajainál vannak esetek, hogy a humusztartalom altalajban az ötszörösére emelkedik, ugyanakkor az N-tartalom 50%-kal csökken. Egy más talajnál a humusztartalom 54 nagyobb lesz, a talaj N-tartalma pedig csak kétszerte lesz nagyobb. Viszont olyan talaj is van, hogy a humusztartalom hétszerte nagyobb lesz, ugyanakkor a nitrogéntartalom egyharmadra csökken. Hát miként magyarázhatók ezek az esetek?

Továbbá feltűnik *dr. Fehér*nél, hogy a N milyen óriási százalékát alkotja a humusznak, az alföldi homoktalajokon, egyes talajrétegekben.

			Nitrogén mint humuszszázalék
1. talaj.			
60—70 cm	humusz 0'26%	össz. N 0'0439%	16%
100—110 „	„ 0'43%	„ 0'0725%	16%
120—130 „	„ 0'06%	„ 0'0339%	65%
3. talaj.			
20—30 cm	humusz 0'15%	össz. N 0'036%	25%
40—50 „	„ 0'19%	„ 0'028%	14%
5. talaj.			
80—90 cm	humusz 0'06%	össz. N 0'021%	35%
100—110 „	„ 0'01%	„ 0'022%	220%
6. talaj.			
			A nitrogén a humusznak a százaléka
40—50 cm	0'14% humusz	0'026% N	18%
60—70 „	0'25 „	„ 0'074 „ „	33 „
7. talaj.			
60—70 cm	0'09% humusz	0'035% N	38%
8. talaj.			
60—70 cm	0'01% humusz	0'0085% N	85%

Hát miként lehetett ilyen adatokat az előbb említett táblázatba belevenni, mert hiszen az teljesen kizárt dolog, hogy a humusznak 85% legyen nitrogén, vagy pedig a talajban 2,2-szer legyen több nitrogén, mint a talaj összhumusztartalma. *Ezeknél az adatoknál vagy a humusz-, vagy a nitrogénmeghatározás hibás.*

Dr. Fehér humuszmeghatározásainál még a következő tűnik fel: Ő az eberswaldei 31. számú területén 1933-ban az egyes hónapokban meghatározta a humusz értékváltozásokat és a következő értékeket kapta: január 0,27%, március 0,53%, május 0,39%, július 0,3%, szeptember 0,56%, november 0,32%, december 0,64%,³⁷⁾ de 1932. májusban is meghatározta a humusztartalmat, amikor kapott 1%-ot. Erre a különbségre felfigyelve, én is meghatároztam 1937. tavaszán a 31. sz. talaj izzítási veszteségét, amely érték, miután a talaj mészmentes és diluviális homok, azonos a humusztartalommal, amikor három próbában kaptam 1,58, 1,49, 1,47% humuszt. Miként lehetséges az, hogy a talajban a humusztartalom egy évben lemegy 0,27%-ra, egy másik évben pedig felmegy 1 és 1,5%-ra. Hisz, ha évről évre a talajban ilyen óriási változások következnenek be, akkor illuzórikussá válik minden kémiai vizsgálat a talajban.

Bizonyos érthetlenség tűnik ki *dr. Fehér* más humuszvizsgálatainál is. Ő t. i. az Archiv für Landwirtschaft 1930. évi évfolyamának IV. kötetében a 86. oldalon egy táblázatban kimutatást készített 12 erdei talajról, amely kimutatás szerint az erdei talajok humusztartalma ingadozásoknak van kitéve és pedig a maximum szeptemberben lép fel, míg későbbben a humusztartalom fokozatosan csökken és májusban éri el a minimumot, május után — szószerint idézem *dr. Fehér* szavait — a humusztartalom megint növekedik, miután a talajvegetáció fokozatos elhalásával és a lassanként beálló levélhullás miatt a talaj az organikus anyagokban erősen gazdagodik (83. oldal). *Dr. Fehér* ezen megállapítását egész újnak tartja és azt el is lehetne fogadni, ha *dr. Fehér* a Phosphorsäure 1934. évi évfolyamában a IV. kötet 8—9. füzetében az 513., 514. oldalon nem hozna négy erdei talajt Sopron vidékéről, amelyekben szintén meghatározta a humusz évi változását, azonban ezeknél májustól kezdve nem emelkedik a humusztartalom, sőt ellenkezőleg, tovább csökken július hónapig, amikor a minimum következik be. Viszont a Silva 1937. évi évfolyamában a 43. számban a 331. oldalon megint szerepel egy sopronvidéki talaj, amelyben a humusztartalom egy évben májusig nemhogy csökken, hanem ellenkezőleg erősen emelkedik, hogy aztán júniusban csökkenjen, júliusban pedig feltűnően növekedik a humusztartalom, hogy aztán augusztusban erőteljesen apadjon. A másik évben viszont májusban egy feltűnő maximum jelentkezik, hogy aztán júliusban erőteljes csökkenés álljon be. Így tehát *dr. Fehér* eddigi munkáiból

³⁷⁾ Phosphorsäure, 1934. 4. kötet, 8/9. füzet, 519. oldal.

egyáltalában nem lehet kivenni, hogy az erdei talaj humusztartalmának ingadozása a valóságban milyen és kívánatos lenne, ha *dr. Fehér* az Archív für Landwirtschaft 1930. évi évfolyamában kinyilatkoztatott állításait új ellenőrző vizsgálatokkal véglegesen igazolná.

Eddigi kritikai hozzászólásom *dr. Fehér* kvantitatív analitikai adatait világitotta meg, amikor azokat más kutatók analitikai adataival hasonlítottam össze, a továbbiakban most már agrikultur és erdőművelés szempontjából vizsgálat alá veszem még azt is, hogy a kémiai analízis adataiból milyen következtetést vonhatunk a talajnak termőképességére, különösen az erdőtelepítés lehetősége szempontjából, amikor megint németországi vizsgálatokra hivatkozom.

A felső Lausitzban (Poroszország) fekszik a már előbb említett lieberosei nagy, több mint 10.000 hektáros erdei fenyves, amelyen vannak területek, amelyeken erdőt még nem sikerült telepíteni. Ezek a laza homokterületeken, amelyeket a nép Szibériának nevez, se fűvek, se gyomok, se mohok, se zuzmók nem szoktak elszaporodni és ez a terület majdnem teljesen puszta. Továbbá vannak területek, amelyen a *Cladonia Rangiferina* nevű zuzmó szaporodik el és amelyen a talajnak galyakkal és alommal való takarással sikerült elég szép erdei fenyvest megtelepíteni. Viszont a galytakarás nélkül erdőt telepíteni nem sikerült. Vannak azután az előbb említett uradalomban nagy területek, amelyeken *Hypnum*-mohok szaporodnak el, de amelyeken igen szépek az erdei fenyvesek, de lombfák is díszlenek. Míg végül az uradalom legszebb erdeifenyő állományai olyan homokon díszlenek, amelyen elég szép fűvegetáció is kifejlődik az erdőben. Ha mármost az előbb említett négy talajféleség tápanyagtartalmát nézzük, ahogy őket *Albert* vizsgálatai mutatják, akkor a legnagyobb meglepetésünkre kitűnik, hogy a négy talajféleség, amely a rajta levő aljvegetáció, de a rajta kialakult állomány szempontjából is egymástól élesen megkülönböztethető, kémiai tápanyag szempontjából azonban alig különböznek egymástól.

Albert tudniillik a négyféle talajt 1'15 fajsúlyú sósavval kivonatolta, amikor kitűnt, hogy az első talajféleségben, amelyen semmiféle vegetáció nem fejlődött ki, de erdőt sem sikerült rajta tenyészteni, 100 gr talajban 0—20 cm közötti mélységben 58 mg P_2O_5 -ot és 42 mg K_2O -ot tartalmazott, amely sósavban oldódott. A második talajféleségen a *Cladonia Rangiferina* takaróval, amelyen galytakarással sikerült erdőt telepíteni, 0—20 cm mélységig 48 mg K_2O -ot és 63 mg P_2O_5 -ot tartalmazott, míg a *Hypnum*-mal borított területen, amelyen már jó erdei fenyvesek díszlenek, 0—20 cm mélységig a sósav 42 mg K_2O -ot és 55 mg P_2O_5 -ot vont ki. Viszont a legjobb erdei fenyvesek talajából, amelyen már fűvegetáció is van, a sósav 45 mg K_2O -ot és csak 27 mg P_2O_5 -ot oldott ki.

Vagyis látható, hogy a négyféle talajnál, amelyek az erdő és az alj-

növényzet szempontjából annyival eltérnek egymástól, a sósavban oldódó K_2O mennyisége alig különbözik egymástól: 42, 48, 43, 45; míg a foszfor-sav mennyisége a jobb talajban mind kevesebb lesz: 58, 62, 42, 27 mg P_2O_5 .

Vagyis látható, hogy erdőműveléstani szempontból nem a talaj kémiai tápanyagtartalma okozza azt, hogy az előbb említett négy talajféleség annyira eltérően viselkedik az erdőállomány megtelepítésével szemben. *Mi lehet az oka tehát annak, hogy ugyanolyan tápanyagtartalommal bíró talajok termőképessége mégis annyira eltér egymástól?* Albert vizsgálatai erre is megadják a választ, amennyiben kimutatta, hogy a termőképesség laza homoktalajoknál nem a tápanyagtartalomtól függ, hanem a talaj fizikai tulajdonságaitól, amennyiben rossz fizikai tulajdonság esetén a talaj víztartó képessége olyan kicsi, hogy a melegebb hónapokban erős vízhiány következik be és emiatt nem sikerült az erdőt megtelepíteni. A rossz víztartó képesség pedig onnan származik, mert a lieberosei rosszabb talajokon a málladékszemek elosztása kedvezőtlen, amennyiben ezekben a homoktalajokban a 2—0·2 mm közötti málladékszemek (a durva homok), amelyek a csapadékvizet nem tudják visszatartani, vannak igen nagy mennyiségben a talajban, míg a 0·2—0·02 mm közötti málladékszemek, továbbá az agyagos részek, amelyek 0·02 mm-nél kisebbek és amelyek a vizet visszatartják, hogy az ne tudjon a mélyebb rétegekbe eltűnni, feltűnő kis százalékban vannak csak a talajban. Így a lieberosai úgynevezett szibériai részen a talaj 0—20 és 20—40 cm mélységekben 93·2 és 94·6%-ban áll, a nem víztartó 2—0·2 mm közötti málladékszemekből, és csak 1·9, 1·40%-ban a 0·2—0·02 közötti málladékszemekből, míg a 0·02—0·002 mm közötti részek 0·95, 0·58%, viszont a 0·002 mm-nél kisebb málladékszemek százaléka 0·95, 0·96%.

Ezek az adatok most már mutatják, hogy az úgynevezett szibériai területen miért nem sikerült erdőt telepíteni. Tudniillik az ilyen fizikai összetétellel bíró talaj sem a téli csapadékot nem tudja elraktározni, sem pedig a vegetációs időben leeső csapadékot lekötni nem tudja. Ez a talaj annyira nem tudja lekötni a csapadékot, hogy semmiféle mesterséges eszközzel ennek a talajnak víztartó képességét emelni nem tudjuk és azért ez a terület majdnem teljesen vegetációmentes és azon galy- és alomtakarással sem sikerült erdőt telepíteni.

A lieberosai második talajféleségen, amelyen galy- és lombtakarással már sikerült erdei fenyvest telepíteni, 0—20 és 20—40 cm között a 2—0·2 mm közötti málladékszemek tömege 89·6 és 85·3%-ra csökkent már, viszont a 0·2—0·02 mm közötti málladék tömege 6·44 és 10·9%-ra emelkedett, miáltal ennek a talajnak víztartó képessége jelentősen emelkedett, úgyhogy galy- és lombtakarással víztartó képességét annyira fel lehetett javítani, hogy az erdefenyő telepítése már sikerült. A lieberosei Hypnummal borított területeken, amelyeken már jobb erdei fenyvesek vannak, a

talaj víztartó képessége már sokkal jobb, amennyiben ebben a talajban 0—20 és 20—40 cm között a 2—0·2 mm közötti málladék tömege 76·2 és 73%-ra csökken, ugyanakkor a víztartó 0·2—0·02 mm közötti málladék tömege 19·8 és 21·05%-ra emelkedik. Végül a legjobb lieberosei erdei talajon, amelyen már fűvegetáció is van, a 2—0·2 mm közötti málladék tömege 59, 54%-ra csökkent, ugyanakkor pedig a 0·2—0·02 mm közötti málladék tömege 37·06, 40·6%-ra emelkedett. *Ezzel tehát klasszikusan igazolva van az a tény, hogy laza homoktalajoknál, aránylag száraz éghajlat alatt körülbelül ugyanolyan tápanyagtartalom mellett, a talaj termőképessége elsősorban annak fizikai összetételétől függ.* Hogy pedig mennyire igaz ez, igazolja az a tény is, hogy míg Lieberosán a szibériai területen még vegetáció sincs, addig ugyanakkor Eberswalde olyan területen, amelyen második termőhelyi osztályon igen jó bükkösök, erdei fenyvesek és tölgyesek díszlenek, a talaj tápanyagtartalma körülbelül olyan, mint a lieberosei szibériai területen, azonban az eberswaldei talajon a talaj fizikai összetétele olyan, hogy az 50%-ban 2—0·2 mm közötti málladékból és 50%-ban 0·2—0·02 mm közötti málladékból áll.

A talaj fizikai összetételének hatása a talaj termőképességére látható az eberswaldei talajoknál is. Eberswalde körülbelül olyan évi csapadékkal bír, mint Lieberose (550 mm), tehát aránylag kevés a csapadék. Tehát az ottani homoktalajoknál is legfontosabb a fizikai összetétel.

Albert adatai azután mutatják is, hogy körülbelül ugyanolyan tápanyagtartalom mellett az I. és II. termőhelyen a durva homok és a finom homok körülbelül 50—50%-os mennyiségben fordulnak elő, míg pl. a IV. és V. termőhelyi osztályon ez az arányszám 90—95—10—5% alakjában változik meg.³⁸⁾

Ha mármint a berlinvidéki laza homoktalajokon, amely területen az évi csapadék 550 mm körül van, az évi középhőmérséklet pedig 9 C⁰-nak felel meg, a talajok termőképessége erdőműveléstani szempontból attól függ, hogy milyen arányban van a talajban a durva és a finom homok, milyen hatása kell hogy legyen a talaj fizikai összetétele a talaj termőképességére a Duna—Tisza között, ahol pl. Kecskeméten az évi középhőmérséklet 10·2 C⁰-nak felel meg, míg az évi csapadék 563 mm-nek felel meg, amikor még azt is figyelembe kell venni, hogy Kecskeméten június-, július-, augusztusban 19·8, 21·9 és 21 C⁰ havi középhőmérsékletek uralkodnak, ugyanakkor Berlin vidékén 17·4, 18·9 és 18 C⁰ az ugyanazon hónapok hőmérséklete, ami azt jelenti, hogy a három nyári hónapban a párolgás Kecskemét vidékén jelentősen nagyobb, mint Berlin (Eberswalde) körül; tehát a talaj

³⁸⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1924. 4. füzet. *Albert*: Die ausschlaggebende Bedeutung des Wasserhaushaltes für die Ertragsleistungen unserer diluvialen Sande, 193—202. oldal. — Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1925. 3. füzet. — *Albert*: Der waldbauliche Wert der Dünenlande, sowie der Sandböden im allgemeinen, 129—139. oldal.

vízháztartása Kecskeméten még sokkal jelentősebb valami, mint az eberswaldei erdőkben. *Éppen azért helytelennek tartom azt, hogy az alföldi futóhomokterületeket az erdőtelepítés szempontjából csak a talaj kémiai tápanyagtartalma szerint ítéljük meg, ahogy ezt dr. Fehér teszi és egyáltalában figyelembe sem vette a futóhomok durva és finom homoktartalmát.*

A magyar Alföld futóhomokjainak befásítási problémája elsősorban a talaj vízháztartásával van szoros kapcsolatban, különösen a fásítás megkezdésének időpontjában és csak másodsorban kémiai tápanyagprobléma.

Tanulmányom befejezésével végül foglalkozom dr. Fehér számításai is, hogy milyen hosszú ideig lesz elég a K és P az alföldi futóhomokokban, de más erdei talajokban is. Számításai, ami a foszforsavat illeti, nem kifogásolhatók, azonban agrikulturkémia és talajtani szempontból nem fogadható el dr. Fehér azon gondolatmenete, amelyet az „Erdészeti Lapok” 1933. évi évfolyamában a IX. füzet 999. oldalán kifejtett, amely gondolatmenetet szözszerint idézem: „Különösen rá kell mutatnom arra, hogy az alföldi homokos erdőtalajainak káliumtartalma rendkívül alacsony, pedig ezzel szemben az ákác káliummennyisége foszforsavigényével szemben sokkalta nagyobb, annak majdnem háromszorosa. Éppen azért a káliumgazdálkodás szempontjából sokkal kedvezőtlenebb helyzetben vannak, mint foszfortartalom tekintetében.”

Dr. Fehér azután a négy kecskeméti és négy soproni talajra kiszámította, hogy mennyi időre lesz elég a sósavas kivonatban levő K_2O -mennyisége. Az adatai a következők:

Szeged	70'55	mg K_2O	elegendő	545	évre
Szeged	42'33	„	„	2370	„
Kecskemét	56'44	„	„	423	„
Kecskemét	49'44	„	„	372	„
Sopron	53'62	„	„	1270	„
	68'22	„	„	2268	„
	66'32	„	„	2200	„
	79'02	„	„	1750	„

Ez a számítás teljesen céltalan, mert 372—2370 év után a talajokban nem fog kifogni a sósavban oldódó K_2O , amennyiben az mostantól kezdve az éghajlati elmállás jelensége miatt folyton újból keletkezik, a még ma sósavban nem oldódó kálisilikátokból és 372—2370 év után nem lesz sokkal kevesebb a sósavban oldódó K_2O , mint ma. Hogy pedig mennyire céltalan ez a számítás, látható legjobban még abból is, dr. Fehér Van Bemellen eljárása szerint is meghatározta egy királyhalmi ákacosban és egy fekete fenyvesben a sósavban oldódó K_2O -mennyiséget, amikor 135 és 114 mg K_2O -ot kapott, amikor mást már arányosan kiszámítva, az aká-

cos kálija 735 évre, a fekete fenyvesé pedig 6160 évre elég. Sopronból is négy talajt kivonatolt *dr. Fehér* a *Van Bemelen* (Hissink) eljárása szerint és kapott egy lúcosban 149, 170 mg K_2O -ot, egy gyertyánosban és egy tölgyesben 131 és 165 mg K_2O -ot, amelyből most már kiszámítható, hogy milyen hosszú ideig volna elég a K_2O , ha nem volna további mállás. Ez az idő körülbelül a két és félszerese annak az időnek, amelyeket *dr. Fehér* fent a soproni talajokra kiszámított. Hát akkor most már melyik a helyes időpont, az, amely a porosz geológiai intézet eljárása szerint kapott adatok alapján lett kiszámítva és amely időpont *dr. Fehér* adatai alapján csak a négytizede a *Van Bemelen-Hissink* eljárása szerint kapott időpontnak. Ez mutatja, hogy milyen céltalanok az ilyen számítások, mint amelyeket *dr. Fehér* végzett az alföldi futóhomoktalajokkal, amennyiben azok körülbelül 1000 mg K_2O -ot tartalmaznak 100 gr-ként, amely K_2O -ból az éghajlati elmállás folytán sósavban oldódó K szabadul fel, úgyhogy egyáltalán nem kell attól félni, hogy belátható időn belül az alföldi futóhomokon sósavban oldódó káliiban hiány fog bekövetkezni. Tehát a káli dacára annak, hogy belőle az ákác háromszor annyit vesz fel, mint a foszforsavból, nem fog egyhamar kifogyni, mert a tartalék kálisilikátok mindig új kálit adnak le, ami a foszforsavnál nincs úgy, mert az összfoszforsavból sokkal kevesebb van a talajban, mint a káliumból.

Különben is igen egyszerű mód, kálitrágya nélkül is emelni a talajban a sósavas kivonatban levő kálimennyiséget, ha azt mezőgazdasági köztes használatnak vetjük alá 2—3 éven keresztül. *Ramann* klasszikus vizsgálatai igazolják tudniillik, hogy nemcsak a jobb, kötöttebb talajokon, hanem még homoktalajokon is, a mezőgazdasági köztes használat majdnem százszáza lékkel növeli a talajban levő, sósavban oldódó K_2O -mennyiséget. Ő egy diluviális homoktalajon végzett vizsgálatot, amikor kitűnt, hogy a köztes használat előtt 100 gr talajban volt 16,5 mg K_2O , kétéves köztes használat után 27 mg sósavban oldódó K_2O . Különben is az alföldi homoktalajoknál a rövid köztes használatnál nagyon emelkedne a talaj vízkapacitása, továbbá a gaznövényzet visszaszorulása folytán a víz kihasználása csökkenne és ez az, ami a legfontosabb az alföldi talajok fásítása szempontjából. *Ramann* mondja is, hogy a mezőgazdasági köztes használat elleni averzió kellő tudományos vizsgálatok hiánya miatt alakult ki, amikor azt is megjegyzi, hogy a mezőgazdasági köztes használatot természetesen nem szabad nagyon rövid időközökben megismételni.³⁹⁾

Az alföldi futóhomokterületeken sokkal nagyobb a veszély, hogy a foszforsav ki fog merülni, dacára, hogy belőle az ákác egyharmadot vesz fel a káliumhoz képest és ezen a téren valóban szó lehet arról, hogy foszfortrágyával trágyázzuk az alföldi homokterületeket fásítás esetén. Annál is

³⁹⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1890. 661. oldal. — *Ramann*: Chemisch-physikalische Untersuchungen über Waldfeldbau.

inkább, miután mezőgazdasági köztes használat után a sósavban oldódó P_2O_5 -mennyisége ugyanolyan össz P_2O_5 mellett kisebbedik.

De azért az első fásításnál a faállomány kálitrágyával szemben is igen hálás lenne, mert ez esetben elég könnyen felvehető kálium is rendelkezésre állana, amennyiben a sósavban oldódó K-t túlnyomórészt a növények nem tudják felvenni és belőle elmállás folytán a K szabadul fel, amely, mondjuk, 1%-os citromsavban oldódik, amely káliumról feltételezzük, hogy azt a növény már fel tudja venni.

Azonban még ennek a műtrágyázásnak is a fásítás pillanatában nem lesz semmi hatása, ha az alföldi homok vízháztartása nem megfelelő, mert az a döntő az alföldi futóhomokok fásításánál és nem a talaj kémiai tápanyagtartalma.

Eddigi fejtegetéseimben dr. Fehér analitikai adatainak abszolút értékével foglalkoztam, míg most dr. Fehér módszerével foglalkozom, amelyet vizsgálatainál alkalmazott. Tudniillik dr. Fehér dolgozatából, amely az „Erdészeti Lapok” 1936. augusztusi számában jelent meg, két egész különös dolog tűnik ki. Az első dolog a következő:

Dr. Fehér leírja tudniillik, hogy miként kezelte a talajt, amelyből a sósavas oldatot készítette, amikor a következőket mondja: A vizsgált talajokat előzőleg 105 C^0 -on kiszárítottuk és 0.2 mm -es szitán átszitáltuk...

Dr. Fehér ezen eljárása ellen talajkémiai vizsgálati módszer alapján súlyos kifogás tehető, amennyiben a talajtani gyakorlat a kémiai vizsgálatra szánt talajt nem szárítja meg 105 C^0 -on, mert már ezáltal különösen a foszfor-sav káli oldhatósága a sósavval szemben megváltozhat és azért a talajból vagy légszáradt állapotban, vagy, ami elméletileg még helyesebb, természetes nedvességi állapotban készítünk sósavas kivonatot, ahogy a német munkaközösség azt ajánlja. Azonban sehol az irodalomban nem fogjuk megtalálni azt, hogy a 105 C^0 -on megszáritott talajból készítenek sósavas kivonatot, természetesen a nyert adatokat a 105 C^0 -nál megszáritott talajra kell átszámítani, azonban a 105 C^0 -nál elmenő vizet egy külön próbában határozzák meg, de ebből a próbából sósavas kivonatot nem készítenek.

A második dolog is igen nagyjelentőségű és az a következő:

Tudniillik, akár a Van Bemmelen Hissink-eljárással, akár a porosz geológiai intézet eljárása szerint készítünk sósavas kivonatot, a 2 mm -es szitán átment finom talajt (Feinerde) használjuk fel erre a célra. Viszont dr. Fehér a sósavas kivonatot a 0.2 mm -es szitán átment talajt használta fel erre a célra, ahogy ezt az „Erdészeti Lapok” 1937. augusztusi számában a 682. oldalon írja. Először azt hittem, hogy ez sajtóhiba, de a sajtóhiba ki van zárva, mert dr. Fehér ugyanezen dolgozat 690. oldalán a talajtápanyagkészlet kiszámításáról a következőket írja: „A kiszámításnál mindenekelőtt tekintetbe vettem azt a körülményt, hogy a 0.2 mm -nél kisebb átmérőjű talajrészecskékkel dolgoztam. Ezeknek viszonya Oelkers szerint

úgy fejezhető ki a legjobban, ha a térfogatsúllyal kiszámított talajmennyiségnek homoknál 40%-át, a kötöttebb talajoknál pedig kereken 60%-át veszem alapul." Ez a két mondat is igazolja, hogy *dr. Fehér* valóban a 0'2 mm-nél kisebb málladékot analizált meg, nem pedig a 2 mm-nél kisebb málladékból, mert ez a homoktalajnál is kötöttebb talajnál nem képezi annak 40 és 60%-át.

Ezáltal azonban, hogy *dr. Fehér* a 0'2 mm-nél kisebb málladékot analizálta meg P_2O_5 -ra és kálira, áldozatul esett *Oelkers* egyik bosszantó elnézésének. *Oelkers* tudniillik „Waldbau” című munkájának I. részében a 19—21. oldalon analitikai adatokat hoz az erdei talajok tápanyagtartalmáról és mikor a közepes ásványi tápanyagmennyiségeket határozza meg elnézésből, azt írja, hogy ezeket a kutatók a 0'2 mm-nél kisebb málladékszemekre határozták meg és *Oelkers* nem vette észre, hogy a 19—20. oldalon levő adatokat a kutatók nem a 0'2 mm-nél kisebb málladékszemekben határozták meg, hanem sokkal nagyobb málladékokban. Így *Ramann* a droneckeni talaj sósavas kivonatát úgy készítette, hogy a talajnak 1 mm-nél kisebb málladékszemeiből készítette a sósavas kivonatot.⁴⁰⁾ A cattenbühli talaj sósavas kivonata pedig úgy készült, hogy azt a 2'7 mm-nél kisebb málladékból készítették.⁴¹⁾

Viszont *Albert* sok analitikai adata úgy készült, hogy a porosz geológiai intézet eljárása szerint történt a sósavas kivonat készítése és pedig a 2 mm-nél kisebb málladékokból, amit *Albert* határozottan ki is emel.⁴²⁾

Azokban sajnálatos, hogy *dr. Fehér* hogy eshetett áldozatul ezen sajtóhibának, hiszen *Köhn* a Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen 1931. évi évfolyamában a 469. oldalon ismerteti *Oelkers* munkáját és kijavítja *Oelkerst* azzal a megjegyzéssel, hogy a Feinerdet a 2 mm-es szitán való szitálással nyerik.

Nagyon kötött agyagos, továbbá kötöttebb vályogos talajoknál, amelyekben a 0'2 mm-nél nagyobb málladékszemek tömege nagyon kevés lehet, ott a 0'2 és a 2 mm-es szitán átment talajnál a sósavas kivonatban körülbelül egyforma K₂O-mennyiségeket nyerünk, de már homokos vályognál, vályogos homoknál, aztán homok- és futóhomoktalajnál, amelyben a 0'2 mm-nél nagyobb málladékszemek tömege a talajnak túlnyomórészt képezik, ott már egyáltalában egészen téves sósavas kivonatot készíteni a talaj azon részéből, amely a 0'2 mm-es szitán ment keresztül és éppen azért a német Arbeitsgemeinschaft is megmondja, hogy a kémiai vizsgálatot a 2 mm-es szitán átment talajon végzik el.

Így most már igazán teljesen érthetetlen — még ha elfogadjuk is, hogy dr. Fehér adatai sósavas kivonatból valók —, hogy dr. Fehér miként hason-

⁴⁰⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1898. I. füzet, 9. oldal.

⁴¹⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1908. 2. füzet, 94. oldal.

⁴²⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1912. 134. oldal.

líthatta össze az ő sósavas adatait Albert homoktalaj adataival, mert hiszen pl. az eberswaldei talajoknál a 0'2—2'00 mm közötti málladékszemek tömege 90% fölé emelkedhet, amely 90%-ot dr. Fehér egyszerűen eldob és a megmaradt legfinomabb málladékból készíti el a sósavas kivonatot, amely a talaj tápanyagképeről egész hamis képet nyújt, mert hiszen a 0'2 mm-nél kisebb málladékszemekből a sósav sokkal jobban oldhatja ki a kálit, mint a durva szemekből. Éppen azért érthetetlennek tartom, hogy a dr. Fehér által hozott két eberswaldei talajnak sósavas kivonata csak 62 és 73 mg K_2O -ot tesz ki akkor, mikor Albert és Schoenberg sósavas kivonataiban, amelyek úgy készültek, hogy a 0'2—2 mm közötti málladékszemek is sósavval lettek kezelve, a K_2O -mennyiségek 58, 54, 68, 57, 122, 102, 45, 42, 48, 44, 102, 92, 92, 78, 65 mg-ot tesznek ki.⁴³⁾

De a magyarországi futóhomok talajoknál is, amelyek igen sok 0'2—2 mm közötti málladékszemet tartalmaznak, teljesen helytelen a 0'2 mm alatti málladékszemből meghatározni a sósavas kivonatban levő kálit és így, ha — mondjuk — elfogadjuk, hogy dr. Fehér régebbi dolgozatainak összkálíja valóban sósavas kivonatból való, még ez esetben is az ő általa hozott magyar futóhomok káliadatai teljesen hamis képet adnak a magyar futóhomokról éppen a fásítás szempontjából.

Hogy pedig milyen abszurdum a 0'2 mm-nél kisebb málladékszemből a sósavas kivonatot készíteni, szolgáljon igazolásul a következő: *Kleine Möhl* egy vályogtalajt iszapolt meg és az egyes frakciókban meghatározta a forró sósavban oldódó kálimennyiségeket. Adatai a következők:⁴⁴⁾

	K_2O		
1—0'5 mm	0 mg	100 gr	anyagban
0'5—0'25 "	2 "	100 "	"
0'25—0'1 "	32 "	100 "	"
0'1—0'05 "	146 "	100 "	"
0'05—0'01 "	342 "	100 "	"

Az adatok azt mutatják, hogy a málladékszemek kisebbedésével mennyire növekedik a sósavban oldódó K mennyisége.

Vegyünk már most egy biesenthalai homoktalajt (Eberswalde közelében), amelyen bükk díszlik, I/II. termőhelyi osztály⁴⁵⁾ és amelyben a 0'2 mm feletti málladékszemek 56%-ot, a 0'2 mm-nél kisebb szemek pedig 44%-ot tesznek ki, amely 44% közül 39'5% a 0'2—0'02 mm közötti részekből áll. Ha már most eltávolítjuk a 0'2 mm szitán át nem ment talajt és az 0'2 mm-nél kisebb málladékszemből készítjük a sósavas kivonatot, akkor teljesen

⁴⁴⁾ *König*: Untersuchung landwirtschaftlicher Stoffe, 1923, 13. oldal.

⁴³⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen 1912. évi évfolyama. Táblázat a 362. oldalon. — Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen 1910. évfolyam. Táblázat a 654. oldalon.

⁴⁵⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1925. 132. oldal.

abszurd eredményt kell, hogy kapjunk, mert hiszen az előbb említett táblázatot figyelembe véve kitűnik, hogy 100 gr 0'25 mm-nél nagyobb málladékszemekből csak 2 mg K_2O oldódik fel, de már az 0'1—0'05 mm közötti málladékszemekből 146 mg, tehát a mi talajunk esetében, amelyben 39'5% van a 0'2—0'02 mm közötti részekből, a sósavas kivonat még sokkal többet von ki. Ha már most ezt az értéket az egész talajra akarjuk vonatkoztatni, amelynek 56%-a 0'2 mm-nél nagyobb málladékszemekből áll, amelyből a sósav elenyésző kevés K_2O -ot old ki a 0'2—0'02 mm közötti málladékszemekhez képest, akkor egy teljesen helytelen képet kell, hogy kapjunk a talaj tápanyagtartalmáról.

Epen azért, ha — mondjuk — *dr. Fehér* nem tévedett abban, hogy régebbi összkáliadatai sósavas kivonathoz való, még az esetben is teljesen abszurdum, hogy adatait *Albert* adataival összehasonlítja, mert az a 2 mm-es szitán átment talajt vizsgálta meg. *Ramann* adataival (87. oldal) *dr. Fehér* az ő talajait már azért sem hasonlíthatta össze, mert a trieri talaj vizsgálata úgy történt, hogy az 1 mm-es szitán átszitált talajból készült a sósavas kivonat és pedig úgy, hogy hideg, 1'12 fajsúlyú sósav hatott 24 óráig a talajra, amely csak nagyon kevés káliumot old ki a talajból.

Eppen azért *dr. Fehérnek* az 1936. évi Erdészeti Lapok augusztusi számában az ismertetett idegen adatokkal való összehasonlítása utáni, a 687. oldalon levő azon megállapítása, hogy „az adatok is azt mutatják, hogy vizsgálati adataink nagy vonásokban a külföldi hasonló természetű adatok közé nagyon jól beilleszthetők”, egyáltalán nem helytálló.

Eddigi fejtegetéseimet összefoglalva, a következő konklúzióra kell, hogy jussak: Azzal, hogy *dr. Fehér* analitikai adatait úgy nyerte, hogy a talajt először 105 C⁰-nál megszáritotta és az így megszáritott talajt szitálta át a 0'2 mm-es szitán és az ilyen módon átszitált talajt vette kémiai vizsgálat alá, abszolút ellentétbe került a talajtani vizsgálati előírásokkal és szokásokkal. Az egész más metodika folytán *dr. Fehér* olyan analitikai eredményeket kapott, amelyek még az esetben is teljesen értéktelenek lennének, ha abszolút értékei egyébként megfelelénének, mert ezeket az adatokat más szerzők adataival össze sem lehet hasonlítani és így belőlük nem lehet azokat a következtetéseket levonni, amelyeket *dr. Fehér* levont.

Kritische Bemerkungen zu den chemischen Untersuchungen Dr. Fehérs, welche sich mit den Waldböden befassen.

Von *Stefan Vági*.

Vom Forstchemischen und Bodenkundlichen Lehrstuhl der Technischen Universität in Sopron.

I.

Beitrag zu den Untersuchungen Dr. Fehérs über den P_2O_5 - und $CaCO_3$ -Gehalt der Waldböden.

Dr. Fehér befaßt sich schon seit einigen Jahren mit den biologischen Vorgängen der Waldböden, wobei er auch den Kali, P_2O_5 - und $CaCO_3$ -Haushalt der Waldböden ausführlich untersucht. *Seine Abhandlungen durchlesend, kamen mir einzelne Ausführungen nicht genug stichhältig vor, so daß ich Kontrollanalysen vornahm, wobei es sich herausstellte, daß in den Abhandlungen Dr. Fehérs schwere analytische Fehler vorkommen, die ich nicht übersehen kann und deswegen gezwungen bin, meine Wahrnehmungen der großen Öffentlichkeit zu übergeben.*

Meine erste Bemerkung bezieht sich auf die Ausführungen *Dr. Fehérs* welche er in seiner Abhandlung „*Regionale Untersuchungen über den P_2O_5 -Gehalt der Waldböden*“ in der Phosphorsäure 1932, Band 2, Heft 12, entwickelt hat.

Dr. Fehér hat in dieser Abhandlung eine Zahl von Waldböden im Raume Ungarn—Finnland untersucht und sie nach der geographischen Breite wie folgt zusammengefaßt:

- Szeged 46° 20' 100 gr Boden enthält 61, 33'6 mg P_2O_5 ,
- Kecskemét 46° 53' 100 gr Boden enthält 18'1, 56'16 mg P_2O_5 ,
- Sopron 47° 47' 100 gr Boden enthält 44'5, 44'5, 39'6, 8'91 mg P_2O_5 ,
- Eberswalde 32° 50' 100 gr Boden enthält 29'7, 50'16 mg P_2O_5 ,
- Hallands Väderö 56° 20' 100 gr Boden enthält 79'86, 59'4, 47'5 mg P_2O_5 ,
- Namdalseid 63° 25' 100 gr Boden enthält 67'98 mg P_2O_5 ,
- Raivola 60° 25' 100 gr Boden enthält 54'12, 101'31 mg P_2O_5 ,

Kivalo 66° 35' 100 gr Boden enthält 85·8, 56·7, 72·6, 46·2 mg P_2O_5 ,
 Petsamo 69° 10' 100 gr Boden enthält 97·68, 34·56, 51·81 mg P_2O_5 ,
 Kirkenes 69° 43' 100 gr Boden enthält 91·74 mg P_2O_5 .

Laut diesen analytischen Zahlen kommt Dr. Fehér zu folgendem Schluß: „Der Gesamtphosphorsäuregehalt der Waldböden nimmt nach den nördlichen Breitengraden ganz auffallend zu“. Die Ursachen dieser Erscheinung dürften vor allem wahrscheinlich in dem Umstand zu suchen sein, daß die P_2O_5 -Vorräte dieser Böden infolge der langen Umtriebszeit im Norden viel weniger ausgenützt werden als in den Kulturböden Europas. (Phosphorsäure 1932, Heft 12, Seite 733.)

Diese Behauptung und ihre Begründung ist im ersten Augenblick plausibel, wenn man aber die analytischen Zahlen Dr. Fehérs mit den analytischen Daten anderer Untersucher vergleicht, kommt man zu dem Schlusse, daß die Arbeiten letzterer Forscher zu den Behauptungen Dr. Fehérs im absoluten Gegensatze stehen.

Betrachten wir nun die analytischen Daten anderer Untersucher vom Mittelländischen Meere bis zum Hohen Norden.

a) Waldböden zwischen 43—46° nördlicher Breite.

1. Montpellier (43°).

Waldboden auf Jurakalk unter *Quercus Ilex*. Dieser Boden enthält zwischen 10—20 cm Tiefe in 100 gr Boden 100 mg P_2O_5 . Ein zweiter unter *Quercus Ilex* und *Quercus pubescens* entstanden auf diluvialen Schotter enthielt zwischen 2—7 cm, 90 mg, in 17—77 cm 130 mg P_2O_5 .¹⁾

2. Eichenwaldböden aus der Niederung der Save (45°):²⁾

I.	8—25 cm	170 mg P_2O_5	30—60 cm	140 mg P_2O_5	(salzs. Auszug)
II.	10—20	150	30—60	200	„ „ „ „
III.	5—20	160	20—40	140	„ „ „ „
IV.	5—40	160	40—50	230	„ „ „ „

3. Waldböden aus Seny an der Adria (45°).

I. Eichenwaldboden 5—15 cm 90 mg P_2O_5 (salzsaurer Auszug).

II. Buchenwaldboden 6—16 cm 180 mg, 16—120 cm 120 mg P_2O_5 , (salzsaurer Auszug).

4. Eichenwaldböden aus der Drauebene (46°).³⁾

¹⁾ Chemie der Erde, 1934/1935. Bd. IX. J. Blanck, Braun Blouquet und W. Heuheshoven: „Über einige Bodenprofile und deren zugehörige Waldvegetation aus der Umgebung von Montpellier.“ Seite 200.

²⁾ Glasnik za sumske pokuse 1926, Zagreb. „Es beruht das Eingehen der slavonischen Eiche auf der Bodenveränderung.“ Seite 128—148.

³⁾ Glasnik ja sumske pokuse 1927, Zagreb. Seite 211.

I.	10—25 cm	90 mg	P ₂ O ₅	35—60 cm	60 mg	P ₂ O ₅	(salzs. Auszug)		
II.	5—20 "	140 "	"	25—60 "	120 "	"	"	"	"
III.	5—15 "	110 "	"	40—60 "	140 "	"	"	"	"
IV.	5—15 "	130 "	"	40—60 "	140 "	"	"	"	"
V.	5—15 "	120 "	"	25—45 "	150 "	"	"	"	"
VI.	5—15 "	220 "	"	25—45 "	260 "	"	"	"	"

Wenn ich diese Waldböden zwischen dem 43—46 Breiteregrade zusammenfasse, so stellt es sich heraus, daß in ihnen selbst der salzsaure Auszug viel mehr P₂O₅ enthält, als die Böden *Dr. Fehérs* gesamt P₂O₅. *Diese slawonischen Böden beweisen schlagend, daß die Behauptung Dr. Fehér's, daß in den Waldböden in den nördlichen Breiten der P₂O₅-Gehalt auffallend zunimmt, nicht aufrecht zu erhalten ist.*

b) Böden unter 47°—51°30' nördlicher Breite.

1. Boden aus dem Schwarzwald unter Fichte auf Granit (48°).

I. 5—40 cm 290 mg P₂O₅ (gesamt)⁴⁾

II. 0—30 cm 140 mg P₂O₅ (gesamt).⁵⁾

2. Böden aus Tutlingen (48°) unter Buche über Kalk.

I. 1—10 cm 278 mg 50 cm 431 mg P₂O₅ (salzs. Auszug).

3. Böden aus der Umgebung von Altmühl (49°⁵⁾ weißer Jurakalk.⁶⁾

I. 0—5 cm 170 mg 5—30 cm 140 mg P₂O₅ (salzs. Auszug)

II. 0—2 " 160 " 2—22 " 170 " " " "

III. 0—2 " 160 " 2—27 " 150 " " " "

4. Böden aus der Umgebung von Göttingen.

I. 1—10 cm 278 mg P₂O₅ (salzs. Auszug).

II. 1—5 " 215 " " 20—30 cm 173 mg P₂O₅ (salzs. Auszug).

5. In diese Gruppe der Böden gehören auch die Böden aus der Umgebung von Sopron, in welchen *Dr. Fehér* 44'5, 44'5, 39'6 und 8'91 mg Gesamt-P₂O₅ bestimmte.

Unter diesen Böden ist der Boden mit 8'91 mg P₂O₅ bei *Dr. Fehér* eine Kontrollfläche. Der Wert 8'91 mg P₂O₅ muß ganz falsch sein, denn *Dr. Fehér* bestimmte in diesem Boden im Mai 1932 das Gesamt-P₂O₅, während im November 1932 die 1% Zitronensäure aus diesem Boden 11'84 mg P₂O₅ herauslöste. Durch diesen Widerspruch aufmerksam gemacht, bestimmte

⁴⁾ Handbuch der Bodenlehre. Bd. III. Seite 150.

⁵⁾ Chemie der Erde, 1930. Bd. I. *Blanck* und *Hesse*: „Über sogenannte Kaolinisierung eines Granits unter Rohhumusbedeckung im Schwarzwald.“

⁶⁾ Chemie der Erde, 1935. Bd. X, Heft 1. *Blanck* und *Oldershausen*: „Über rezente und fossile Roterdebildung, insbesondere im Gebiet der südlichen Frankenalb des Altmühltalgebirges.“ Seite 35, 39, 51.

ich im Boden der Kontrollfläche das Gesamt- P_2O_5 und erhielt 92'88, 92'42, 91'71 mg, also zehnmal mehr als *Dr. Fehér*.

Die Kontrollversuchsfläche Nr. 24 liegt im botanischen Garten unserer Hochschule. Der überwiegende Teil der Versuchsfläche schäumt stark mit Salzsäure, während auf zwei kleineren Flecken der Boden mit Salzsäure nicht reagiert. Als Kontrolle nahm ich Proben aus 10—20 cm Tiefe aus dem kalkarmen, wie aus dem kalkigen Anteil und bestimmte das Gesamt- P_2O_5 . Die kalkarme Probe enthielt 0'9% $CaCO_3$, um 94 mg P_2O_5 , hielt sich also in den Grenzen der Bodenprobe, die *Dr. Fehér* mir geliefert hat, 0'55, 0'58% $CaCO_3$, 92'88, 92'42, 91'71 mg P_2O_5 . Die kalkreiche Probe 138'6, 141'6 mg P_2O_5 . *Dr. Fehér* hat also seinerzeit 10—15-mal weniger P_2O_5 bestimmt. Die Kontrollfläche Nr. 24 spielt in verschiedenen Abhandlungen *Dr. Fehérs* eine ganz besondere Rolle. Über diese Kontrollfläche sagt *Dr. Fehér*, daß sie auffallend arm an Nährstoffen ist, und daß sie viel weniger Nährstoffe enthält, als die von ihm untersuchten Waldböden. Er begründet diese Nährstoffarmut mit dem, daß der Boden jahrelang als Schrebergarten benützt, aber nicht gedüngt worden ist, wodurch der Boden seiner Nährstoffe beraubt wurde. Und merkwürdig, trotz diesem erscheint dieser Boden in der *Silva* 1937 vom 22. Oktober als ein Boden, der anstatt 8'9 mg P_2O_5 auf einmal 146 mg, ja nach der Methode '*Sigmund* mit sehr verdünnter Salpetersäure im Durchschnitt 40 mg P_2O_5 enthält. Es stellt sich nämlich heraus, daß dieser Boden, der in den bisherigen Abhandlungen als ein sehr nährstoffarmer Boden figuriert hat, jetzt auf einmal viel nährstoffreicher ist, als alle Waldböden, die *Dr. Fehér* untersucht hat. Und *Dr. Fehér* setzt sich über diese revolutionäre Änderung mit den Worten hinweg, daß bei den früheren Analysen wegen der Inhomogenität und fehlerhaften Probenahme sich ein Fehler eingeschlichen hat. *) Weiter sagt *Dr. Fehér* in dieser neuen Abhandlungen in der *Silva*, daß der Boden gravimetrisch nach *Lorenz* 146 mg, nach *Zinzadze* kolorimetrisch 88 mg P_2O_5 enthält. Ich frage *Dr. Fehér*, wieso dieser ungeheure Unterschied möglich ist. Ich glaube aber, daß sich hier ein Fehler bei der kolorimetrischen Bestimmung eingeschlichen hat, denn wenn in Wirklichkeit die kolorimetrische Methode *Zinzadze* um so viel weniger P_2O_5 anzeigen würde, dann würden auch die mehreren Hundert P_2O_5 -Bestimmungen, die *Dr. Fehér* in den ungarischen Flugsandböden bestimmt hat, und die alle nach *Zinzadze* bestimmt worden sind, jeglichen Wert verlieren.

Welche Mengen von P_2O_5 in den Böden unter dem 51° nördlicher Breite vorkommen können, das zeigen die Untersuchungen an den Buchenböden der Rhön und des Westerwaldes, wo im Oberboden 310, 400, 390, 480, 670 mg P_2O_5 nachzuweisen waren. †) (*Wo bleiben diese großen P_2O_5 -*

*) Wie kann sich so ein ungeheurer Fehler einschleichen?

†) *M. N. Ramaswamy*: „Vergleichende Buchenstandortsuntersuchungen auf Basalt in der Rhön und der Oberpfalz.“ 1935. Seite 48, 51.

Mengen gegenüber den P_2O_5 -Mengen, die Dr. Fehér in viel nördlicherer Breite bestimmt hat?!)

c) Waldböden unter $51^{\circ}30'$ — $56^{\circ}25'$ nördlicher Breite.

In diesen Breiten hat Dr. Fehér zwei Eberswalder und Hallands-Väderöer Böden untersucht und (29·7, 50·16) (79·86, 59·4, 47·5) mg P_2O_5 erhalten. *Über diese Böden äußert sich Dr. Fehér, daß sich in ihnen die Menge des Gesamt- P_2O_5 sichtlich erhöht.*

Dies steht aber im sichtlichen Widerspruch mit der Tatsache, daß die viel südlicheren Rhön- und Westerwaldböden viel mehr P_2O_5 enthalten, als die von Dr. Fehér untersuchten Böden von Eberswalde und Hallands-Väderö.

Aber selbst unter den Sandböden der ungarischen Tiefebene gibt es Böden, die mehr P_2O_5 enthalten, als die eben genannten Böden von Dr. Fehér.

So untersuchte ich zwei Sandböden von Kecskemét und Kaposvár, wobei es sich herausstellte, daß sie zwischen 10—20 cm Tiefe (67·1, 63·7) $66^{\circ}0'$ und $66^{\circ}6'$, 67, 64·17 mg P_2O_5 enthielten.

Aber selbst in der Umgebung von Sopron gibt es Böden, die mehr P_2O_5 enthalten als die Fehérschen Eberswalder und schwedischen Böden. Vier Soproner Waldböden, von mir untersucht, enthielten (63·7), (65, 66·7), (75·2) und 79·46, 84·53 mg P_2O_5 , so daß man überhaupt nicht behaupten kann, daß nach dem Norden zu in den Waldböden das Gesamt- P_2O_5 sich auffallend erhöht.

Ich untersuchte auch die beiden Eberswalder Böden Nr. 31 und 32 auf Gesamt- P_2O_5 und bekam für den Boden Nr. 31 (57·8), (58·8), (59·6) und (60·4) mg P_2O_5 , während Dr. Fehér nur 29·7 mg erhielt. Im Boden Nr. 32 erhielt ich 19·6, 18·6, 19·5, 19·4, 16, 18·64, 18·6, 19·42, 16·6 und 19·66 mg P_2O_5 , während Dr. Fehér 50·16 mg P_2O_5 erhielt. Wahrscheinlich schlich sich in die kolorimetrische Bestimmungsmethode, die Dr. Fehér gebrauchte, ein schwerer analytischer Fehler ein. Im übrigen ist es sehr schwer zu verstehen, wenn aus dem Boden Nr. 32 das Königswasser nur 18 oder 19 mg P_2O_5 herauslöst, wie es möglich ist, daß Dr. Fehér aus dem Boden Nr. 32 im Jahre 1933 im Juni 25·4, im November 28·6 und Dezember 26·4 mg P_2O_5 mit 1% Zitronensäure herausgelöst hat.

Dr. Fehér hat auch finnländische Böden auf den P_2O_5 -Gehalt untersucht und folgende Werte erhalten: 54·12, 101·31, 85·8, 56·7, 72·6, 46·2, 97·68, 43·56, 51·81, 91·74. *Auf Grund dieser Zahlen behauptet Dr. Fehér, daß sich der P_2O_5 -Gehalt im Norden auffallend erhöht.*

Diese Behauptung Dr. Fehérs entspricht nicht den Tatsachen, weil ja die Böden, die ich aus viel südlicherer Breite vorher behandelt habe, viel mehr P_2O_5 enthalten wie die Fehérschen finnländischen Böden.

Die Waldböden Norddeutschlands unter Laubwald haben selbst im salzsauren Auszug viel mehr P_2O_5 wie die *Fehérschen* Böden.

I.	1—5 cm	106 mg P_2O_5	33—41 cm	79 mg P_2O_5
II.	1—6 "	119 " "	25—35 "	144 " "
III.	1—6 "	131 " "	25—40 "	102 " "
IV.	1—4 "	121 " "	30—35 "	110 " "
V.	1—5 "	152 " "	25—30 "	101 " "
VI.	1—5 "	155 " "	30—40 "	151 " "
VII.	1—8 "	150 " "	30—35 "	137 " "
VIII.	1—10 "	160 " "	50 "	127 " "
IX.	1—6 "	142 " "	30—40 "	127 " "

Die Arbeiten anderer Untersucher zeigen, daß in den nordischen Böden das P_2O_5 in größeren, aber auch in viel kleineren Mengen vorkommt.

So hat *Tamm* in einem nordischen Waldboden, vom Myrtillus-Typ, zwischen 10—30 cm nur Spuren, in 30—45 cm Tiefe 20, in 45—75 cm Tiefe 80 mg P_2O_5 nachgewiesen. In einem anderen Boden unter Fichte und Kiefer in 4—8 cm Tiefe 70 mg, 8—16 cm Tiefe 220 mg und noch tiefer 270 mg.⁸⁾ Wir kennen aber auch die Untersuchungen *Aarnio's*, der in mehr als 30 Waldböden in der Schicht unter der humosen Bodenschicht das Gesamt- P_2O_5 bestimmte, wobei es sich herausstellte, daß viele Böden nur 40 mg P_2O_5 enthielten, während der überwiegende Teil 70—90 mg, einzelne aber 200—230 mg P_2O_5 enthielten.

Um die regionale Verbreitung des P_2O_5 übersehen zu können, verfaßte ich auf Grund der Untersuchungen verschiedener Analytiker folgende Tabelle.

Diese Tabelle und meine bisherigen Ausführungen beweisen, daß die Behauptung Dr. Fehérs, daß in den nördlichen Breiten der Phosphorgehalt der Waldböden sich auffallend erhöht, nicht bestehen kann und daß es ziellos ist, zwischen Mitteleuropa und der Skandinavischen Halbinsel auf regionaler Grundlage im P_2O_5 -Gehalt der Waldböden irgend welche Regel abzuleiten.

Die allerschwersten Bedenken erhebe ich aber auch gegen den $CaCO_3$ -Gehalt der *Fehérschen* Waldböden, weil seine $CaCO_3$ -Gehalte ein ganz falsches Bild des Kalkhaushaltes seiner Waldböden ergeben.

Dr. Fehér hat im Szegeder Boden Nr. 6 0'8% $CaCO_3$, in den Kecske-méter Böden 7 und 8 0'9 und 1% $CaCO_3$ bestimmt. Meine Untersuchun-

⁸⁾ Sylva, 1934. Heft 12/13. Tabelle auf Seite 92, 93. — Sylva, 1933. Heft 32. Tabelle auf Seite 251.

⁹⁾ Handbuch der Bodenlehre. III. Tabelle auf Seite 146, 148.

Nördliche Breite	Ort	Gesamt P ₂ O ₅ mg	Salzsäure lösliches P ₂ O ₅ mg	Bemerkung
13°	Siam	Spuren		
18°	Siam	160, 180*)		
43° 50'	Montpelier	90, 100		
45°	Gardasee	100		
"	Save-Niederung		170, 150, 160, 180, 120, 130, 140, 90, 40	Gesamt P ₂ O ₅ noch mehr
"	Deliblat		30	"
"	Zeng		180, 120, 40	"
46°	Drawe-Niederung		90, 140, 110, 120, 130	"
46° 40'	Kanizsa		20, 40	"
"	Karád		50, 160	"
46° 55'	Kecskemét	63, 67, 44, 5		
46—47°	Tenke		80, 120	"
47—48°	Sopron	44, 44, 39, 89 67·1, 75·2, 80·5		
"	Tutlingen		278, 341	"
"	Schwarzwald	290, 140		
49°	Altmühl		170, 140, 160 170, 160, 150	"
50° 30'	Glatz	40		
51° 30'	Lohra	580, 180, 210, 220		
"	Münden	14, 52		
"	Leinefeld		215, 73	"
"	Reinhausen		278	"
52°	Lieberose	110, 120		
	Eberswalde	90, 110, 110		
52° 50'	Eberswalde (Ramann's Zahlen)	110, 190, 105, 120 66, 70, 190, 230		
"	Eberswalde (Fehér's Zahlen)	150, 146 29·7, 50·16		
"	Lüneburger Heide		100, 45, 53, 70	
53	Uckermarcker Heide	107, 21, 162		
"	Nördliche deutsche Buchen- u. Eichen- wälder		121, 110, 142 152, 101, 127 155, 151, 127 150, 137, 160, 127 273, 178, 292, 89	
54 30	Rügen			
56 25	Hallands-Wäderö	79·86, 59·4, 47, 5		
	Schweden	Spuren, 20, 70, 220, 180, 80		
Nördlich vom 60. Breite- grad	Finnland	230, 66, 80, 100 116, 200, 90, 80 110, 40, 170, 160		

gen ergaben aber, daß der Boden Nr. 6 5·5, 5·5, 5·5%, der Boden 7 4·2, 4·6, 4·6% und der Boden 8 5·5, 5·4 und 5·5% CaCO₃ enthält.

Es ist mir ganz unfaßbar, daß Dr. Fehér in 6, 7 und 8 nur 0·8, 0·9 und

*) Chemie der Erde, 1934—1935, Seite 419—452.

1% CaCO_3 bestimmen konnte, weil man doch beim Arbeiten mit dem Passon'schen Apparat zuerst bestimmen muß, ob man mit dem großen oder kleinen Apparat arbeiten soll. Die Probe geschieht so, daß man den Boden mit HCl übergießt, wobei unter 1% CaCO_3 der Boden keine Blasen abgibt, in welchem Falle man mit dem kleinen Apparat arbeiten muß. Wenn aber der Boden nur wenig schäumt, bedeutet das, daß dieser Boden mehr als 1% CaCO_3 enthält, so daß mit dem großen Apparat gearbeitet werden muß. Die Böden 6, 7, 8 schäumen aber so mit Säure, daß es ganz unverständlich ist, wie Dr. Fehér kleinere Werte als 1% CaCO_3 bekommen konnte.

Dadurch aber, daß in den drei Fehérschen Böden der CaCO_3 -Gehalt nicht 0,9, 0,8% beträgt, ist die in 1%-er Zitronensäure lösliche P_2O_5 - und K_2O -Menge unbedingt nicht richtig bestimmt, weil 4,5, 5,5% CaCO_3 im Boden von der 1% Zitronensäure soviel neutralisieren, daß die Zitronensäure nicht mehr 1%, sondern nur 0,4—0,6% sein wird, welche Säure ganz andere P_2O_5 - und K_2O -Mengen aus dem Boden herauslöst als die 1% Säure. Deswegen entbehren die Berechnungen Dr. Fehérs wie lange die in 1% Zitronensäure lösliche P_2O_5 - und K_2O -Mengen ausreichen werden, der nötigen realen Grundlage.

Dr. Fehér hat in den Böden 6, 7, 8 auch die jährliche Änderung der Bodenreaktion untersucht, wobei er pH-Werte 4,62, 4,97, 4,94, 4,96 bekam.¹⁰⁾

Ich frage nun, wieso im Boden mit 4,5, 5,5% CaCO_3 pH-Werte von 4,62 entstehen können, nachdem doch ein Boden mit 5—6% CaCO_3 und 50% Porenvolumen bis 30 cm Tiefe 426 Tonnen CaCO_3 enthält und die Untersuchungen Aarnios beweisen, daß in den sauren finnischen Böden 17 Tonnen CaCO_3 genügen, um den pH-Wert, um eine Einheit zu vergrößern. Wie kann also in diesen ungarischen kalkhaltigen Böden das pH auf 4,62 fallen, nachdem diese Böden $426 : 17 = 25$ -mal 17 Tonnen CaCO_3 enthalten?

Dadurch aber, daß Dr. Fehér in seinen Böden 6, 7, 8 nur 0,8, 0,9 und 1% CaCO_3 bestimmte, muß auch der salzsaure Auszug nach der Methode der preußischen geologischen Anstalt bestimmt, ganz andere K_2O -Mengen aus dem Boden herauslösen, denn bei den Böden mit 0,8, 0,9 und 1% CaCO_3 nimmt man 50 gr Boden und 100 cm^3 Salzsäure, bei 5, 6% CaCO_3 aber nur 25 gr Boden auf 100 cm^3 Säure, in welchem Falle die Säure ganz andere K_2O -Mengen aus dem Boden herauslöst.

Dr. Fehér hat auch einen Rendzina-Boden Nr. 28 aus Miskolc auf den CaCO_3 -Gehalt untersucht und bekam 1,8% CaCO_3 , während ich nicht mehr als 0,22, 0,23% nachweisen konnte.

¹⁰⁾ Archiv für Pflanzenbau, 1932. Bd. IX. Tabelle auf Seite 191.

Dr. Fehér hat auch vier Soproner Böden auf den CaCO_3 -Gehalt untersucht und 0,5, 0,7, 0,4, 1,5% CaCO_3 erhalten.

Ich untersuchte dieselben Böden und erhielt (0,1, 0,05, 0,03%), (0,1%), (0,0%), (0,55, 0,58%) CaCO_3 , welche Werte sich von den *Fehérschen* Werten gewaltig unterscheiden.

Dr. Fehér hat auch die beiden Eberswalder Böden Nr. 31, 32 auf den CaCO_3 -Gehalt untersucht und 0,7, 0,8% CaCO_3 erhalten. Diese großen Kalkmengen sind aber im absoluten Gegensatze zu den Resultaten anderer Untersucher, welche den diluvialen Sand in der Umgebung von Eberswalde untersucht haben. *Der diluviale Sand aus Eberswalde ist nämlich ganz CaCO_3 -frei und diese Sande enthalten selbst im salzsauren Auszuge weniger als 0,1% CaO, welches aber nicht vom CaCO_3 stammt.*

So hat *Schoenberg* sechs Böden aus dem Eberswalder Stadtwald untersucht und im salzsauren Auszug zwischen 0—20 cm 0,034—0,066% CaO erhalten.¹¹⁾

Albert hat auch die Waldböden auf diluvialem Sande untersucht und bis 100 cm Tiefe im salzsauren Auszuge nur 0,014—0,054 mg CaO erhalten.¹²⁾

Ramann hat gleichfalls Eberswalder Böden untersucht und in fünf Bodenproben folgende CaO-Mengen erhalten, die in Salzsäure löslich waren:

I. Oberste 10—12 cm starke humose Schicht 0,054 mg CaO, untere 30—35 cm starke Schicht 0,058% CaO.

II. Oberste 4—10 cm Schicht 0,036% CaO, untere Schicht 0,034% CaO.

III. Oberste 10—18 cm Schicht 0,03% CaO, untere 30 cm Schicht 0,036% CaO.

IV. Oberste 16 cm Schicht 0,019% CaO, untere 30 cm Schicht 0,041% CaO.

V. Oberste 16 cm Schicht 0,056% CaO, untere 20 cm Schicht 0,051% CaO.¹³⁾

Hennecke hat auch neuestens 16 diluviale Sandböden unter Kiefern auf den Kalkgehalt untersucht und im salzsauren Auszug nur 0,017 bis 0,057% CaO erhalten.¹⁴⁾

Die Ergebnisse anderer Untersucher, die auch die Eberswalder diluvialen Sande untersucht haben, standen mir vor den Augen, als ich die

¹¹⁾ Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1910. 2. Heft. Seite 644.

¹²⁾ Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1925. Heft 3. Seite 132.

¹³⁾ Jahrbuch der königl. preuß. geologischen Landesanstalt und Bergakademie, 1884. *Ramann*: „Über die Verwitterung diluvialer Sande“. Seite 1—19.

¹⁴⁾ Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1935, Heft I. Seite 47.

Abhandlung *Dr. Fehér's* las, daß seine Böden, Nr. 31 und 32, 0'7 und 0'8% CaCO_3 enthielten. *Ich untersuchte die beiden Böden mit dem kleinen PassonischenApparat, wobei es sich herausstellte, daß der CaCO_3 -Gehalt der beiden Böden 0% betrug. Den abnormalen CaCO_3 -Gehalt hat auch Nehring in seiner Abhandlung „Über die Schwankungen der Reaktionsverhältnisse im Boden¹⁵⁾ berührt und an Dr. Fehér die Frage gestellt, wieso bei 0'7, 0'8% CaCO_3 diese beiden Böden pH-Werte bis zu 3'5 zeigen können.*

Schwere Bedenken muß ich auch gegen den CaCO_3 -Gehalt der *Fehér'schen* finnländischen Böden äußern, in welchen *Dr. Fehér* 0'5, 0'6, 0'5, 0'5, 0'3, 0'5, 0'4, 0'4, 0'5, 0'3 und 0'7% CaCO_3 bestimmt hat. *Diese Zahlen stehen im Widerspruch mit dem, was wir über den Kalkgehalt der humiden, nicht aus Kalkstein entstandenen finnländischen Böden wissen. So sagt Aarnio,¹⁶⁾ daß diese Böden CaCO_3 nicht enthalten.*

Aarnio hat selbst eine große Anzahl finnischer Waldböden untersucht und in sieben Sand- und Moränenböden das in 1% Zitronensäure lösliche CaO bestimmt und in 15—30 cm Tiefe nur 0'047, 0'037, 0'004, 0'018, 0'010, 0'031, 0'097% CaO erhalten. Selbst in stark tonigen Böden löste die 1% Zitronensäure nur 0'1395% CaO, während in aus basischem Gestein entstandenen Moränen- und Sandböden dieselben Zahlen zwischen 0'0685 bis 0'007% CaO betrogen.

Walmari hat auch eine große Zahl finnischer Waldböden mit 0'2 normaler Salzsäure behandelt und im Auszuge beim Calluna-Cladina-Waldtyp 0'031—0'008% CaO, im Calluna-Typ 0'058—0'04% CaO, im Myrtillus-Typ 0'314—0'4% CaO erhalten, welches CaO aber nicht von CaCO_3 , sondern aus dem adsorbierenden Komplex, oder aus den Mineralien entstammen. *Aus alldem komme ich zu dem Schlusse, daß die hohen CaCO_3 -Gehalte der Dr. Fehér'schen finnischen Waldböden einem schweren analytischen Fehler zu verdanken sind.*

Dr. Fehér hat in der „Phosphorsäure“ 1932, Band 2, Heft 12, auf Seite 712, 713 aus vier Soproner Waldböden analytische Zahlen die aus dem Mai 1932 entstammen zusammengestellt, welche ich in der folgenden Tabelle zusammenfasse.

¹⁵⁾ Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung. Band 40, 1935. Heft 3/4.

¹⁶⁾ *Aarnio*: „Die Pflanzennährstoffverhältnisse der finnischen Böden. Sonderdruck aus den „Mezőgazdasági kutatások“ 1933. Seite 431—438.

Tabelle I.

Versuchsfläche	P ₂ O ₅ mg löslich in 1% Zitronensäure	Gesamt-Stickstoff in 100 gr Boden	pH	Gesamt-Bakterienzahl	Humusgehalt %
14	2·66	26·19	4·95	30175000	1·33
15	4·90	49·64	5·43	26450000	1·46
11	2·66	28·00	4·90	26750000	0·98
24	1·21	56·28	7·49	21300000	1·56

In der „Phosphorsäure“ 1934, Band 4, Heft 8, 9, Seite 513—515, hat Dr. Fehér von denselben Versuchsflächen dieselben analytischen Zahlen im Mai 1932 bestimmt, welche ich wieder in der folgenden Tabelle zusammenfasse.

Tabelle II.

Versuchsfläche	P ₂ O ₅ mg löslich in 1% Zitronensäure	Gesamt-Stickstoff in 100 gr Boden	pH	Gesamt-Bakterienzahl	Humusgehalt %
14	4·28	57·42	5·62	7120000	1·1
15	1·52	67·80	5·94	10220000	0·81
11	1·44	67·20	5·68	7370000	1·22
24	2·21	47·60	5·96	11980000	0·92

Wenn wir diese beiden Tabellen miteinander vergleichen, springen folgende unverständliche Tatsachen ins Auge. In den vier Bodenproben sind die verschiedenen Zahlen im Mai 1932 von Dr. Fehér bestimmt worden und trotzdem besteht zuerst ein ungeheurer Unterschied in der Bakterienzahl, zweitens ist es unverständlich, wieso bei Nr. 11 der Gesamtstickstoff 28, und dann 67·2 mg betragen kann. Drittens versteht man nicht, wieso bei Nr. 14 das Zitronensäure lösliche P₂O₅ 4·9 und dann 1·52 mg beträgt, dann weiter wieso zu gleicher Zeit das pH bei Nr. 24, 5·96 und 7·49 entsprechen kann. Zuletzt frage ich, wie es möglich ist, daß bei Nr. 15 der Humusgehalt zuerst 1·46, dann 0·81% bei Nr. 24 zuerst 1·56 und dann 0·92% betragen soll.

Bei der Versuchsfläche 15 sieht man noch folgende schwer verständliche Tatsachen.

Die analytischen Zahlen dieser Versuchsfläche sind auch in der selben Zeit bestimmt worden, müssen also dieselben Werte geben und trotzdem findet man ganz andere Werte, je nachdem sie in verschiedenen Zeitschriftennummern vorkommen. Die Zahlen der Versuchsfläche 15 habe ich im folgenden zusammengefaßt.

Tabelle III.

pH	Gesamt-P ₂ O ₅ mg	Zitronensäurelösliches P ₂ O ₅ mg	Humus	Gesamtsickstoff	Aerobe Bakterienzahl	Anaerobe Bakterienzahl	Gesamtbakterien	Nitrifizierende Bakterien	Denitrifizierende	Nitrogenbindend, anaerob	Nitrogenbindend, aerob	
5·4	39·6	4·9	1·46	49·64	25350000	11000000	26450000	10000	10000	33000	3000	Phosphorsäure, 1932. Bd. II, Heft 12, Seite 712—713.
5·47	39·6	4·9	1·17	63·50	8976000	624000	9600000	120000	300000	10000	10	Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung, Bd. 33, Heft 5/6, Seite 324.
5·94		1·52	0·81	67·80			10220000					Phosphorsäure, 1934. Bd. IV, Heft 8/9, Seite 513.
5·94			0·81	67·80	9900000	320000	10220000	50000	1750000	40000	300	Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung, 1936. Bd. 43, Heft 1/2, Seite 8.

Ich frage nun Dr. Fehér, wie diese Zahlen, die voneinander sich so gewaltig unterscheiden, bei der Versuchsfläche Nr. 15 vorkommen können?

Mit welcher Vorsicht aber die Resultate der *Fehérschen* Untersuchungen zu werten sind, ist auch aus dem folgenden zu entnehmen.

Dr. Fehér hat in der „Phosphorsäure“ 1932, Band II, Heft 12, vier Kecskeméter und Szegeder Böden untersucht (10—20 cm) und folgende Zahlen bestimmt.

Boden Nr.	Gesamt- P ₂ O ₅	Zitronen- säure- lösliches PO	Humus %	Gesamt- stickstoff	pH	CaCO ₃ %	Aerobe Bakterien	Anaerobe Bakterien	Gesamt- Bakterien- zahl	Nitrifi- zierende	Denitrifi- zierende	Stickstoff assi- milierende Bakterien	
												Anaer.	Aerob
5	61	4.94	0.42	30.24	6.96	0.9	20000000	900000	20900000	100000	100000	11000	1000
6	33.6	2.3	0.6	27.44	6.02	0.8	22900000	1150000	24050000	100000	1000000	20000	1000
7	18.1	2.35	0.41	31.92	6.76	0.9	23900000	760000	24660000	100000	100000	20000	2000
8	56.16	2.41	0.64	39.20	7.11	1.0	21000000	1000000	22000000	100000	300000	11000	1000

Dieselben Böden kommen auch in der Zeitschrift für Pflanz. und Düngung 1934, Band 33, Heft 5—6 vor. Sie sind zur selben Zeit bestimmt, geben aber ganz andere Zahlen.

5	61	4.94	0.42	32.79	6.32	0.9			4170000	100000	100000	18000	10
6	33.6	2.30	0.6	24.36	6.00	0.8			4200000	100000	1000000	3000	100
7	18.1	2.35	0.41	21.00	6.59	0.9			3150000	100000	100000	10000	1000
8	56.16	2.41	0.64	32.79	6.58	1.0			5000000	100000	300000	10000	1000

Diese Zahlen beweisen, daß sie aus demselben Boden entstammen, wie oben und daß die Bestimmung zur selben Zeit stattfand, denn die Werte des in Zitronensäure löslichen P₂O₅, dann der Humusgehalt ist derselbe und trotzdem besteht ein gewaltiger Unterschied in den pH, Gesamtstickstoff-Werten und in den Bakterienzahlen. Wieso ist das möglich? Diese vier Böden werden auch in der „Phosphorsäure“ 1933, Band III, Heft 7, 8 erwähnt, nur haben sie jetzt die Nummern 36, 37, 38, 39.

Boden Nummer			CaCO ₃ -Gehalt	pH	Gesamt-Stickstoff	Humus
36	61	4.94	0.9	6.96	43.96	0.65
37	33.6	2.3	0.8	6.02	38.08	0.83
38	18.1	2.35	0.9	6.76	51.92	0.65
39	56.16	2.41	1.0	7.11	39.20	0.64

Jetzt frage ich, wieso es möglich ist, daß Nr. 36, 37, 38 beim Gesamt-P₂O₅, CaCO₃-Gehalt, beim Zitronensäure löslichen P₂O₅, beim Humusgehalt, bei den pH-Werten, dieselben Werte zeigen, während beim Gesamtstickstoff ganz andere Zahlen vorkommen?

Weiters wieso ist es möglich, daß die Zahlen für 36, 37, 38 in 0—10 cm Tiefe bestimmt worden sind, während die Werte von den Böden 5, 6, 7 zwischen 10—20 cm entstammen?

Weiter frage ich, wieso der Boden Nr. 39, bei dem die Zahlen in 0—10 cm bestimmt worden sind, dieselben Werte gibt, wie der Boden Nr. 8, trotzdem bei diesem Boden die Werte in 10—20 cm Tiefe bestimmt wurden?

Dr. Fehér hat auch zwei Eberswalder Böden untersucht und Zahlen bekommen, die die absolute Unverläßlichkeit beweisen. Sie seien nachstehend mitgeteilt.

Boden Nr.	Gesamt- P ₂ O ₅ mg	Zitronens.- lösli. P ₂ O ₅ mg	Humus	Gesamt- stickstoff	pH	Aerobe Bakterien	Anaerobe Bakterien	Gesamt- Bakterien- zahl	Nitrifi- zierende Bakterien	Denitrifi- zierende Bakterien	Nitrogen- bindende	
											Anaerob	Aerob
31	29·7	3·53	1·00	34·22	4·02	19200000	10000	19210000	10000	1000000	20000	1000
32	50·16	1·56	1·22	33·17	4·39	16800000	10000	16810000	100000	1000000	20000	1000

(„Phosphorsäure“ 1932, Band II, Heft 12, Seite 712, 713.)

Dieselben zwei Böden kommen aber auch in der Zeitschrift für Pfl. und Düngung 1934, Band 33, Heft 5, 6 vor, auch im Mai 1932 untersucht, aber mit ganz anderen Zahlen.

31	29·7	4·33	1·07	49·00	4·96			3500000	50000	500000	10000	10
32	50·16	2·57	1·4	54·55	5·24			3250000	30000	500000	10000	10

Ich frage nun *Dr. Fehér*, wieso es möglich ist, daß diese beiden Böden zur selben Zeit untersucht, sich so gewaltig voneinander unterscheiden? Derselbe Fall ist bei den *Fehér*'schen finnländischen Böden.

38	54·12	4·32	2·87	24·36	6·46			3350000	100000	180000	10000	100
39	101·32	3·52	1·63	15·95	6·52			3180000	30000	300000	10000	10
40	85·8	2·20	1·51	34·96	5·91			3900000	50000	500000	1000	100

Boden Nr.	Gesamt- P ₂ O ₅ mg	Zitonen- säure lösliches P ₂ O ₅	Humus %	Gesamt- stickstoff	pH	Aerobe Bakterien	Anaerobe Bakterien	Gesamt- Bakterien- zahl	Nitrifi- zierende Bakterien	Denitrifi- zierende Bakterien	Nitrogenbindende	
											Anaerob	Aerob
41	56·7	3·17	1·76	35·58	5·44			3350000	5000	100000	500	100
42	72·6	2·26	1·40	37·79	5·41			2300000	50000	10000	100	10
43	46·2	0·8	1·67	33·05	5·50			3450000	10000	100000	500	10
44	97·68	1·54	1·52	57·96	5·41			3440000	50000	10000	10000	10
45	43·56	1·21	1·72	52·45	5·46			2420000	30000	50000	1000	100
46	51·81	2·33	1·81	24·36	4·96			4100000	50000	50000	1000	10
47	91·74	2·62	1·65	29·98	5·41			4020000	20000	180000	1000	100

Millionen

38	54·12	4·32	1·99	28·84	4·86	5·1	0·78	5·88	18000	100000	31000	1000
39	101·31	3·52	1·23	21·00	4·89	5·1	0·64	5·74	30000	1000000	18100	100
40	85·8	2·20	1·21	21·72	4·90	2·6	0·4	3·00	10000	1000000	13000	3000
41	56·7	3·17	1·79	33·60	5·11	9·4	0·8	10·2	30000	300000	31000	1000
42	72·6	2·26	0·80	27·44	5·02	5·0	1·6	6·6	18000	120000	30300	300
43	46·2	0·80	1·12	10·36	4·89	5·6	1·7	7·3	10000	30000	50100	100
44	97·68	1·54	0·78	9·52	4·93	7·2	1·0	8·2	15000	185000	10100	100
45	43·56	1·21	0·99	20·72	4·96	6·6	0·9	7·5	14000	100000	10100	100
46	51·81	2·33	0·92	26·96	4·74	4·2	0·7	4·9	10000	100000	10100	100
47	91·74	2·62	1·75	15·20	5·31	5·4	0·9	6·3	10000	185000	10300	300

Ich frage nun *Dr. Fehér*, wieso auch bei diesen finnländischen Böden solche große Unterschiede vorkommen können, trotzdem die Böden in derselben Zeit untersucht worden sind, was schon aus dem Umstand zu ersehen ist, daß die in 1% Zitronensäure lösliche Phosphorsäuremenge dieselbe geblieben ist?

Meine folgenden Ausführungen werden beweisen, daß die Behauptung *Dr. Fehérs*, demnach sich die leicht lösliche Phosphorsäure während eines Jahres gesetzmäßig ändert, noch nicht einwandfrei bewiesen ist.

So hat *Dr. Fehér* bei den Eberswalder Versuchsflächen 31 und 32 im Mai des Jahres 1932 und 1933 das in 1% Zitronensäure lösliche P_2O_5 bestimmt. Er bekam für Nr. 31 3'53 und 24'6 mg, für 32 1'556 und 18'6 mg P_2O_5 . *Mit was ist dieser ungeheure Unterschied zu begründen?* Bei der Versuchsfläche 31 erniedrigt sich das leicht lösliche P_2O_5 vom Mai bis Juli 1933 von 24'8 mg P_2O_5 auf 4'64 mg, während bei der Versuchsfläche 32 von Mai bis Juli der Sprung von 18'6 auf 25'4 mg P_2O_5 zu sehen ist. *Warum ist dieser große Unterschied bei beiden Versuchsflächen? Hier kann sich nur ein schwerer analytischer Fehler eingeschlichen haben.*

Daß die jährliche Änderung in der Menge des leicht löslichen P_2O_5 nach einer gewissen Regel sich einstellt, das zeigen selbst die Fehérschen Zahlen nicht.

So ist bei der Versuchsfläche Nr. 15 im Jahre 1932 das Minimum im Juli 1'44 mg P_2O_5 , das Maximum im Oktober 24 mg, während im November die Zahl auf 10'10 mg P_2O_5 zurückfällt, um sich im Dezember wieder auf 22'8 mg zu erhöhen. Im Juli 1933 beträgt das leicht lösliche P_2O_5 3'74 mg, welcher Wert sich im Oktober auf 17'5 mg erhöht.

Bei der Versuchsfläche Nr. 14 beträgt das leicht lösliche P_2O_5 , im Juli 2'42 mg, erhöht sich aber im Oktober auf 25'2 mg, um im Dezember auf 16'9 mg P_2O_5 zurückzufallen. Im Jahre 1933 erhöht sich aber das leicht lösliche P_2O_5 von 4'84, im Juli auf nur 7'45 mg, um dann im Dezember den höchsten Wert 20'8 mg P_2O_5 zu erreichen.

Bei der dritten Soproner Versuchsfläche Nr. 11 erhöht sich das leicht lösliche P_2O_5 vom Juli bis Oktober von 1'36 mg auf 28'8 mg P_2O_5 , um dann im Dezember auf 16'6 mg zurückzufallen. Im Jahre 1933 erhöht sich aber das leicht lösliche P_2O_5 vom Juli bis Oktober von 6'12 auf 7'55 mg. *Warum ist diese Änderung so ganz anders wie im vorigen Jahre?*

Bei der vierten Versuchsfläche 20 b. ist die Erhöhung vom Juli bis Oktober von 1'68 mg bis auf 37'2 mg P_2O_5 , um dann im November auf 6'88 zurückzufallen, im Dezember aber sich auf 14'3 mg zu erhöhen.¹⁷⁾

So lange diese unverständlichen Änderungen nicht mit einer Zahl von Analysen belegt werden, kann von einer sommerlichen Depression, welche *Dr. Fehér* als bestehend betrachtet, noch keine Rede sein.

¹⁷⁾ „Phosphorsäure“ 1934. Band 4. Heft 8, 9. Seite 513, 514.

Damit ich in dieser Frage richtig urteilen kann, habe ich in einem Soproner Boden zwischen 0—10 cm von Mai bis November die in 0·2 normaler Salzsäure lösliche Phosphorsäure bestimmt und in demselben Boden vom August bis November dasselbe P_2O_5 nur zwischen 10—20 cm. Meine Untersuchungen zeigen folgendes Bild.

10. Mai 0—10 cm, 7·26, 6·95, 7·05, 7·4, 6·93 mg P_2O_5 Durchschnitt 7·11 mg P_2O_5 .
10. Juni 0—10 cm, 8·33, 8·41, 9·22, 9·01 mg P_2O_5 Durchschnitt 8·76 mg P_2O_5 .
10. Juli 0—10 cm, 10·45, 10·77, 11·04, 11·13, 10·6, 10·67 mg P_2O_5 Durchschnitt 10·76 mg P_2O_5 .
10. August 0—10 cm, 4·81, 4·89, 4·92, 4·13, 4·65 mg P_2O_5 Durchschnitt 4·68 mg P_2O_5 .
10. August 10—20 cm, 2·0, 1·73, 1·91 mg P_2O_5 Durchschnitt 1·94 mg P_2O_5 .
10. September 0—10 cm 4·54, 4·56, 4·69 mg P_2O_5 Durchschnitt 4·58 mg P_2O_5 .
10. September 10—20 cm 2·73, 2·36, 2·81 mg P_2O_5 Durchschnitt 2·63 mg P_2O_5 .
2. Oktober 0—10 cm 3·47, 3·4, 3·57 mg P_2O_5 Durchschnitt 3·48 mg P_2O_5 .
2. Oktober 10—20 cm 1·68, 1·71, 1·79 mg P_2O_5 Durchschnitt 1·72 mg P_2O_5 .
2. November 0—10 cm 5·52, 5·44, 5·58 mg P_2O_5 Durchschnitt 5·51 mg P_2O_5 .
2. November 10—20 cm 2·32, 2·19, 2·09 mg P_2O_5 Durchschnitt 2·19 mg P_2O_5 .

Aus diesen Zahlen ist zu entnehmen, daß das in 0·2 normaler Salzsäure lösliche P_2O_5 im Jahre gewisse Änderungen zeigt, *welche aber ganz anderer Natur sind, als sie Dr. Fehér dargestellt hat, außerdem ist der Unterschied zwischen Minimum und Maximum ein ganz anderer wie bei Dr. Fehér. Es stellt sich heraus, daß die leicht lösliche Phosphorsäure in 0—10 cm Tiefe von Mai bis Juli immer größer wird und zwar von 7·11 über 8·76 mg bis 10·76 mg P_2O_5 . Im Juli ist die Menge der leicht löslichen Phosphorsäure um 51% größer als im Mai. Bei Dr. Fehér ist die Sache ganz anders. In einzelnen Fällen erniedrigt sich die leicht aufnehmbare Phosphorsäure bei Dr. Fehér um 9, 9, 9·8% von Mai bis Juli, im anderen Falle erhöht sie sich ein bischen (1%), dann erhöht sie sich sehr stark 229%, um in einem anderen Falle um 56% zu fallen. Schon diese auffallenden Unterschiede beweisen, daß von einer Regel keine Rede sein kann, sondern daß analytische Fehler vorliegen müssen.*

Meine Untersuchungen zeigen weiter, daß im August das leicht lösliche P_2O_5 stark zurückgeht, welches Zurückgehen auch im September und Oktober noch anhält, um im Oktober den kleinsten Wert zu erreichen (4·68, 4·58, 3·48 mg P_2O_5). Im November stellt sich dann wieder eine kleine Er-

höhung ein (5'51), welcher Wert aber noch stark unter den Werten des Mai, Juni, Juli bleibt. *Meine Untersuchungen zeigen, daß im Monate Juli, was die leicht lösliche Phosphorsäure betrifft, keine Depression eintritt, wie das Dr. Fehér behauptet.*¹⁸⁾ *Im Gegenteil; im Monate Juli tritt der höchste Wert ein, der kleinste Wert, hingegen im Oktober nachzuweisen ist, während bei Dr. Fehér die höchsten Werte im Oktober, November eintreten.*

Der absolute Unterschied zwischen Juli und Oktober, November ist ein ganz anderer wie bei *Dr. Fehér*. Bei *Dr. Fehér* beträgt der Unterschied zwischen Juli und Oktober, November 1525, 941, 2017, 2114%. Im Oktober und November erhöht sich nach *Dr. Fehér* auffallend das leicht aufnehmbare P_2O_5 , während meine Untersuchungen den Beweis liefern, daß im Oktober und November das leicht aufnehmbare P_2O_5 um 223% und 95% niedriger wird. *Bei meinen Untersuchungen zeigt sich diese Änderung im Boden zwischen 0—10 cm, während im Boden zwischen 10—20 cm, vom August bis November nur ganz unwesentliche Änderungen vorkommen, weil ja 1'94, 2'63, 1'72 und 2'19 mg P_2O_5 so kleine Werte darstellen, bei welchen diese Unterschiede selbst durch die Ungleichmäßigkeit des Bodens entstehen können.*

Eben deshalb komme ich zu dem Schlusse, daß in den analytischen Zahlen, mit welchen *Dr. Fehér* den Nachweis erbringen will, daß was die leicht aufnehmbare Phosphorsäure anbelangt, in den Böden zwischen den Sommer- und Herbstmonaten sehr große Unterschiede auftreten, sich schwere analytische Fehler eingeschlichen haben und deswegen ganz unsicher sind.

Dr. Fehér beschäftigt sich schon seit Jahren mit dem Nährstoffgehalt der ungarischen Flugsandböden, vom Standpunkte der Aufforstung durch die Akazie. Er hat in sehr ausführlichen Arbeiten die Frage beleuchtet und auf Grund des in 1% Zitronensäure löslichem P_2O_5 zu dem Resultate gelangt, daß die ungarischen Flugsandböden der Tiefebene, weil sie sehr wenig P_2O_5 an die 1% Zitronensäure abgeben, für die Aufforstung mit Akazie nicht in Betracht kommen. (Phosphorsäure, 1933, Heft 7, 8, Seite 454.)

Gegen diese Ausführungen *Dr. Fehérs* muß ich folgende Einwendungen machen. Ihm est es nämlich entgangen, daß die 1% Zitronensäure aus den ungarischen Flugsandböden viel weniger leicht lösliches P_2O_5 herauslöst, als in der Wirklichkeit dieser Boden leicht lösliches P_2O_5 enthält; weil diese Böden 5—6% und noch mehr $CaCO_3$ enthalten. Dadurch, daß das $CaCO_3$ mit Zitronensäure Ca-Zitrat bildet, wird durch dieses stark dissoziierte Salz die Dissoziation der Zitronensäure stark zurückgedrängt, so daß die Stärke der Säure stark abnimmt. Die Ursache ist dann die, daß der kalkige

¹⁸⁾ Phosphorsäure, 1934. Band 4, Heft 8—9, Seite 521.

Boden mit 1% Zitronensäure behandelt, den Eindruck macht, als ob der Boden stark P_2O_5 -bedürftig wäre, während er viel mehr aufnehmbares P_2O_5 enthält, und mit Phosphor-Kunstdünger nicht reagiert. Aus diesem Grunde müssen kalkige Böden nicht mit 1% Zitronensäure behandelt werden, sondern mit stark verdünnten Mineralsäuren, sagen wir mit verdünnter Salpetersäure nach der Methode 'Sigmond, oder mit 0'2 normaler Salz- und Salpetersäure. Becker hat sehr lehrreiche Versuche gemacht, die einwandfrei den Beweis liefern, daß nach der Methode von 'Sigmond viel mehr P_2O_5 erhalten wird, als mit der 1%-igen Zitronensäure. Ich bringe hier folgende Beispiele:

Boden Nr.	CaCO ₃ -Gehalt	Löslich	Löslich
		in 1% Zitronensäure mg P ₂ O ₅	nach 'Sigmond mg P ₂ O ₅
5	9'63	4'92	37'60
1	4'67	5'00	32'23
2	4'75	1'78	25'80
3	9'02	9'54	46'65
4	9'35	2'70	15'30

(Mezőgazdasági Kutatások 1928, November—Dezember-Nummer, Seite 80).

Diese Tabelle beweist, daß auf Grund des in 1% Zitronensäure löslichem P_2O_5 der wahre, leicht lösliche P_2O_5 -Gehalt der ungarischen Flugsandböden nicht zu bestimmen ist, und die Behauptung Dr. Fehérs, daß auf Grund des in 1% Zitronensäure löslichem P_2O_5 der überwiegende Teil dieser Böden für die Akazie nicht in Betracht komme, nicht bestehen kann. Welche ungarische Flugsandböden für die Aufforstung mit Akazie in Betracht kommen können, kann man erst dann entscheiden, wenn diese Böden nach der Methode 'Sigmond oder mit anderen sehr verdünnten Mineralsäuren untersucht werden.

Wenn ich jetzt zum Schlusse die regionalen Untersuchungen Dr. Fehérs über die Phosphorsäure der Waldböden mit den Resultaten anderer Forscher vergleiche, so muß ich seine Behauptung, daß mit der geographischen Breite der P_2O_5 -Gehalt der Waldböden auffallend zunimmt, als mit nichts bewiesen, ablehnen. Ich muß auch konstatieren, daß der CaCO₃-Gehalt der Fehérschen Böden mit den Untersuchungen anderer gar nicht in Einklang zu bringen ist, während meine Kontrollanalysen beweisen, daß Dr. Fehér einmal viel weniger CaCO₃ nachweist, das anderemal aber viel mehr und in welchen Fällen die Böden Dr. Fehér's auffallend sauer sind, welche saure Reaktion der große Kalkgehalt einfach ausschließt.

*

II.

**Bemerkungen zu den chemischen Untersuchungen
Dr. Fehérs über den Kali- und Humushaushalt der Wald-
böden, sowie deren Reaktion.**

Dr. Fehér befaßt sich schon seit Jahren mit der Mikrobiologie der Waldböden, wobei er auch seine Untersuchungen auf den Kali- und P_2O_5 -Gehalt der Waldböden ausgedehnt hat, welche Untersuchungen in verschiedenen Abhandlungen von ihm behandelt worden sind. Eine solche Abhandlung, auf welche ich am meisten Bezug nehmen werde, erschien in der „Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung“ 1934, Band 33, Heft 5/6, unter dem Titel „Regionale Untersuchungen über den Kaligehalt der Waldböden“. In diesen Abhandlungen kommen viele Tatsachen und Behauptungen vor, die vom bodenkundlichen Standpunkte nicht bestehen können und der Zweck dieser Zeilen ist, diese fehlerhaften Tatsachen und Behauptungen zu berichtigen.

Bevor ich aber auf das Meritum der Sache eingehen würde, muß ich noch das folgende streifen.

Dr. Fehér hat nämlich in der August-Nummer 1936 der ungarischen „Erdészeti Lapok“ das folgende geschrieben: „Den Kaligehalt bestimmte ich in dem salzsauren Auszuge gravimetrisch als perchlorsaures Kalium. Zuerst gebrauchte ich die Methode der preußischen geologischen Anstalt, mit welcher sich die zweite Kommission der internationalen bodenkundlichen Gesellschaft befaßt hat und welche Methode die deutsche bodenkundliche Arbeitsgemeinschaft an erster Stelle in Vorschlag bringt. Weil aber in den vergangenen Jahren in der internationalen Literatur die Methode Van Bemmelen Hissink sich immer mehr ausbreitete, habe ich meine Untersuchungen mit Hilfe dieser Methode durchgeführt. Die letzte Methode gibt selbstverständlich höhere Resultate, als die früher gebrauchte Methode und deswegen können die in meinen älteren Abhandlungen gebrachten Daten mit den jetzigen nur dann verglichen werden, wenn man das in Rechnung stellt.“ Aus diesen Worten ist zu entnehmen, daß *Dr. Fehér* in seinen Abhandlungen aus dem Jahre 1933, 1934 das Gesamtkali mit der Methode der preußischen geologischen Anstalt bestimmt hat.

Die Bezeichnung Gesamtkali von seiten *Dr. Fehérs* ist aber irreführend, weil die zweite Kommission der internationalen bodenkundlichen Gesellschaft am 1. Juli 1929 in Budapest mit großer Mehrheit dem Vorschlag 'Sigmond's zugestimmt hat, daß die Methode Van Bemmelen-Hissink die offizielle Methode bei dem Herstellen des salzsauren Auszuges sein soll, außerdem machte sie dem Beschluß vom 1. Juli gemäß den Vorschlag, daß aus pflanzenphysiologischen Erwägungen als Gesamtkali jenes Kali zu

nennen sei, welches im salzsauren Auszuge nach der Methode Van Bemelen-Hissink bestimmt wird.¹⁾

Also ist es ganz abwägig, wenn Dr. Fehér sein nach der Methode der preußischen geologischen Anstalt im salzs. Auszuge bestimmtes Kali als Gesamtkali nennt und er ist der einzige Untersucher in der ganzen Weltliteratur, der das auf diese Weise bestimmte Kalium Gesamtkalium nennt und es ist höchst merkwürdig, daß im Büchlein, herausgegeben von der deutschen Arbeitsgemeinschaft, auf Seite 55 das folgende zu lesen ist: „Bestimmung der Gesamtkaliums“, wobei es sich um die Aufschließung des Bodens nach der Methode von Lawrence Schmith, mit CaCO_3 handelt, also um das wirkliche Gesamtkali, nicht aber um den salzsauren Auszug.

Im übrigen ist die Behauptung Dr. Fehérs, daß der Begriff Gesamtkali bei seinen älteren Arbeiten aus dem salzsauren Auszug nach der Methode der preußischen geologischen Anstalt entstammt, ein beklagenswerter Irrtum, weil diese Behauptung im absoluten Gegensatze zu allen dem steht, was Dr. Fehér in der April-Nummer der „Erdészeti Lapok“ 1936 auf Seite 284 wörtlich geschrieben hat und welche Worte folgend lauten: „Die von uns untersuchten Waldtypen enthalten 0'03—0'07% Phosphorsäure, während sich das Kali in der obersten Schicht des Bodens zwischen 0'04—0'17% ändert.“ Das sind die Worte Dr. Fehérs über seine Kalizahlen, die in seinen Arbeiten als Gesamtkali vorkommen. Dr. Fehér sagt also mit keinem Worte, daß das Kali aus dem salzsauren Auszug entstammt. Dr. Fehér sagt aber wörtlich weiter sofort das folgende: „Es ist sehr interessant, wenn wir die Resultate unserer Untersuchungen mit den Analysen der ausländischen Literatur vergleichen. Schütze fand bei seinen Untersuchungen über den Kieferwaldböden, daß der Phosphorgehalt zwischen 0'023—0'057, der Kaliumgehalt zwischen 0'021—0'12% sich ändert. Alberts Untersuchungen über die Eberswalder Böden zeigen ähnliche Werte. Der Phosphorgehalt ändert sich zwischen 0'02—0'12%, der Kaligehalt zwischen 0'04—0'1%.

Ich bemerke — sagt Dr. Fehér weiter —, daß die Daten Alberts und Schützes sich auf die in Salzsäure lösliche Phosphor- und Kalimengen beziehen. Dr. Fehér macht also einen Unterschied zwischen den Resultaten Alberts und Schützes und seinen eigenen Zahlen, weil er bei den Albertschen und Schützeschen Zahlen besonders hervorhebt, daß sie aus dem salzsauren Auszuge entstammen. Diese Bemerkung Dr. Fehérs beweist, daß seine Kalizahlen in der April-Nummer der „Erdészeti Lapok“ nicht aus dem salzsauren Auszuge entstammen, weil das Dr. Fehér unbedingt

¹⁾ Verhandlungen der zur ersten Kommission und der Alkali-Subkommission der internationalen bodenkundlichen Gesellschaft, ^{Volume B,} Seite 24.
Teil B

zum Ausdrucke hätte bringen müssen, nachdem ja seine Phosphorzahlen das gesamte P_2O_5 im Boden darstellen.

Den beklagenswerten Irrtum *Dr. Fehérs* beweist auch das folgende. Als die Abhandlung *Dr. Fehérs* „Regionale Untersuchungen über den Kaligehalt der Waldböden“ im Jahre 1934 erschien und ich bei den Kalizahlen die Aufschrift Gesamtkali las, glaubte ich, daß dieses Kali aus dem salzsauren Auszuge nach der Methode *Bemmelen-Hissink* entstamme. Nachdem ich es aber nicht verstehen konnte, daß die Salzsäure aus dem Miskolcer Tonboden und lehmigen Soproner Böden nur soviel K_2O löste, wie aus den Szegeder und Kecskeméter Flugsandböden, erschien ich bei *Dr. Fehér* und machte ihn darauf aufmerksam, daß sich ein analytischer Fehler eingeschlichen habe, da es ganz ausgeschlossen ist, daß der bindige Tonboden nur soviel Salzsäure lösliches Kali enthalten soll, wie die Flugsandböden von Kecskemét und Szeged. *Zu meiner größten Überraschung drückte mir Dr. Fehér das Büchlein der deutschen Arbeitsgemeinschaft „Methoden für die Untersuchung des Bodens 1932“ in die Hand und zeigte mir, daß das Gesamtkali so bestimmt wurde, wie es auf Seite 55 unter dem Titel „Die Bestimmung des Gesamtkaliums“ beschrieben ist, also nach der Methode Schmith, nach welcher der Boden mit $CaCO_3$ und NH_4Cl aufgeschlossen wird.*

Ich machte *Dr. Fehér* darauf aufmerksam, daß er ja keinen Platin-Fingertiegel besitzt, worauf er erwiderte, daß er die K.-Bestimmung im gewöhnlichen Platintiegel durchgeführt hat. *Ich machte ihn jetzt darauf aufmerksam, daß diesen Bestimmungen in diesem Falle ein sehr großer Fehler anhaftet, denn das Gesamtkali der Böden ändert sich zwischen 1—3%, während seine Böden ungefähr (25), beinahe alle nur 0'05—0'06% Gesamtkali enthielten.*

Dr. Fehér ließ sich aber nicht überzeugen!

Deswegen halte ich es für einen Irrtum, wenn Dr. Fehér in den „Erdészeti Lapok“ 1936 August seine älteren Kalizahlen als salzsauren Auszug anspricht. Die kleinen Werte des Gesamtkalis in den Fehérschen Böden entstammen dem schweren analytischen Fehler, der dadurch entstanden ist, daß der Boden nach der Methode Schmith im gewöhnlichen Platintiegel aufgeschlossen wurde.

Und wenn das Gesamtkali *Dr. Fehérs* wirklich dem salzsauren Auszug entstammen würde, dann ist der Fehler, den *Dr. Fehér* begangen hat, noch größer, denn in seinen 23 Waldböden sind vier Flugsandböden aus Szeged und Kecskemét, in denen *Dr. Fehér* 70'55, 42'33, 56'44, 47'94 mg salzsaures K_2O bestimmt, während in den fünf Böden aus der Umgebung von Sopron, welche Böden nach *Dr. Fehér* Lehmböden sind, er nur 53'62, 68'22, 66'32, 18'34 und 79'02 mg K_2O bestimmt hat. *Dr. Fehér* hat auch einen tonigen Boden aus Miskolc untersucht, in welchem er 59'26 mg K_2O

bestimmt hat. *Ich frage nun Dr. Fehér, wieso es möglich ist, daß seine Lehm- und Tonböden nicht mehr Salzsäure lösliches K_2O enthalten, als die Flugsandböden.* Hat denn *Dr. Fehér* nie davon gehört, daß mit der Erhöhung der tonigen Teile im Boden, das Salzsäure lösliche Kali immer größer wird? Kennt *Dr. Fehér* nicht die älteren Arbeiten *Dr. Ballenegers*, welcher den Nachweis erbrachte, daß die ungarischen Flugsandböden 4—9-mal weniger salzsaures Kali enthalten, als die ungarischen Lehm- und Tonböden?

Betrachten wir nun einzeln die Kalizahlen der *Fehérschen* Böden.

Boden Nr. 5, 6, 7, 8 sind Flugsandböden aus Kecskemét und Szeged. Das Salzsäure lösliche Kali beträgt 70'55, 42, 33, 56'44, 47'94 mg K_2O , das Zitronensäure lösliche Kali 1'85, 1'85, 1'72, 2'01 mg K_2O , der $CaCO_3$ -Gehalt 0'9, 0'8, 0'9 und 1%.

Die Kalizahlen der Böden 6, 7, 8 können unmöglich richtig sein, weil der $CaCO_3$ -Gehalt dieser drei Böden von *Dr. Fehér* unrichtig bestimmt worden ist. Ich bestimmte nämlich den $CaCO_3$ -Gehalt dieser drei Böden und erhielt (5'5, 5'4, 5'6), (4'4, 4'2, 4'6) und 5'6, 5'6, 5'6% $CaCO_3$. Aus diesen $CaCO_3$ -Mengen folgt logisch, daß das Zitronensäure lösliche Kali von *Dr. Fehér* unrichtig bestimmt worden ist, weil ja 4'5 und 5'5% $CaCO_3$ von der 1% Zitronensäure so viel neutralisiert, daß diese nicht mehr 1%, sondern ungefähr 0'4—0'6% stark wird, wodurch ganz andere Mengen K_2O gelöst werden, als durch die 1% Zitronensäure.

Aber auch der salzsaure Auszug ist in diesem Falle unrichtig bestimmt worden, denn bei 0'8, 0'9, 1% $CaCO_3$ werden 50 gr Sandböden mit 100 cm³ Salzsäure von der Dichte 1'15 behandelt, während bei 5% $CaCO_3$ nur 25 gr Boden.

Dr. Fehér hat auch einen Boden aus Miskolc mit Salzsäure behandelt und 59'26 mg K_2O erhalten. Der Boden ist nach ihm eine Kalkschwarzerde.

Mir kam die Menge des Kaliums als sehr niedrig vor, *denn in der Literatur haben die Kalkböden viel mehr Salzsäure lösliches Kalium.*

So hat *Grete Maurmann* in drei Buchenböden auf Kalk aus der Umgebung Göttingen folgende Zahlen erhalten.²⁾

I.	Obere humose Schicht	333 mg K_2O	Untere humose Schicht	320 mg K_2O
II.	"	"	290 "	"
III.	"	"	220 "	"

Hartmann hat auch Kalkböden unter Laubwald untersucht.³⁾

I.	1—5 cm	224 mg K_2O ,	25—30 cm	408 mg K_2O
II.	1—5 "	691 "	45 "	432 "
III.	1—10 "	562 "	50 "	497 "

²⁾ Chemie der Erde, 1931. Band VI. Tabelle auf Seite 96, 97, 102.

³⁾ Forstliche Wochenschrift Silva, 1933. Nr. 32.

Diese Zahlen anderer Untersucher standen mir vor den Augen, als ich mich entschloß, den Boden Nr. 28 auf salzsaures Kali zu untersuchen und bekam 196'8, 200'9 mg K_2O , während *Dr. Fehér* nur 59'26 mg erhalten hat.

Dr. Fehér hat vier Böden aus Sopron untersucht und folgende K_2O -Mengen erhalten:

Nr. 11	53'62	mg	K_2O
" 14	68'22	"	"
" 15	66'32	"	"
" 24	18'34	"	"

Ich führte die Kontrollanalyse durch und bekam folgende Werte:

Nr. 11	158'35	mg	K_2O
" 14	{ 185'7	"	"
	{ 180'5	"	"
" 15	{ 217	"	"
	{ 206	"	"
" 24	{ 315	"	"
	{ 321	"	"

Meine Werte ergeben also einen ungeheuren Unterschied den *Fehér*-schen Werten gegenüber,

Dr. Fehér hat aber in den „Erdészeti Lapok“ 1936 August unter Nr. 1, 2, 3 drei Böden aus der Umgebung von Sopron nach der Methode *Bemmelen-Hissink* untersucht und folgende Werte erhalten:

Nr. 1	149	mg	K_2O
" 2	131	"	"
" 3	170	"	"

Nach der Beschreibung, die *Dr. Fehér* von diesen Böden gegeben hat (Seite 683), sind die Böden 1, 2, 3 identisch mit den Böden 11, 14 und 15.

Dr. Fehér hat also nach der Methode der preußischen geologischen Anstalt 53'62, 68'22, 66'32, nach der Methode *Bemmelen-Hissink* 149, 131, 170 mg K_2O erhalten. *Ich frage nun Dr. Fehér, wieso es möglich ist, daß ein so ungeheurer Unterschied in den Resultaten des beiden Salzsäuremethoden bestehen kann?*

Lesch hat nämlich bewiesen, daß zwischen den beiden Methoden die Unterschiede 15—43% betragen je nachdem Sand-, Lehm- oder Tonböden untersucht worden sind,⁴⁾ während bei *Dr. Fehér* der Unterschied 150—170% beträgt.

⁴⁾ Zeitschr. für Pflanzenernährung und Düngung, 1931. Band 23, Heft 1/2, Seite 59.

Um die Frage zu entscheiden, habe ich einen lehmigen Boden aus der Umgebung Soprons nach der Methode der preußischen geologischen Anstalt untersucht und 253, 273, 246, 262, 246, 250 mg, im Durchschnitt 255 mg K_2O erhalten. Darauf untersuchte ich den Boden nach der Methode *Hissink* und erhielt 303, 331 mg, im Durchschnitt 317 mg K_2O , also um 24% mehr. *Nach Dr. Fehér hätte ich ungefähr 800 mg K_2O bekommen müssen.*

Mit der Versuchsfläche 24 hat es ein ganz besonderes Bewandtnis. Diese Fläche liegt im Botanischen Garten der Hochschule, und nach *Dr. Fehér* wurde eine Durchschnittsprobe genommen, die aus 15—20 Proben hergestellt wurde. Wenn also die Probe so hergestellt worden ist, wieso ist das Folgende möglich. Ich habe nämlich auf dieser Versuchsfläche mindestens auf 200 Stellen auf $CaCO_3$ geprüft, wobei es sich herausstellte, daß auf der Fläche der Boden mit Salzsäure stark schäumte, während auf zwei kleineren Flächen der Boden mit HCl nicht reagierte. Ich nahm jetzt Proben aus 10—20 cm Tiefe aus dem kalkreichen Teil und aus dem kalkarmen Teil. In den ersten Proben bestimmte ich 138'5, 141'6 mg P_2O_5 , dann nach der Methode der preußischen geologischen Anstalt 343, 349, 348, 342, 354, 357 mg K_2O , nach der Methode *Hissink* 408, 452, 413, 476 mg K_2O . In den kalkarmen Proben aber 92'88, 92'42, 91'71 mg P_2O_5 und 307'5, 306'2, 312'7 mg K_2O nach der Methode der preußischen geologischen Anstalt und 391, 386 mg K_2O nach *Hissink*. Und auf dieser Versuchsfläche bestimmte *Dr. Fehér* 8'91 mg P_2O_5 und 18'34 mg salzsäurelösliches Kali. Und über diese Versuchsfläche sagt er folgendes: „Sehr lehrreich ist jetzt das Verhalten des Freilandbodens zu besprechen. Der P_2O_5 -Gehalt dieses Bodens ist bedeutend geringer als der P_2O_5 -Gehalt der Waldböden. Diese Erscheinung hängt ja mit dem Umstand zusammen, daß diese Versuchsfläche jahrelang, ohne entsprechend gedüngt zu werden, als Gemüsegarten und Baumschule verwendet wurde.“

Und jetzt auf einmal stellt es sich heraus, daß dieser Boden viel mehr P_2O_5 und K_2O enthält, als alle die von *Dr. Fehér* untersuchten Waldböden, und *Dr. Fehér* setzt sich über diese Tatsache mit den Worten hinweg, daß sich in seine frühere Bestimmung ein Fehler eingeschlichen hat.

Ich muß aber auch die schwersten Bedenken gegen die Reaktionszahlen *Dr. Fehérs* erheben. Er hat im „Archiv für Landwirtschaft“ 1930, Band 4, Heft eine Arbeit unter dem Titel „Untersuchungen über die zeitlichen Änderungen der Acidität und des Humusgehaltes des Waldbodens“ erscheinen lassen, in welcher Abhandlung er den jährlichen Gang der Reaktion in 12 Waldböden untersucht und zu dem Resultate kommt, daß die pH-Werte bei diesen Böden im September einen Wert über 8 erreichen, während im Dezember und November Werte von 4'7, 4'8 nachzuweisen sind. Die Unterschiede zwischen den höchsten und niedrigsten pH-Werten betragen also mehr als vier Einheiten. Man würde diesen großen Unter-

schied zur Kenntnis nehmen, wenn nicht folgende ganz unverständliche Tatsachen aus den *Fehérschen* Abhandlungen zum Vorschein kämen.

So kommen in der vorher erwähnten Abhandlung auf Seite 84 zwei Versuchsflächen mit folgenden pH-Werten vor.

1929 September	1930 März	1930 April
Nr. VIII pH = 8'61	pH = 7'54	pH = 7'68
Nr. IX pH = 8'58	pH = 7'20	pH = 7'78

Dieselben Versuchsflächen kommen auch im Buche *Dr. Fehérs* „Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens“ auf Seite 121, 122, 123 vor, nur haben sie jetzt die Nr. 11, 14.

Nr. 11, 14 sind mit den Nummern VIII und IX identisch, was ich so beweise, daß ich die pH-Zahlen und Humuswerte der vier Böden aufschreibe.

pH- und Humuswerte 1929, 1930.

Nr. VIII.

	1929												1930			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
pH	5'14	6'94	6'52	6'72	6'8	7'25	7'40	7'86	8'61	5'64	5'42	5'10	4'84	5'24	7'54	7'68
Humus	1'6	1'46	1'21	1'05	0'73	0'91	0'99	3'06	3'25	2'50	1'44	1'54	1'55	1'55	1'86	3'02

Archiv für Landwirtschaft, 1930. Band 4, Heft 1, Seite 84, 86.

Nr. 11.

pH	5'14	6'94	6'52	6'72	6'8	7'25	7'40	7'86	7'61	5'64	5'42	5'10	4'84	5'24	5'37	5'54
Humus	1'6	1'46	1'21	1'05	0'73	0'91	0'99	—	3'25	2'50	1'44	1'54	1'55	1'55	—	3'02

Mikrobiologie des Waldbodens, Seite 123.

Nr. X.

pH	4'95	6'53	6'59	6'50	6'61	7'02	7'32	7'81	8'58	5'59	5'33	4'84	5'04	5'31	7'20	7'78
Humus	1'51	1'32	1'45	2'53	0'06	1'24	1'70	1'77	3'95	2'66	1'46	1'65	1'45	1'45	1'57	2'43

Archiv für Landwirtschaft, 1930. Band 4, Heft 1, Seite 84, 86.

Nr. 14.

pH	4'94	6'53	6'59	6'50	6'61	7'02	7'32	7'81	7'58	5'59	5'33	4'84	5'04	5'31	5'49	5'78
Humus	1'51	1'32	1'45	1'53	0'96	1'24	1'7	—	2'95	2'66	1'46	1'65	1'45	1'45	—	2'43

Mikrobiologie des Waldbodens, Seite 123.

Diese Zahlen beweisen, daß die Versuchsflächen VIII, IX und 11, 14 identisch sind und deswegen stelle ich an Dr. Fehér die Frage, warum in seinem mikrobiologischen Buche die pH-Werte von 8'61, 8'58 auf einmal auf 7'51 und 7'58 verbessert worden sind und warum sind die Werte im Jahre 1930 aus den Monaten März, April von 7'54, 7'68, 7'20, 7'78 auf einmal auf

5'37, 5'84, 5'49, 5'78 zurückgefallen? Warum hat Dr. Fehér in seinem mikrobiologischem Buche nicht angeführt, daß diese pH-Werte ausgebessert worden sind?

Aber aus dem vorigen folgt logisch, daß auch bei den in der Tabelle auf Seite 84 aufgenommenen Böden V_{11} , V_{21} , V_{31} , VI, VII, bei denen im September 1929: 8'19, 8'46, 8'41, 8'59, 8'52 pH-Werte, im März und April 1930 aber pH-Werte von 7'24, 7'57, 7'33, 7'75, 7'46, 7'75, 7'36, 7'77, 7'44, 7'68 vorkommen, diese Werte unmöglich richtig sein können. Ich frage nun Dr. Fehér, warum hat er im „Archiv für Landwirtschaft“ in einem Aufsatz nicht bekanntgegeben, daß die in der Tabelle auf Seite 84 gebrachten pH-Werte, welche größer als 8 sind, fehlerhaft sind, und warum hat er nicht bemerkt, daß die pH-Werte im März und April um zwei ganze Einheiten zu hoch sind.

Es ist ganz ausgeschlossen, daß auf den Versuchsflächen V_{11} —VII. pH-Werte vorkommen, welche den Wert 8'4—8'5 überschreiten, weil diese Böden, bei Ágfalva ganz nahe an der österreichischen Grenze liegend, kalkfrei sind und eigentlich schon in der humiden Region der grauen Waldböden liegen. Wenn also in einem solchen Boden der pH-Wert über 8'3 steigt, so ist das ein Zeichen, daß entweder freies Na_2CO_3 im Boden zu finden ist, oder daß im adsorbierenden Komplex die Na-Ionen in überwiegender Anzahl zu finden sind. Wie aber kann in der humiden Region der grauen Waldböden an der österreichischen Grenze im Alpenvorland das Na in größerer Menge im adsorbierenden Komplex vorkommen und wieso kann sich in diesem Boden freies Na_2CO_3 ansammeln? Aus dem Grunde muß ich die Behauptung Dr. Fehérs, daß in diesen Böden die Änderung des pH-Wertes in einem Jahre vier ganze Einheiten erreichen kann, als einen Irrtum bezeichnen. Dr. Fehér ist der einzige Untersucher in der ganzen Weltliteratur, der in humiden, ausgewaschenen, grauen Waldböden solche pH-Werte bestimmt, welche nur in den Salz- und Alkaliböden der Steppe vorkommen.

Das Absurde dieser hohen pH-Werte kann auch aus dem folgenden entnommen werden. Dr. Fehér hat im „Archiv für Pflanzenbau“, 1932, Bd. IX, Heft 1, Seite 190—191, unter 41, 42, 43 drei Böden aus der ungarischen Steppe auf die Änderung der Reaktion untersucht, wobei es sich herausstellte, daß sich die pH-Werte zwischen 7'98 und 4'62 ändern. Die Böden 41, 42, 43 sind aber mit den früher schon besprochenen Böden 6, 7, 8 identisch, in denen ich aber 4'5, 5'5% CaCO_3 nachgewiesen habe. Ich frage nun Dr. Fehér, wieso es möglich ist, daß die Ágfalvaer Böden, die kein CaCO_3 enthalten, ein pH von 8'6 erreichen können, während in den Böden 41, 42, 43 nur ein Maximum von 7'98 eintritt. Wie können aber Böden, welche 4'5, 5'5% CaCO_3 enthalten, so versauern, daß ein pH von 4'62 entstehen kann?

Ich stelle an *Dr. Fehér* auch die folgende Frage. In unserem botanischen Garten ist ein kleines Fichtenwäldchen, in welchem er die Reaktionsänderungen im Jahre 1927, 1928 bestimmt hat und im Februar, April 1928 für pH die Werte 5'74 und 5'94 bestimmt hat.⁵⁾ Ich habe in diesem Boden zwischen 5—10 cm Tiefe den Kalkgehalt bestimmt und 4'8, 4'8, 4'8% CaCO_3 erhalten. *Wieso kann ein Boden so stark versauern, daß der pH-Wert auf 5'74 herunterfällt?*

Die Versauerung des Bodens kommt ja auf eine solche Art zustande, daß im adsorbierenden Komplex die Ionen der Basen durch Wasserstoff ausgetauscht werden. Der Boden kann aber nur dann versauern, wenn im adsorbierenden Komplex der Wasserstoff überwiegt. Dieses Überwiegen ist aber so lange ausgeschlossen, so lange im Boden CaCO_3 zu finden ist, weil das CaCO_3 mit der im Boden vorkommenden Kohlensäure $\text{CaH}_2(\text{CO}_3)_2$ bildet, dessen Ca-Ion in wässriger Lösung die Hauptursache ist, daß der Wasserstoff die Basen aus dem adsorbierenden Komplex nicht stärker verdrängt. Das CaCO_3 ist auch die Ursache, daß die durch die Atmung entstandene Kohlensäure nicht in stärkerem Maße die Basen aus dem adsorbierenden Komplex austauscht. Das CaCO_3 neutralisiert außerdem die im Boden entstandenen anderen anorganischen und organischen Säuren (Humussäuren), so daß diese den Boden nicht versauern können, weil es ja doch ganz ausgeschlossen ist, daß diese Säuren neben CaCO_3 im Boden bestehen können. Deswegen stelle ich an *Dr. Fehér* die erneute Frage, wie kann ein Boden mit 4'5, 5'5% CaCO_3 so versauern, daß sich der Wert des pH auf 4'62 erniedrigt, wenn solche Werte nur in einem solchen Boden vorkommen, der absolut CaCO_3 -frei ist?

Dr. Fehér hat in den „Erdészeti Lapok“, 1936, August-Heft auf Seite 684, in einigen Waldböden den CaCO_3 -Gehalt und die Werte von pH bestimmt, wobei folgende schwer verständliche Tatsachen hervortreten:

CaCO_3 -Gehalt	19'2%	pH	6'2
„	„	2'0%	pH 7'28
„	„	4'4%	pH 6'25
„	„	5'6%	pH 6'58

Wieso ist es möglich daß bei 19'2% CaCO_3 der Wert von pH 6'2, bei 2% aber 7'28 beträgt?

Das sind ähnliche unverständliche Tatsachen, wie die Behauptung *Dr. Fehérs* in den „Erdészeti Lapok“, 1926, Heft 2 auf Seite 63, daß die Säuren und Basen durch den elektrischen Strom in Ionen gespalten und dadurch ionisiert werden, welche grundfalsche Auffassung schon vor fünfzig Jahren gestürzt worden ist.

⁵⁾ Biochemische Zeitschrift, 1929. Band 206, Heft 4/6, Seite 422—423.

In den *Dr. Fehérschen* Abhandlungen habe ich noch folgende ganz unverständliche Tatsachen gefunden.

Dr. Fehér hat in den „Erdészeti Lapok“, 1931, Heft 9 auf Seite 1000 und 1001, die pH-Werte und Na_2CO_3 -Gehalte einzelner ungarischer Alkaliböden bestimmt. So wurde in einem Boden 0'01% Na_2CO_3 und pH 8, in einem andern 0'02% Na_2CO_3 und pH 8'1, in einem dritten wieder 0'12% Na_2CO_3 und 8'1 pH bestimmt.

Ich frage nun, wie es möglich ist, bei pH 8, 8'1, 8'1 Na_2CO_3 im Boden nachzuweisen, nachdem der Umschlagspunkt von Phenolphthalein bei pH 8'3 eintritt, wie kann man also mit Titration Na_2CO_3 nachweisen, nachdem bei pH 8, 8'1 das Phenolphthalein noch farblos ist?

Weiter hat *Dr. Fehér* bei 0'013 und 0'03% Na_2CO_3 pH-Werte von 9'2 und 9'6 erhalten, während bei pH 8'1 und 8'7 der Na_2CO_3 -Gehalt 0'12 und 0'17% betrug. *Wie kann der Boden, der zehnmal mehr Na_2CO_3 enthält, um eine Einheit im pH saurer sein?*

Bei den Humusbestimmungen *Dr. Fehérs* sind auch höchst merkwürdige Unstimmigkeiten zu sehen. Es ist allgemein bekannt, daß in einem Waldboden die Humusverteilung im Profil so geordnet ist, daß die oberste Bodenschicht die größte Humusmenge enthält. Nur bei stark podsolierten Ortstein enthaltenden Böden hat die obere Schicht des B-Horizontes auch gewisse Humusmengen. Bei den Waldböden der ungarischen Tiefebene, welche selbst in der obersten Schicht noch sehr viel CaCO_3 enthalten, ist es ganz ausgeschlossen, daß zum Beispiel der Humus aus der obersten 0—10 cm-Schicht in die untere 20—30 cm-Schicht ausgewaschen wird und dort eine Anhäufung der organischen Substanz eintritt. Trotzdem ist das der Fall bei den *Dr. Fehérschen* Böden.

Boden	I.	0—10 cm	0'25%	Humus	20—30 cm	0'45%	Humus
„	IV.	0—10 „	0'2 „	„	20—30 „	0'5 „	„
„	V.	0—10 „	0'4 „	„	20—30 „	0'54 „	„

Wie kann bei den Böden I. und IV., welche zwischen 0—10 cm 2'4, 2'8% CaCO_3 enthalten, eine Humusanhäufung in 20—30 cm Tiefe eintreten?⁶⁾

In den ungarischen Sandböden zwischen der Theiß und der Donau kommt es vor, daß in größerer Tiefe sich ein zweiter Humushorizont zeigt, der dadurch entstanden ist, daß diese Bodenschicht einmal die oberste Schicht war, auf welche Schicht sich Flugsand absetzte, auf dessen obersten Schicht sich der heutige Humushorizont entwickelt hat.

Dr. Fehér hat so einen Boden beschrieben, der in größerer Tiefe einen auffallenden Humushorizont aufweist.

⁶⁾ Phosphorsäure, 1933. Band 3, Heft 7/8, Seite 436.

Boden Nr. 5. 0—80 cm brauner, gebundener Sand, 80—115 cm humose Schicht, von 115 cm angefangen grauweiße Schicht.

Humusgehalte sind die Folgenden:

0—10 cm	0'4	%	Humus
20—30	„	0'54	„
40—50	„	0'27	„
60—70	„	0'19	„
80—90	„	0'06	„

Ich frage nun Dr. Fehér, wieso es möglich ist, daß in 80—90 cm Tiefe nur 0'06% Humus bestimmt werden konnte, nachdem doch zwischen 80 bis 115 cm eine humose Schicht liegt, die ja doch unbedingt in den analytischen Zahlen zum Ausdruck kommen muß.⁶⁾

Höchst merkwürdig sind die Untersuchungen Dr. Fehérs, welche den Zusammenhang des Humus und des Stickstoffs zeigen.

Versuchsfläche 5.

20—30 cm	0'54%	Humus,	Gesamtstickstoff	46'2 mg
100—110	„	0'01	„	22'39

Versuchsfläche 7.

0—10 cm	0'8%	Humus,	Gesamtstickstoff	10'9 mg
60—70	„	0'09	„	35'86

Versuchsfläche 8.

60—70 cm	0'01%	Humus,	Gesamtstickstoff	8'5 mg
----------	-------	--------	------------------	--------

Ich frage nun, wieso es möglich ist, daß der Humusgehalt von 0'54% auf 0'01% fallen kann, der Gesamtstickstoff aber nur von 46'2 mg auf 22'39 mg? Wieso kann weiter der Humusgehalt von 0'8 auf 0'09% fallen, während der Stickstoffgehalt von 10'9 mg sich auf 35'86 mg erhöht? Weiters wieso ist es möglich, daß in einem Boden, dessen Humusgehalt nur 0'01% ausmacht, der Stickstoffgehalt aber 0'023 und 0'0085% beträgt. Wieso kann der Stickstoff 85% des Humus ausmachen, oder zweimal so groß sein, wie der Humusgehalt? Bei diesen Bestimmungen ist entweder der Humus- oder der Stickstoffgehalt ganz unmöglich bestimmt worden.

Bei den Dr. Fehérschen Humusuntersuchungen fiel mir noch das folgende auf: Dr. Fehér untersuchte den Boden Nr. 31 aus Eberswalde auf die Änderung des Humusgehaltes im Jahre 1933 und erhielt für Januar 0'27%, für März 0'53%, für Mai 0'39%, für Juli 0'3%, für September

⁷⁾ Phosphorsäure, 1933. Band 3, Heft 7/8, Seite 432, 436.

0'56%, für November 0'32% und für Dezember 0'64% Humus.⁸⁾ Er bestimmte auch den Humusgehalt im Mai 1932 und erhielt 1%. Auf diese Unterschiede aufmerksam gemacht, untersuchte ich die Nr. 31 auf Humus im Frühjahr des Jahres 1937, indem ich in diesem Boden, der kein CaCO₃ enthielt und reiner diluvialer Sand ist, auf den Glühverlust und erhielt 1'58, 1'49, 1'47%. Wieso ist es möglich, daß der Humusgehalt des Bodens bis auf 0'27% heruntergeht und dann wieder den Wert 1, 1'5% erreicht? *Wenn solche Änderungen wahrlich vorkommen würden, dann hätte ja die chemische Analyse gar keinen Wert.*

Merkwürdige Unverständlichkeiten sind auch bei den anderen Humuszahlen *Dr. Fehér's* zu finden. So hat er in dem „Archiv für Landwirtschaft“, 1930, in Band IV. auf Seite 86, eine Tabelle zusammengestellt, in welcher aus zwölf Waldböden der jährliche Gang des Humusgehaltes zu entnehmen ist. Aus der Tabelle kommt *Dr. Fehér* zu dem Resultat, daß der Humusgehalt im September ein Maximum erreicht und bis Mai immer kleiner wird, um im Mai ein Minimum zu erreichen. Vom Mai angefangen erhöht sich wieder der Humusgehalt bis zum September. Diese Regel hebt *Dr. Fehér* als etwas ganz Neues hervor. Leider kann man aber diese Regel schon bei vier Soproner Waldböden nicht nachweisen, die *Dr. Fehér* in der „Phosphorsäure“, 1934; Band IV., Heft 8/9 auf Seite 513—514, untersucht hat. Bei diesen vier Böden vergrößert sich der Humusgehalt vom Mai gar nicht, sondern er wird im Juni—Juli noch kleiner.

Dr. Fehér hat außerdem in der „Silva“, Jahrgang 1937, Nr. 43 auf Seite 331, von neuem einen Boden aus der Umgebung Soprons beschrieben, wobei es sich herausstellt, daß sich bei diesem Boden in einem Jahre der Humusgehalt bis Mai nicht erniedrigt, sondern stark erhöht, um dann im Juni stark zurückzufallen, im Juli aber sich wieder zu erhöhen, im August aber wieder abzunehmen. Im anderen Jahre zeigt sich im Mai im Humusgehalt ein auffallendes Maximum, daß dann im Juli der Humusgehalt auffallend zurückgeht. So daß aus den bisherigen Untersuchungen *Dr. Fehér's* nicht zu entnehmen ist, wie sich eigentlich der Humusgehalt der Waldböden im Jahre ändert. Es wäre wünschenswert, wenn *Dr. Fehér* seine Behauptungen im „Archiv für Landwirtschaft“, 1930, mit neuen, endgültigen Zahlen stützen könnte.

In meinen bisherigen Ausführungen brachte ich meine Bedenken den absoluten Werten der analytischen Zahlen *Dr. Fehér's* zum Ausdruck, in den folgenden Zeilen bin ich aber gezwungen, gegen die Methode Einspruch zu erheben, welche *Dr. Fehér* in seinen Arbeiten gebraucht hat.

Die gesamten Standardwerte schreiben es vor, daß der salzsaure Auszug aus dem lufttrockenen oder naturfeuchten Boden zu bestimmen ist, auf

⁸⁾ Phosphorsäure, 1934. Band 4, Heft 8/9, Seite 519.

die Weise, daß der Boden durch ein 2 mm-Sieb gesiebt wird, wobei man die Feinerde gewinnt, welche dann chemisch untersucht wird. Demgegenüber beschreibt *Dr. Fehér* in den „Erdészeti Lapok“, 1936, August-Nr. auf Seite 682, den Gang der analytischen Methode, wobei er wörtlich das folgende schreibt: „Die untersuchten Böden haben wir zuerst bei 105 C° getrocknet und dann durch das 0,2 mm-Sieb durchgesiebt und die auf diese Art gewonnenen Daten wurden auf die getrocknete Grundsubstanz bezogen.“

Dadurch, daß *Dr. Fehér* auf diese Art gearbeitet hat, ist er zu allen anderen Bodenanalytikern in Gegensatz geraten, weil die Vorschrift nämlich so lautet, daß der lufttrockene Boden zum salzsauren Auszug verwendet wird; weil beim Trocknen bei 105 C° der Boden solche Veränderungen durchmachen kann, infolgedessen die Salzsäure andere Nährstoffmengen herauslöst, als im lufttrockenen Zustande. *Dadurch, daß Dr. Fehér aus dem bei 105 C° getrockneten Boden den salzsauren Auszug herstellte, beging er einen grundlegenden Fehler.* Den zweiten Fehler machte *Dr. Fehér*, als er den bei 105 C° getrockneten Boden siebte, nachdem die Siebung mit dem lufttrockenen Boden zu bewerkstelligen ist. Den dritten, ganz unverständlichen Fehler beging *Dr. Fehér*, als er den Boden durch ein 0,2 mm-Sieb durchsiebte. Zuerst glaubte ich, daß es sich um einen Druckfehler handle, welcher aber ganz ausgeschlossen ist, weil *Dr. Fehér* in der vorher zitierten Zeitschrift „Erdészeti Lapok“, 1936, August-Nr., auf Seite 690 das folgende schreibt: „... für die untersuchten Böden berechnete ich den Nährstoffvorrat, den sie ausmachen. Bei der Berechnung habe ich zu allererst dem Umstand Rechnung getragen, daß ich mit Bodenteilchen gearbeitet habe, welche kleiner als 0,2 mm waren. Das Verhältnis dieser ist am besten nach *Oelkers* so auszudrücken, wenn ich auf Grund des Volumengewichtes berechneten Bodenmengen bei Sand 40%, bei bindigeren Böden 60% als Grundlage annehme.“

Diese Worte Dr. Fehérs beweisen, daß er wahrlich mit dem Boden unter 0,2 mm gearbeitet, und diesen Boden chemisch untersucht hat, denn es ist ganz ausgeschlossen, daß man behaupten kann, daß der Bodenanteil unter 2 mm 40 oder 60% des Bodens ausmacht.

Dr. Fehér ist in dieser Sache einem Irrtum *Dr. Oelkers* zum Opfer gefallen, der in seinem großartigen Buche „Der Waldbau“, I. Teil, Standortsfaktoren Seite 21, den Feinbodenbegriff mit dem Feinsandbegriff verwechselt. Ich wundere mich aber, daß *Dr. Fehér* dieser Verwechslung zum Opfer gefallen ist, weil ja *Köhn* in der „Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen“, 1931, den Irrtum *Oelkers* korrigiert hat und hervorhebt, daß man die Feinerde mit dem 2 mm-Sieb erhält und daß diese zur chemischen Analyse herangezogen wird.

Dadurch aber, daß Dr. Fehér seine analytischen Zahlen so erhielt, daß er den Boden zuerst bei 105 C° trocknete, zweitens aber den so getrockneten

Boden siebte und drittens, daß er den Boden durch ein 0.2 mm-Sieb durchsiebte und den auf diese Art gewonnenen Boden chemisch untersuchte, bekam er analytische Zahlen, die, wenn sie auch zahlenmäßig richtig wären, ganz wertlos sind, weil sie mit den Resultaten anderer Untersucher nicht zu vergleichen sind und man kann aus ihnen nicht jene Folgerungen ziehen, wie Dr. Fehér es getan hat.

Grundwasser und Baumvegetation

unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in der Ungarischen Tiefebene.

Von *Dipl.-Ing. Erwin L. Ijjász.*

Vorwort.

Die Folgen des Weltkrieges, durch den Ungarn große Landgebiete verlor, haben das Gleichgewicht des gesamten ungarischen Wirtschaftslebens zerstört. Die veränderten Verhältnisse forderten von Ungarn einen vollkommenen Neuaufbau des erschöpften Landes. Die wirtschaftliche Ausnutzung der verbliebenen Landesteile ist eine drängende, lebensnotwendige Frage geworden; sie ist das Rückgrat aller Bemühungen der um ihre Existenz kämpfenden Ungarn.

Im Mittelpunkt dieses zu lösenden Problems liegen die Fragen des ungarischen Tieflandes: die Bewässerung und die forstwirtschaftliche Ausnutzung seiner unfruchtbaren Szik- und Sandflächen. Die zwingende Notwendigkeit der Lösung dieser Frage brachte das „Tiefland-Aufforstungsgesetz § XIX hervor, durch dessen Bestimmungen die Durchführung des Erneuerungswerkes im Interesse des ungarischen Volkes gesichert ist.

Wie dringend durchgreifende Maßnahmen hinsichtlich der Tiefland-Aufforstung sind, ergibt sich am besten daraus, daß diese etwa 40.000 km² große Fläche nach *Lesenyi* (1., S. 170)*) nur zu 4·4% bewaldet ist. Zudem gibt dieses Zahlenverhältnis nicht einmal ein genaues Bild der Wirklichkeit, da die tatsächliche Bewaldung einiger Gegenden des Tieflandes selbst diesen geringen Prozentsatz nicht erreicht. Z. B. entfällt auf die Gebiete der zwei Komitate Jász-Nagykún-Szolnok und Csanád nur 0·6 bis 0·7% bewaldete Fläche.

Die Frage der Tiefland-Aufforstung ist aber nicht nur vom Gesichtspunkt des Forstfachmannes aus zu beurteilen, da die forstwirtschaftlichen Belange nicht allein bestimmend sein dürfen, sondern nach *Kaán* (2.) liegt die größere Bedeutung dieser Frage in ihrer mikroklimatischen Auswirkung,

*) Die in Klammern gesetzten Zahlen beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis.

der Unterstützung der Landwirtschaft und in sozialer und volksgesundheitlicher Hinsicht.

Hier wurzelt das Thema meiner Arbeit und die besondere Aufgabe des ungarischen Forstwesens setzt mir zum Ziel: Nach besten Kräften mitzuhelfen, das große ungarische Tieflandproblem zu lösen und auf diese Weise einen bescheidenen Beitrag zur Verwirklichung des Erneuerungsgedankens beizusteuern.

Mit Sicherheit läßt sich sagen, daß die Aufforstungsarbeit unter dem semiariden Klima in erster Linie eine Wasserfrage ist. Dieses Problem ist praktisch schwer zu lösen ohne genaue Kenntnis des Wasserhaushaltes des Tieflandes. Es steht fest, daß eine Klärung der Zusammenhänge zwischen Grundwasser und Baumvegetation für das heutige ungarische Forstwesen von stärkstem Interesse ist. Meine Arbeit dürfte jedoch nicht nur für das heimatische Forstwesen, sondern für alle jene Landflächen von Interesse sein, auf denen die Baumvegetation ständig oder zeitweise auf das Grundwasser angewiesen ist.

Diese Fragestellung verlangt, daß die Beziehungen zwischen Grundwasser und Baumvegetation eingehend erörtert und die bisherigen einschlägigen wissenschaftlichen und praktischen Erfahrungen zusammengefaßt werden, um so eine allgemeine praktische Auswertung zu ermöglichen. Deshalb habe ich meine Arbeit nicht einseitig auf ungarische Verhältnisse aufgebaut; denn durch örtlich begrenzte Beobachtung und Darstellung der sehr komplizierten Zusammenhänge zwischen Grundwasser und Baumvegetation kann sich niemals ein Bild von allgemein gültiger Bedeutung ergeben, da diese Frage auf das engste an die verschiedenen Ortsverhältnisse (Klima, Geologie, Boden und Pflanzenvegetation) gebunden ist. Diese Tatsache birgt vor allem für die abgesonderte Betrachtung eines geologisch und klimatisch scharf gekennzeichneten Gebietes die doppelte Gefahr in sich, daß einerseits durch das Hervortreten der stark ausgeprägten Eigenart das Allgemeingültige nur schwer herausgelesen werden kann, andererseits aber die Verallgemeinerung des nur für einen Sonderfall Gültigen leicht zu Widersprüchen mit anderen Forschungsergebnissen führen könnte. Das in der Geschichte der Grundwasserkunde klassisch gewordene Beispiel der einander *scheinbar* widersprechenden Forschungsergebnisse von *Ototzky* (3.) und *Ebermayer* und *Hartmann* (4.) war mir eine Warnung. Ich habe daher alle meine Fragen meist vom allgemeinen Gesichtspunkt aus behandelt und dann die Ergebnisse auf die ungarischen Verhältnisse bezogen.

Die ungarischen Grundwasserbeobachtungen sind durch die Staatliche Forstverwaltung eingeleitet worden; die Anfänge gehen bis auf das Jahr 1908 zurück, aber die Organisation, welche das ganze Tiefland umfaßt, ist erst 1920, mit Beginn der Tiefland-Aufforstungsarbeit, ins Leben gerufen

worden. Die Gründung dieser Organisation und die Schaffung des Beobachtungsnetzes ist mit dem Namen *Karl Kaán* auf das engste verbunden.

Die Ergebnisse dieser Beobachtungen liegen meiner Arbeit zu Grunde (5.), vervollständigt durch die Daten der Beobachtungen des Hydrologischen Institutes und die Aufnahmen, die ich an Ort und Stelle im ungarischen Tiefland vorgenommen habe.

Wie schon erwähnt, haben das Klima, der geologische Aufbau und die Bodenverhältnisse des betreffenden Standortes überragenden Einfluß auf die Beziehungen zwischen Grundwasser und Baumvegetation. In meiner Arbeit habe ich mich dieser natürlichen Leitlinie angepaßt und wie folgt gegliedert:

- I. Grundwasser und Klima.
- II. Grundwasser und Geologie.
- III. Grundwasser und Boden.
- IV. Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Baumvegetation.

Es ist mir eine liebe Pflicht, hier Herrn Prof. *Dr. G. Krauss* meinen herzlichen Dank für seine weitgehende Unterstützung und Anregung auszusprechen. Herrn *Dr. H. Sallinger*, der mir beim Studium der Literatur und besonders bei der Ausarbeitung, sowie bei Besprechung einzelner Fragen mit seinen Kenntnissen und Erfahrungen beratend zur Seite stand, bin ich gleichfalls sehr zu Dank verbunden. Ebenso sage ich Herrn Kollegen Dipl.-Ing. *J. Danzl* für seine Unterstützung in Fragen der bodenphysikalischen Versuchsanstellung meinen aufrichtigen Dank.

Einleitung.

A) Allgemeines.

Wenn wir betrachten, welcher Wachstumsfaktor die Verbreitung der Pflanzen auf der Erde bestimmt, so müssen wir den Haupteinfluß dem Wasser zuschreiben. Zum Aufbau ihres Körpers brauchen die Pflanzen dessen mehrhundertfache Gewicht an Wasser. Die Untersuchungen von *Hellriegel* (6.) und *Wollny* (7.) zeigen, daß zum Aufbau von 1 kg Trockensubstanz cca. 300 bis 600 kg, u. U. bis zu 900 kg Wasser benötigt werden.

Der Wasserverbrauch der Waldbäume liegt annähernd in der gleichen Größenordnung, wie sich aus den Berechnungen *Vaters* (179., S. 12) auf Grund der Messungen von *Hellriegel* einerseits und von *Höhnel* (8.) andererseits ergibt. Wegen der längeren Vegetationszeit ist jedoch der Wasserbedarf der Baumvegetation größer als jener der Grasvegetation und der landwirtschaftlichen Gewächse. Deshalb ist auch die Wurzelzone des Waldbodens immer trockener als der unbewaldete Boden. Diese Tatsache

bestätigen u. a. die Untersuchungen von *Ebermayer* (9.), *Wollny* (10.), *Ismailsky* (11.), *Wyssotzky* (12.) und *Ijász* (13.). Zur Veranschaulichung seien nachstehend einige Ergebnisse von *Ijász* (S. 18) wiedergegeben. Die Zahlen sind Jahresmittel von wöchentlichen Bestimmungen und stellen Prozente des Trockengewichtes dar.

Tiefe (cm)	Freiland	Unter Fichte	Unter Eiche
30	15·5	9·1	6·9
40	17·1	9·5	9·0
60	18·8	9·2	10·4
120	18·3	10·5	11·3

Wie auf die Entwicklung der Pflanzen hat das Wasser auch auf den Ernteertrag den größten Einfluß. Unter den vielfachen Untersuchungen in dieser Hinsicht [*Haberlandt* (233.), *Ilienkov* (238.), *Hellriegel* (6.), *Fittbogen* (240.)] gibt ein sehr anschauliches Bild die Untersuchung von *Wollny* (14.). Danach besteht folgende Gesetzmäßigkeit zwischen der Ernte unserer Kulturpflanzen und dem Wasserhaushalt des Bodens (S. 165, Versuche VII.):

Sommerraps gedüngt:

Feuchtigkeit des Bodens in % der vollen Sättigungskapazität	Zahl der Schoten	Gewicht der Ernte (lufttrocken)			
		Körner gr	Stroh gr	Spreu gr	Summe gr
10	43	1·4	2·8	1·4	5·6
20	61	2·7	4·4	2·6	9·7
40	142	6·9	10·4	6·7	24·6
60	97	4·3	8·1	4·4	16·8
80	95	3·9	7·3	3·9	15·1
100	19	0·3	2·0	0·6	2·9

Diese Zahlen zeigen deutlich, daß die Erträge der Kulturpflanzen von einer unteren Grenze (Minimum) ab mit zunehmender Wasserzufuhr bis zu einem bestimmten höheren Wassergehalt des Bodens (Optimum) zunehmen, darüber hinaus bei weiterer Steigerung des Wassergehaltes sich aber stetig vermindern und schließlich fast auf Null herabsinken, wenn das Erdreich vollständig mit Wasser erfüllt ist (Maximum).

Im Vergleich zu dem Nährstoffbedarf hat das Wasser im Pflanzenleben die entscheidendere Bedeutung, einerseits deshalb, weil die Nährstoffaufnahme nur in wässriger Lösung möglich ist, andererseits, weil die Pflanze zu ihrem Aufbau verhältnismäßig viel Wasser benötigt. Es ist

auch z. B. einem Bauern viel eher möglich, der Nährstoffarmut seines Bodens abzuhelpen, als der Wasserarmut. Nach *Strecker* (15., S. 254) verlangen die wichtigsten Kulturpflanzen zu ihrer normalen Entwicklung während der Vegetationszeit auf 1 ha durchschnittlich 3 bis 5 Mill. kg Wasser, wogegen der Nährstoffbedarf z. B. von Weizen auf 1 ha ungefähr 25—40 kg Kali, 8—15 kg Kalk, 20—35 kg Phosphorsäure, 45—75 kg Stickstoff beträgt. Daraus ist ersichtlich, daß der Nährstoffbedarf gegenüber dem Wasserverbrauch mengenmäßig ziemlich gering ist.

Noch eindeutiger im Vordergrund steht das Wasser in der Waldwirtschaft. Da die Waldbäume einen großen Teil der Nährstoffe aus dem Humuskreislauf entnehmen können, so spielt die Nährstofffrage im Gegensatz zum Wasser im Leben des Waldes eine weniger wichtige Rolle. Prof. *Krauss* faßt diese Tatsache mit den Worten zusammen: „Wasser hat im Leben des Waldes eine größere Bedeutung, als man gewöhnlich glaubt. Selbst unter den mehr oder weniger humiden Klimabedingungen Deutschlands — abgesehen von den höheren Mittelgebirgslagen — ist das Wasser zumeist der entscheidende Faktor für den Baumwuchs.“

Wenn das Wasser schon im humiden Klima eine so wichtige Rolle für die Waldvegetation spielt, wie gesteigert muß dann seine Bedeutung unter semihumidem und semiaridem Klima sein, wie z. B. im ungarischen Tiefland! Treffend weisen folgende Worte von *Roth* (223., S. 318) darauf hin: „Die Wassermenge ist bei uns ein überaus wechselnder Faktor. Die anderen Wachstumsfaktoren haben beständigen Charakter und daher ist das Wasser letzten Endes das Entscheidende in allen wichtigen Fragen der Forstwirtschaft, besonders des Waldbaus, der Neuschaffung des Waldes und seiner Aufforstung, aber ebenso auch in seiner Pflege, kurz, in der Entwicklung und dem Leben der Wälder, damit in der gesamten Waldwirtschaft.“

B) Besonderes.

Die Pflanzen nehmen gewöhnlich das Wasser durch ihre Wurzeln aus dem Boden auf. Daher muß im Pflanzenleben der Wasserhaushalt des Bodens entscheidend sein. Die positive oder negative Auswirkung des Wasserhaushaltes auf die Pflanzenvegetation ist bestimmt durch das jeweilige Verhältnis zwischen Wasserzufuhr und Wasserverbrauch.

Die Einnahmequellen des Wasserhaushaltes sind: 1. atmosphärische Niederschläge, 2. Kondensation, 3. oberflächlicher Zufluß, 4. Grundwasserzufuhr.

Die Ausgabe wird verursacht durch: 1. Verdunstung (Evaporation*), 2. oberflächlichen Abfluß (Defluxus*), 3. Wasserverbrauch der Pflanzen (Desuktion*), 4. unterirdischen Abfluß (Transfiltration*).

*) Nach *Wyssotzky* (12., S. 7).

Diese Faktoren bestimmen nur *gemeinsam*, nie einzeln, den humiden oder ariden Charakter eines Standortes. Ausdrücklich muß darauf hingewiesen werden, daß die in der Bodenkunde allgemein gebräuchliche Klimaklassifikation nach *Penck* (16., S. 238) (humid — arid — nival), welche auch *Ramann* als die geeignetste angenommen hat, selbstverständlich durch die Vorherrschaft besonderer örtlicher Verhältnisse, hinsichtlich der Pflanzenvegetation oft nicht zutreffend ist. Denn aus dem oben Gesagten geht hervor, daß auch in einer humiden Klimazone für die Pflanzenvegetation mehr oder weniger „aride“ Bedingungen vorkommen können. In Deutschland wird z. B. in Rheinhessen das semihumide Klima nach der „ariden“ Richtung und im ungarischen Tiefland werden einige Gegenden zwischen Donau und Theiß gegen die „humide“ Seite verschoben.

Im Wasserhaushalt des Bodens herrscht nie ein Ruhezustand; sein Gleichgewicht verändert sich beinahe stündlich. Die stärkste Einwirkung hiebei hat im allgemeinen der atmosphärische Niederschlag. Jedoch kann nicht immer der Niederschlag als Maßstab für die Feuchtigkeitsverhältnisse eines Standortes dienen, weil in vielen Fällen die führenden Faktoren auch andere sein können; von diesen spielt für die Pflanzenvegetation das Grundwasser die wichtigste Rolle.

Der Begriff „Grundwasser“ ist von verschiedenen Verfassern verschiedenartig definiert worden. *Zunker* (18., S. 142) sagt: „Grundwasser heißt das die spannungsfreien Boden- und Gesteinshohlräume zusammenhängend ausfüllende, nur hydrostatischem Drucke folgende unterirdische Wasser.“ *Keilhack* (19., S. 67) versteht unter Grundwasser „... alles unter der Erdoberfläche befindliche, auf natürlichem Wege dorthin gelangte flüssige Wasser.“ — Nach der Definition von *Prinz* (20., S. 4) ist das Grundwasser „... jenes unterirdische Wasser, welches sich in den Trümmergesteinen der Erdkruste, die zu Haufwerken von ausgesprochen gesetzmäßiger Durchlässigkeit gelagert sind, sammelt und nach den Gesetzen der Filtration fortbewegt“. — *Steuer* (21.) will statt „Grundwasser“ den Begriff „Bodenwasser“ einführen. Nach seiner Definition (S. 148) ist das Grundwasser, „... das in lockeren und losen, hauptsächlich in diluvialen, seltener in tertiären und alluvialen Ablagerungen vorkommende Bodenwasser ...“ — *Koehne* (22.) und *Range* (23.) stimmen im wesentlichen mit *Zunkers* Auffassung über das Grundwasser überein — Nach *Keilhack* müßten wir eigentlich auch das Sickerwasser zum Grundwasser rechnen; aus seiner Arbeit geht jedoch hervor, daß er den gleichen Standpunkt vertritt wie *Zunker* und lediglich die *Definition* nicht richtig ist. Die Beurteilung von *Prinz* geschieht einseitig vom Standpunkt der Trinkwasserversorgung aus. — Von Grund aus falsch ist die Ansicht *Steuers*, der statt *Grundwasser* die Bezeichnung *Bodenwasser* einführen will. Wir verstehen unter „Boden“ die oberste, sozusagen „lebende“ Ver-

witterungsschicht der festen Erdrinde. Diese Schicht liegt im allgemeinen über dem Grundwasser. Wenn sie immer unter Wasser stände, würde alles Leben im Boden aussterben und es könnte damit nach unserem Begriff kein Boden im eigentlichen Sinne mehr sein.

Nach Zunker (18., S. 142) kann sich Grundwasser überall dort bilden, wo der unterirdische Zufluß den Abfluß um mindestens soviel übersteigt, daß die Mächtigkeit des gesammelten Wassers größer ist als der kapillare Aufstieg in der betreffenden Bodenschicht. Unter Grundwasser wird in der vorliegenden Arbeit jenes Wasser verstanden, das lückenlos die zusammenhängenden Hohlräume des Bodens erfüllt und dessen Bewegung von der Schwerkraft bestimmt wird. Dachler (236., S. 1) zieht noch die Reibungskräfte in Betracht, welche durch die Bewegung des Grundwassers ausgelöst werden.

Zunker (18., S. 142) nennt die oberste Schicht des Grundwassers, welches die Poren des wasserdurchlässigen Bodens ausfüllt, „Grundwasser im eigentlichen Sinne“ und die untere Schicht, welche sich im schwerdurchlässigen Boden befindet, „Kapillar-Grundwasser“. Diese Begriffe sind kompliziert und besonders letzterer ist mit „Kapillarwasser“ leicht zu verwechseln. Es erscheint einfacher, statt dessen die Bezeichnungen „freies“ und „gebundenes“ Grundwasser einzuführen, wodurch dann gleichzeitig die beiden Grundwasserbegriffe in ihrer Eigenart gekennzeichnet wären. Die obere Schicht der Grundwasserzone wird meist Grundwasserspiegel oder Grundwasseroberfläche genannt. Hierauf lagert sich die Kapillarwasserzone, die vom Grundwasserspiegel aus durch den Kapillaraufstieg ständig feucht gehalten wird. Zunker (18., S. 96—97) sieht noch eine Unterteilung in eine „geschlossene“ und eine „offene“ Kapillarwasserzone vor. Unter der „geschlossenen“ versteht er die untere „luftfreie“ Schicht der Kapillarwasserzone und „offen“ nennt er die darüber liegende lufthaltige Zone.

Die Bildung von Grundwasser ist schon seit ältester Zeit (Plato—Aristoteles) eine Streitfrage, die noch keine endgültige Lösung gefunden hat. Noch heute stehen zwei Theorien gegeneinander: die *Infiltrations-* oder *Versickerungstheorie* und die *Kondensations-* oder *Verdichtungstheorie*.

Die Infiltrationstheorie besagt, daß das Grundwasser in seiner Gesamtheit durch atmosphärische Niederschläge (Regen, Tau, Schnee, Hagel, Reif usw.) gebildet wird. — Nach der Kondensationstheorie dagegen entsteht das Grundwasser durch Verdichtung des in der unterirdischen Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfes. Diese Lehre geht von der allgemein bekannten Tatsache aus, daß die Luft eine gewisse, von ihrer Temperatur abhängige Feuchtigkeitsmenge aufnehmen kann und daß die Atmosphäre

nicht auf der Bodenoberfläche endet, sondern in den Boden hineinreicht und dessen Hohlräume erfüllt. Durch die Luftdruckschwankungen und Temperaturänderungen vollzieht sich zwischen der äußeren und der unterirdischen Atmosphäre ein dauernder und lebhafter Austausch. Daraus folgt, daß ein Teil des Wasserdampfes sich in den kälteren Bodenschichten verdichtet. *Mezger* (24., 35., 42., 44., 52., 81., 118., 234., 239., 246., 247., 248.), der eifrigste Verfechter dieser Theorie, geht noch weiter und stellt fest, daß der Wasserdampf nicht allein durch die Luftströmung in den Boden gelangt, sondern hauptsächlich unabhängig hiervon durch Diffusion in den Boden geleitet und dort verdichtet wird. Gestützt auf praktische und theoretische Forschungsergebnisse, beweist er, daß die Strömungsrichtung des atmosphärischen Wasserdampfes nur durch dessen Spannungsgefälle verursacht wird und unabhängig von der Richtung der Luftströmung ist. Nach *Mezger* können Wasserdampf und Luft in entgegengesetzter Richtung sich bewegen; anschaulich sagt *Mezger* (24., S. 573), daß „die Luft für Wasserdampf durchlässig ist“.

Vervollständigt wird die Versickerungs- und Verdichtungstheorie durch *Suess* (25.), welcher betont, daß als Ursprungsort des unterirdischen Wassers nicht allein die Atmosphäre, sondern auch das Erdinnere in Frage kommt. *Suess* nennt (S. 147) das von der Atmosphäre stammende Wasser „vados“ (seicht) und das vom Erdinnern kommende Wasser „juvenil“ (jugendlich). Wahrscheinlich haben alle diese Theorien ihre Berechtigung. Jene von *Suess* dürfte jedoch hauptsächlich nur für die Bildung der Heil- und Thermalwässer Bedeutung haben. Bei der Entstehung des Grundwassers und in dessen Dynamik spielen indessen im wesentlichen die Versickerung und die Kondensation die Hauptrolle. Es ist anzunehmen, daß bei der Entstehung des Grundwassers diese beiden Vorgänge Hand in Hand gehen. Wie stark die beiderseitige Auswirkung ist, hängt vom Klima und von der Jahreszeit ab. In der humiden Klimazone ist die Versickerung, im ariden Klima die Verdichtung bei der Grundwasserbildung führend.

Im Grundwasserhaushalt sind ebenso wie im Bodenwasserhaushalt Einnahmen und Ausgaben zu unterscheiden. Die Einnahmen sind bestimmt durch: 1. die atmosphärischen Niederschläge, 2. die Kondensation, 3. das juvenile Wasser, 4. die Auffüllung durch Oberflächenwasser, 5. das Abfallwasser des menschlichen Haushaltes.

Die Ausgaben dagegen setzen sich zusammen aus: 1. dem Verlust durch oberflächlichen und unterirdischen Abfluß (Quellen, Flüsse, Teiche), 2. der Verdunstung in die Bodenluft und Wasserzurückhaltung durch den Boden, 3. dem Verbrauch bei geochemischen Prozessen (z. B. Umwandlung wasserfreier in wasserhaltige Silikate), 4. dem Verbrauch durch Pflanzen und tierische Lebewesen, 5. dem Verbrauch durch den Menschen (Landwirtschaft, Gartenbau, Industrie, Haushalt).

Für das Pflanzenleben hat das Grundwasser nur dann Bedeutung, wenn seine Kapillarzone bis in die Wurzelregion reicht und seine chemische Beschaffenheit für die Pflanzen nicht schädlich ist. An erstere Bedingung stellen landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Pflanzen verschiedene Anforderungen. Im allgemeinen kann man sagen, daß die landwirtschaftlichen Pflanzen, im Gegensatz zu den forstlichen, meist kürzer bewurzelt sind und infolgedessen einen höheren Grundwasserstand erfordern. Der „nützliche“ Grundwasserstand ist vom Tiefgang der wasserleitenden Wurzeln und dem Kapillaraufstieg des Bodens abhängig. Wie sehr beide je nach der Pflanzenart und den Klima- und Bodenverhältnissen schwanken, beweisen die folgenden Angaben:

Rotmistroff (26., S. 32, Tab. IV.) hat im südrussischen Steppengebiet für einjährige landwirtschaftliche Pflanzen folgende Wurzeltiefen gefunden: Winterweizen 116 cm, Winterroggen 130 cm, Wintergerste 120 cm, Hafer 107 cm, Mais 113 cm, Erbse 92 cm, Bohne 85—96 cm, Sonnenblume 145 cm, Baumwolle 95 cm, Kartoffel 60 cm, also im Durchschnitt 100 bis 120 cm. Auch *Keilhack* (19., S. 550) stellt die Wurzelzone der einjährigen Kulturpflanzen mit durchschnittlich 100—125 cm fest. Dagegen findet *Schulze* (27., S. 212) einen bedeutend größeren Wurzeltiefgang, und zwar bei Winterroggen bis zu 199 cm, bei Winterweizen bis zu 277 cm, bei Sommerroggen bis zu 197 cm, bei Sommerweizen bis zu 189 cm, bei Hafer bis zu 247 cm, bei Gerste bis zu 259 cm und bei Winterraps bis zu 300 cm. *Orth* (28., S. 330) konnte bei der Lupinenwurzel ein Tiefenwachstum bis zu 232 cm und bei der Sandluzernenwurzel ein solches bis zu 235 cm feststellen. Die Wurzeln einiger Futterpflanzen, beispielsweise jene der Esparsette-Luzerne vermögen unglaublich tief in den Boden einzudringen. So fand z. B. *Rotmistroff* (26., S. 32), daß die „Zentralwurzel“ der Luzerne „bis zu 16 m, ja sogar 20 m tief“ reichen kann.

Die Wurzelzone der Waldbäume reicht gewöhnlich bis 200—400 cm in den Boden hinab, kann aber im extremen Fall auch eine weitaus größere Tiefe erreichen. So stellt z. B. *Keilhack* (19., S. 550) in einem Falle den Tiefgang einer Pappelwurzel in einem fetten Tertiär-Ton mit 12 m fest. *Koehne* (22., S. 208) berichtet, daß „... *Schweinfurt* beim Bau des Suezkanals Tamarixwurzeln noch in 30 m Tiefe“ gefunden habe. Fast unwahrscheinlich klingt die Angabe *Wächters* (29., S. 213), daß eine bis in 25 m Tiefe hinabreichende Buchenwurzel gefunden worden ist.*)

Der Kapillaraufstieg richtet sich in der Hauptsache nach der mechanischen Zusammensetzung der wasserdurchlässigen Bodenschicht. Zahlreiche Forscher haben sich mit der Bestimmung des Kapillarwasseraufstieges beschäftigt. Die Untersuchungen von *Wollny* (30., S. 280) haben

*) Nach persönlicher Mitteilung von Forstmeister *Kottmeier* in Deister an *Wächter*.

ergeben, daß das Wasser umso höher gehoben wird, je feiner die Bodenteilchen sind. Aus den Untersuchungen *Klenzes* (31., S. 97) ist zu entnehmen, daß der Kapillarwasseraufstieg bei 2'5 mm Korngröße aufhört. Bei grobem Sand beträgt der Aufstieg nur wenige cm, in mittelkörnigem Sand kommt er auf 25 cm und in feinkörnigem Sand auf 50 cm. Ganz besonders stark kapillar sind die *tonhaltigen* Böden. Nach *Keilhacks* Angaben (19., S. 550; 32., S. 125) kann die Kapillarleitung von tonigem Boden besonders mit Humusbeimischung eine Höhe von 200—300 cm erreichen. Dagegen gibt *Rotmistroff* (26., S. 3) an, daß die äußerste Grenze des Wasseraufstieges für sehr feinerdereiche Böden nur 82 cm betrage. *Tulaikow* (33., S. 74) nennt als maximale Steighöhe 135 cm. Nach *Mitscherlich* (34., S. 141) soll eine Steighöhe von 150 cm „die für die Pflanzen in Betracht kommende höchste Steighöhe des Grundwassers sein“.

Aus dem oben Gesagten geht hervor, daß sowohl die Angaben über das Tiefenwachstum der Wurzeln, als auch die Angaben über den Kapillarwasseraufstieg ganz verschieden sind und je nach Pflanzen und Boden stark voneinander abweichen. Es ist deshalb nicht möglich, für den „nützlichen“ Grundwasserstand einen allgemein gültigen Grenzwert festzulegen. Hinzu kommt, daß auch das Grundwasser an sich einer sehr großen Schwankung unterworfen ist, welche sich in einigen extremen Fällen so stark auswirkt (z. B. ungarische Tiefebene: Foktő bei Kalocsa 477 cm, Berettyóújfalu bei Debrecen 378 cm), daß eine solche Festlegung von Grund aus fragwürdig wird. Infolgedessen kann man die von *Keilhack* (19., S. 550; 32., S. 125) angegebenen Grenzen, wonach der „nützliche“ Grundwasserstand bei einjährigen Kulturpflanzen in Sandboden 150 cm, in feinerdigem und Lößboden 200—250 cm, in tonigem Boden 300 cm und in humusreichem Tonboden 400 cm beträgt, nur als allgemeine Überschlagswerte ansehen. Die „Nützlichkeit“ des örtlichen Grundwasserstandes läßt sich nur unter Berücksichtigung aller Wachstumsfaktoren (Pflanzen, Boden, hydrologische und klimatische Verhältnisse) bestimmen. Den Zusammenhang zwischen Pflanzenwachstum und Grundwasserstand werden wir noch im IV. Kapitel ausführlich behandeln.

I. Grundwasser und Klima.

Über die hydrologischen Verhältnisse des Bodens können wir nur dann ein klares Bild gewinnen, wenn wir alle gegenseitigen Einwirkungen berücksichtigen und ihre Verbindung mit den äußeren atmosphärischen Erscheinungen. *Mezger* (35., S. 523) kennzeichnet dies mit den Worten: „Die Lehre vom Wasser ist von der Lehre des Wetters nicht zu trennen!“ Zwischen den Grundwasser- und Wettererscheinungen besteht eine enge Verbindung.

1. Luftdruck und Wind.

Die ursächlichen Beziehungen, die zwischen diesen beiden meteorologischen Elementen und dem Grundwasser bestehen, sind noch ziemlich unbekannt. Auch in der Fachliteratur findet man hierüber sehr wenig Angaben.

Im übertragenen Sinne kann man sagen, daß das Grundwasser ebenso wie der Boden unter den Luftdruckschwankungen „atmet“. Luftdruckerhöhung bewirkt eine vermehrte Gasaufnahme des Grundwassers aus der Bodenluft, während Luftdruckerniedrigung mit einer Gasausscheidung aus dem Grundwasser verbunden ist. Die durch Luftdruckschwankungen verursachte „Atmung“ des Grundwassers wird besonders für leichtlösliche Gase (wie CO_2 und H_2S) zu erwarten sein. An sich darf man jedoch den Einfluß der Luftdruckschwankungen auf die Gasabsorption des Grundwassers nicht überbewerten, weil wegen der großen Reibungswiderstände des Bodens die Druckänderungen der Freiluft sich nur abgeschwächt auf die Bodenluft übertragen können. Zudem ist der Einfluß der *Temperatur* auf die Gasabsorption des Wassers viel bedeutender als jener der Luftdruckschwankungen, sodaß letztere noch weiter zurücktreten. Aus diesen beiden Gründen ist auch nur bei hohem Grundwasserstand und grobkörnigem Boden eine gewisse Verbindung zwischen den tageszeitlichen Schwankungen des Grundwassers und den Luftdruckschwankungen erkennbar. Der Zusammenhang zwischen Luftdruck und Grundwasserstand ist nur ein mittelbarer und beruht auf der ebenerwähnten „Atmung“ des Grundwassers. Auflösung von Gas (bei steigendem Luftdruck) ist bei durchlässigen Böden mit einem Sinken, Abscheidung von Gas (bei sinkendem Luftdruck) mit einem Steigen des Grundwassers verbunden. Aus dieser Tatsache ergibt sich nach *Zunker* (18., S. 145, 146), daß bei sinkendem Luftdruck die Quellen schneller, bei steigendem Luftdruck langsamer fließen.

Die hydrologischen Vorgänge im Boden stehen gleichzeitig unter dem Einfluß mehrerer Faktoren, die sich gegenseitig in ihren Wirkungen fördern oder hemmen. Das Grundwasser verzeichnet in der Höhe seines Standes nur das Ergebnis dieser Wechselwirkungen. Es ist daher schwierig, die Wirkung der einzelnen Faktoren zu veranschaulichen. In den Abbildungen 1 und 2 wurde versucht, einen klaren Überblick derjenigen Faktoren zu geben, die die tageszeitlichen Schwankungen des Grundwassers wahrscheinlich am stärksten beeinflussen. Um diese Wirkung deutlich hervortreten zu lassen, wurden nicht die absoluten Werte der einzelnen Faktoren, sondern nur ihre tageszeitlichen Veränderungen aufgetragen, sodaß, verglichen mit den vorausgegangenen Messungen, die steigenden Werte nach oben (+), die sinkenden Werte nach unten (—) gezeichnet sind. In der gleichen Art wurden die tageszeitlichen Schwankungen des Grundwassers veran-

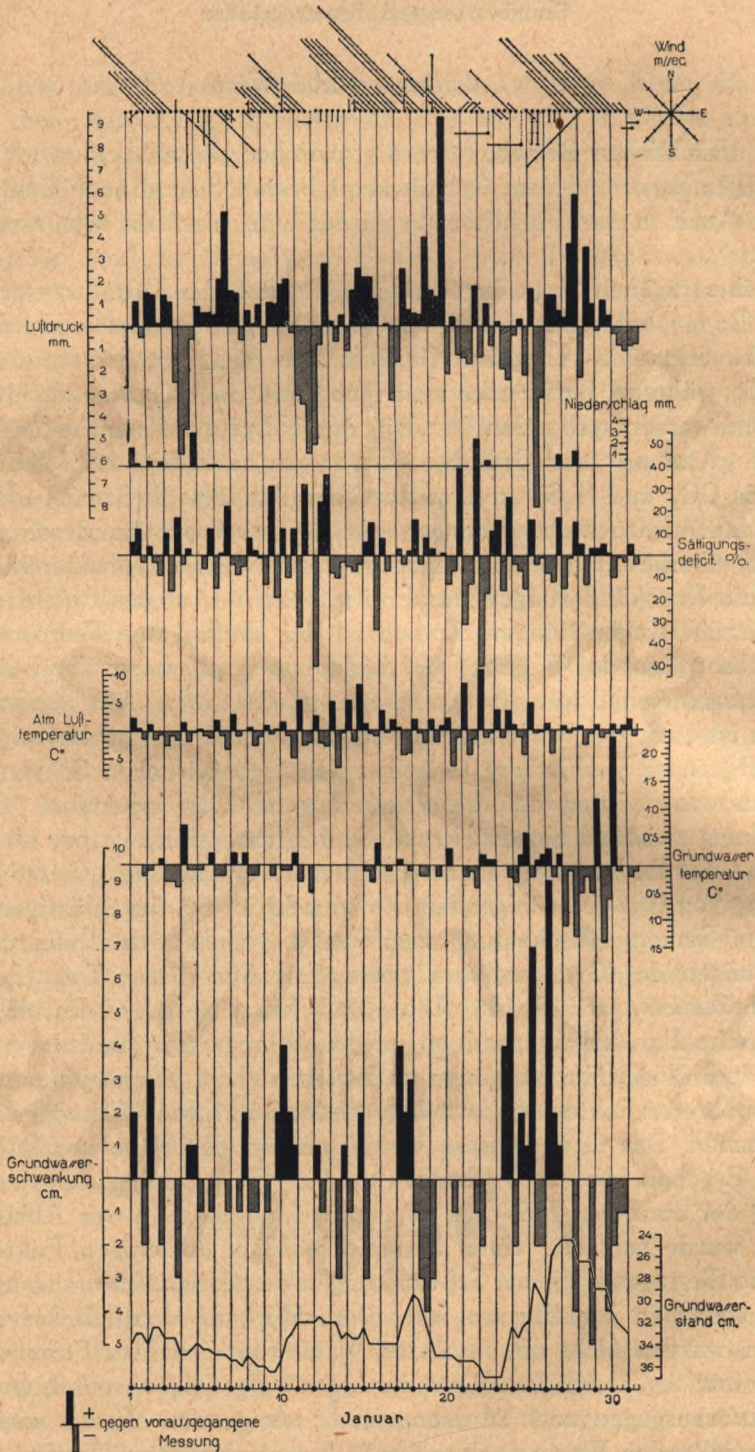


Abb. 1.

Tageszeitliche Schwankungen von Stand und Temperatur des Grundwassers und der meteorologischen Faktoren. Sopron-Brandmajor im Januar 1935. Beobachtungsbrunnen Nr. 103/a.

schaulicht. Um die Einwirkung der einzelnen Faktoren besser kenntlich zu machen, wurde zu den Versuchen ein hoher Grundwasserstand gewählt.

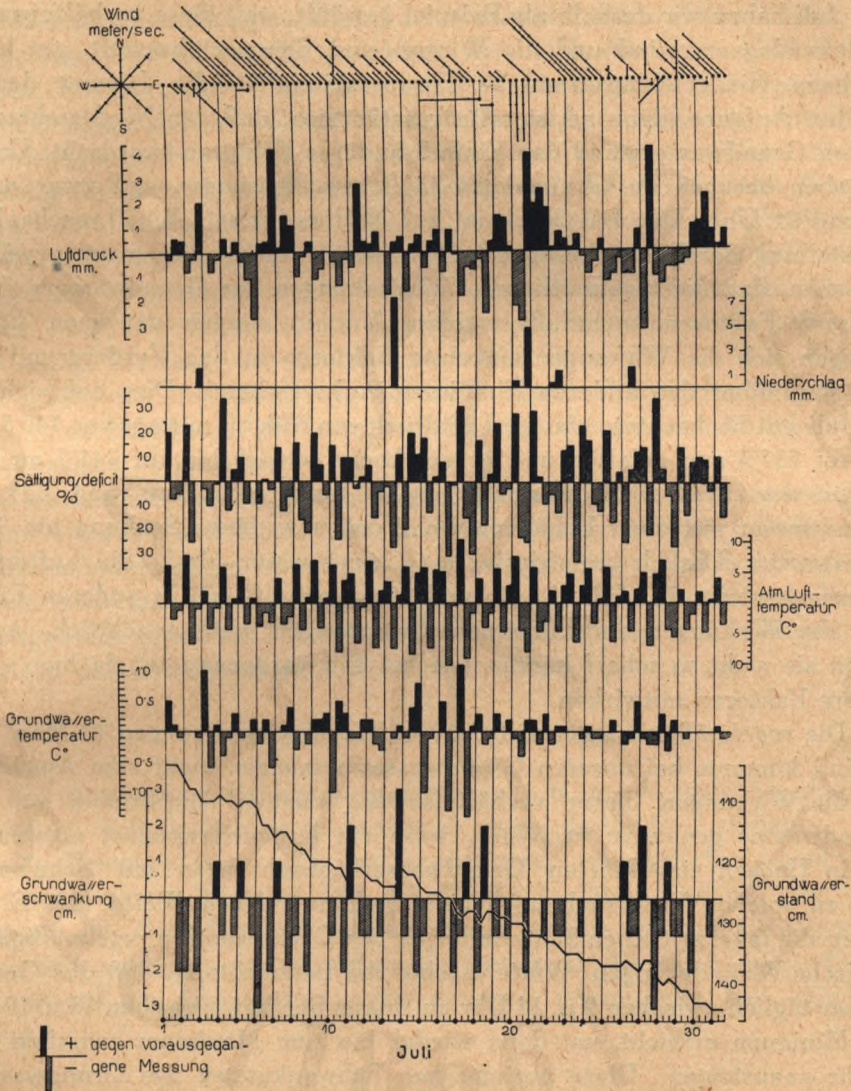


Abb. 2.

Tageszeitliche Schwankungen von Stand und Temperatur des Grundwassers und der meteorologischen Faktoren. Sopron-Brandmajor im Juli 1935. Beobachtungsbrunnen Nr. 103/a.

Dessen durchschnittliche Tiefe unter Flur beträgt 100 cm und die wasserführende Schicht besteht aus kieshaltigem Lehm Boden mit tonigem Untergrund. Für derartige Studien wären zwar wegen der größeren Empfind-

lichkeit Grundwasserbeobachtungen in Sandböden geeigneter. Solche standen uns jedoch nicht zur Verfügung, weil die Messungen in den Sandbrunnen täglich nur einmal ausgeführt worden waren. Die Monate Januar und Juli haben wir deshalb als Beispiel gewählt, weil diese verhältnismäßig niederschlagsarm sind und die Winter- und Sommerjahreszeit gut kennzeichnen. Niederschlagsarmut ist Voraussetzung für die Lösung der gestellten Aufgabe, denn es ist selbstverständlich, daß der Niederschlag bei hohem Grundwasserstand den Einfluß anderer Faktoren verwischt. Unsere Angaben beruhen auf dreimaligen täglichen Messungen und zwar um 7, 14 und 21 Uhr. Der Luftdruck ist auf Null reduziert. Eine anschauliche Darstellung der Beobachtungen ist erschwert durch die schon erwähnte Tatsache, daß die tageszeitlichen Schwankungen des Grundwassers durch mehrere Faktoren beeinflußt werden. Nur in einigen extremen Fällen drängen sich die Wirkungen einzelner Faktoren in den Vordergrund und sind gegenüber den anderen Einflüssen vorherrschend. Dies ließ sich am 27. Juli gut beobachten, als der Luftdruck von früh bis mittags von 740'8 mm bis auf 737'5 mm gefallen und gegen Abend wieder bis auf 741'7 mm gestiegen war. Diese verhältnismäßig große Luftdruckschwankung hat das Grundwasser mit einer Erhöhung um 2 cm, bzw. einer Senkung um 3 cm beantwortet. Ähnlich registrierte das Grundwasser noch die Luftdruckänderungen vom 21. Juli, 4., 19. und 28. Januar. Auch in anderen Fällen sind die Wirkungen der Luftdruckschwankungen wohl ersichtlich, jedoch treten sie nicht so scharf hervor, wie bei den vorgenannten, da hier schon andere Faktoren mitwirken.

Die regelmäßigen tageszeitlichen Luftdruckschwankungen (2 Max. und 2 Min.) kommen bei unseren Grundwassermessungen nicht zum Ausdruck. Um die Wirkungen dieser verhältnismäßig kleinen Amplituden auf das Grundwasser genau zu verfolgen, wäre ein Registrierapparat notwendig. Die in Ungarn eingeführten Grundwasserbeobachtungen mit Schwimmer sind zu solchen Untersuchungen nicht geeignet. Nach *White* (36. S. 24) zeigen die tageszeitlichen Schwankungen des Grundwassers regelmäßige periodische Veränderungen. *White* machte die Beobachtung, daß das Grundwasser täglich zwischen 9 u. 11 Uhr zu sinken beginnt, zwischen 18 u. 19 Uhr das Minimum erreicht, um dann wieder bis zum Maximum zwischen 7 u. 9 Uhr anzusteigen. Diese periodischen Schwankungen des Grundwassers werden aber nicht durch Witterungsfaktoren verursacht, sondern stehen mit der Pflanzenvegetation in Zusammenhang. Diese Annahme wird unterstützt durch die Beobachtungen von *White*, wonach die Amplitude der Schwankungen mit der Pflanzenvegetation sich ändert; so beträgt sie z. B. bei Luzerne 6'3 cm, bei salzhaltigen Gräsern 9'5 cm und bei Sumpfpflanzen 11'4 cm, während unter Ackerland derartige Schwankungen nicht zu beobachten waren.

Der Einfluß des Windes auf das Grundwasser ist noch schwieriger zu erfassen als jener der Luftdruckschwankungen. Wie aus den Abbildungen 1 und 2 ersichtlich ist, hat der Wind keinen ausgeprägten Einfluß auf die Grundwasserschwankungen. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß der geringe Einfluß des Windes durch den viel stärkeren Einfluß der anderen Faktoren des Wasserhaushaltes verwischt wird. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß die Winde auf das Grundwasser mehr eine *mittelbare* Einwirkung ausüben, indem sie die Richtung und Stärke der Wasserdampfströmung im Boden beeinflussen: die wärmeren und daher mehr Wasserdampf enthaltenden Seewinde bringen eine verhältnismäßige Erwärmung der oberen Bodenschichten mit sich und geben Anlaß zu einer nach unten gerichteten Dampfströmung: es erfolgt eine Kondensation; das Grundwasser steigt. Die kälteren und daher trockeneren Landwinde haben die gegenteilige Wirkung: das Grundwasser sinkt. So ergibt sich nach *Mezger* (35., S. 520) aus den Münchener Beobachtungen, daß lebhaftes S- und SW-Winde eine Erhöhung, NW- und NE-Winde dagegen ein Absinken des Grundwassers verursachen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß sowohl die Luftdruckschwankungen als auch die Winde den Grundwasserhaushalt nur mittelbar beeinflussen, indem sie im Verein mit dem Temperaturwechsel das Gasgleichgewicht zwischen Grundluft und Grundwasser bzw. das Wasserdampfgleichgewicht zwischen Freiluft und Grundluft stören und dadurch Änderungen des Grundwasserstandes hervorrufen.

2. Temperatur und Luftfeuchtigkeit.

Die gemeinsame Behandlung dieser zwei Klimatelemente ist dadurch ermöglicht, daß sie beide miteinander in enger Verbindung stehen.

Die Temperatur hat auf das Grundwasser eine mittelbare und eine mehr unmittelbare Wirkung. Die mittelbaren Einflüsse sind mit dem Gasaustausch des Grundwassers verbunden und wirken sich auf die tageszeitlichen Schwankungen des Grundwasserstandes aus, die mehr unmittelbaren dagegen auf die periodischen Schwankungen (monatliche und jährliche Periode).

a) Temperatur und Gasaustausch.

Wie bereits erwähnt, absorbiert das Grundwasser, ebenso wie alle anderen Flüssigkeiten, Gase. Das Ausmaß der Gasabsorption hängt vom Absorptionskoeffizienten eines jeden Gases und von der Temperatur des Grundwassers ab. Auch unter den Temperaturschwankungen „atmet“ das Grundwasser. Temperaturabnahme ist mit Gasaufnahme, Temperaturzunahme mit Gasabgabe verbunden. Der Temperaturwechsel des Grundwas-

sers ist meist stetig, d. h. langsam gleichmäßig; äußerstenfalls sind unste-
tige Schwankungen von 3—5° C zu beobachten. Hinsichtlich des Gasaus-
tausches kommen hauptsächlich Luft und Kohlendioxyd in Betracht. Deren
Absorptionskoeffizienten (d. h. der von einem Raumteil Wasser bei be-
stimmter Temperatur unter 760 mm Druck aufgenommene Raumteil Luft
bzw. CO₂) sind in der Tabelle 1 aufgeführt (37., S. 766, 768).

Tabelle 1.

Temperatur	0	1	2	3	4	5	6
Luft	0·02885	0·02813	0·02742	0·02674	0·02609	0·02547	0·02486
CO ₂	1·713	1·646	1·584	1·527	1·473	1·424	1·377

Der CO₂-Gehalt der Bodenluft hat weiten Spielraum. Nach *Wiegner*
(38., S. 152) beträgt er durchschnittlich 0·30 Volumen-% (bei 18° C), kann
aber im extremen Fall bis zu 10·0% ansteigen.

Den Gaswechsel des Grundwassers bei Temperaturen von 1—5°
zeigt die folgende Tabelle (bei 760 mm Luftdruck):

Tabelle 2.

CO ₂ -Gehalt der Boden- luft in Volumen-%	Gasaustausch von 1 l Wasser in cm ³ bei einem Temperaturwechsel von				
	1	2	3	4	5
0·03 (Freiluft)	0·72	1·43	2·11	2·76	3·38
0·3	0·90	1·79	2·51	3·40	4·42
1	1·36	2·67	3·89	5·06	7·12
10	7·33	14·15	20·45	26·42	41·84
20	13·96	26·19	38·84	50·15	80·41
30	20·59	39·67	57·24	73·88	118·98

Wir sehen, daß der Gasaustausch mit der Zunahme von CO₂ in der
Bodenluft sich steigert und einen hohen Grad erreichen kann. Bei der Be-
urteilung seines Wertes dürfen wir jedoch nicht die Tatsache außer acht
lassen, daß die im Grundwasser gebundene Gasmenge nicht allein durch
den Luftdruck und Teildruck des Gases geregelt ist, sondern auch durch
den Wasserdruck. In den tieferen Horizonten des Grundwassers sind des-
halb mehr Gase gelöst als an seiner Oberfläche. Bei Verringerung der
Grundwassermächtigkeit, ebenso bei einer Temperaturerhöhung oder Luft-
druckerniedrigung erfolgt eine Ausscheidung von Gasen. Diese Tatsache läßt
mit Recht darauf schließen, daß bei der Zusammensetzung der Bodenluft
auch das Grundwasser eine wichtige Rolle spielen kann und so einen Ein-

fluß hat auf das Bodenleben (Bakterientätigkeit) und damit auf die Pflanzenvegetation.

Nicht weniger wichtig ist der Gasgehalt des Grundwassers für die Zersetzung der Mineralien. Besonders Luft- und CO_2 -Gehalt sind die beiden Faktoren, welche hier einen großen Einfluß ausüben. Der Sauerstoff der Luft wirkt oxydierend und die Kohlensäure verursacht die allmähliche Auflösung der Karbonatgesteine, wie sie auch mitwirkt bei der Zersetzung der Silikate. Auf dieser auflösenden und zersetzenden Wirkung des Grundwassers beruht seine chemische Beschaffenheit, welche einerseits bei der Bodenbildung (besonders im ariden Klima) eine wichtige Rolle spielt, andererseits je nach den Umständen eine nützliche oder schädliche Wirkung auf das ganze Pflanzenleben ausübt.

b) Beziehungen zwischen Bodentemperatur und Grundwassertemperatur.

Die Grundwassertemperatur ist am stärksten durch den Grad der Bodenwärme und die Temperatur des Infiltrationswassers beeinflusst. Die Bodenwärme zeigt eine tageszeitliche und jahreszeitliche Periodizität. Die täglichen Schwankungen sind bis zu einer Tiefe von 1'0 m bis 1'50 m herab bemerkbar, die jährlichen bis zu 20—25 m Tiefe. Jene Schicht, welche von der atmosphärischen Temperatur nicht mehr beeinflusst ist, nennen wir neutrale Schicht. Die Temperatur dieser Schicht ist im allgemeinen gleich der mittleren Jahrestemperatur der betreffenden Gegend. Die Temperatur unter dieser neutralen Schicht erhöht sich mit der geothermischen Tiefenstufe (1°C auf 30—35 m). Das Grundwasser nimmt die Temperatur des Bodens an. Je höher, also je näher zur Erdoberfläche das Grundwasser steht, desto größeren Temperaturschwankungen ist es unterworfen und je tiefer es liegt, desto gleichmäßiger ist seine Temperatur. Klar erkennen lassen dies die aus den ungarischen Grundwasserbeobachtungen ausgewählten Angaben der Tabelle 3.

Aus dieser Tabelle können wir die Folgerung ziehen, daß die Grundwassertemperatur dem Gesetz der Bodentemperaturschwankungen folgt und durch die Temperatur jener Bodenschicht bestimmt ist, in der das Grundwasser steht. Weiter ergibt sich, daß die Amplituden der jahreszeitlichen Temperaturschwankungen des Grundwassers ebenso wie jene des Bodens mit zunehmender Tiefe langsam kleiner werden ($14'3-0'9^\circ \text{C}$). Daraus folgt, daß die Grundwassertemperatur gegenüber der Jahreszeit mehr oder weniger nachhinkt. Dies zeigen die fettgedruckten Zahlen der Tabelle: die Verschiebung des Beginnes der Frühjahrstemperatur (von März bis August) ist klar zu erkennen. Die Temperatur des Grundwassers im Vergleich zur Temperatur der atmosphärischen Luft ist im Sommer tiefer, im Winter höher, wie aus Tabelle 4 ersichtlich ist.

Tabelle 3.

Grundwassertemperaturschwankungen mit der Tiefe.

O r t	Nummer des Be- obachtungs- brunnens	Tiefe des Grund- wasserstandes in cm Min. — Max.	Temperatur-Monatsmittel 1935 (Celsiusgrade)												Schwan- kung Max. — Min.
			M o n a t												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sopron-Brandmajor	103/a	24—200	5·1	2·1	3·8	7·4	10·7	15·4	16·3	16·4	15·9	14·8	12·2	7·6	14·3
Kecskemét	61/a	170—250	9·5	7·6	7·1	8·2	10·1	12·2	14·5	15·6	15·9	15·4	14·0	11·8	8·8
Gödöllő	102	460—520	11·8	11·3	10·8	10·4	10·1	10·2	10·6	10·9	11·4	11·8	12·1	12·0	2·0
Püspökladány	98/b	650—710	12·2	12·1	12·0	11·9	11·7	11·5	11·4	11·5	11·8	11·9	12·1	12·3	0·9

Tabelle 4.

Beziehungen zwischen Freilufttemperatur und Grundwassertemperatur.

M o n a t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Freilufttemperatur beim Brunnen 103/a (Sopron-Brandmajor) . . .	2·6	1·8	3·4	9·7	12·6	20·3	21·1	19·6	16·5	12·4	5·3	1·2
Grundwassertemperatur vom Brunnen 103/a	5·1	2·1	3·8	7·4	10·7	15·4	16·3	16·4	15·9	14·8	12·2	7·6
Unterschied zwischen Grundwas- ser- und Freilufttemperatur . . .	2·5	0·3	0·4	—	—	—	—	—	—	2·4	6·9	6·4
	—	—	—	2·3	1·9	4·9	4·8	3·2	0·6	—	—	—

Mit zunehmender Tiefe hört dieser regelmäßige Gang der Grundwassertemperatur auf. Je näher das Grundwasser der neutralen Schicht ist, desto mehr gleicht sich seine Temperatur der durchschnittlichen Jahrestemperatur der betreffenden Gegend an. In noch tieferen Bodenschichten beginnt eine ständige Temperaturzunahme.

Die Grundwassertemperatur wird noch durch andere Faktoren beeinflusst (Bodenart, Exposition, Zufuhr von Oberflächenwasser, chemische Reaktionen, Juvenilwasser, Gasexhalation usw.), worauf hier nur hingewiesen sei.

Hervorzuheben aus den ungarischen Beobachtungen ist noch die interessante Tatsache, daß der Waldbestand die Temperatur des Grundwassers beeinflusst. Wir sehen dies aus den Angaben der Tabelle 5.

Auf den ersten Blick scheint es, als ob die Angaben der Tabelle 5 miteinander nicht übereinstimmten. Die Temperatur des Waldbrunnens 103/b verhält sich im Vergleich zu der Temperatur des Freilandbrunnens 103/a wie allgemein die Temperatur des Grundwassers zur Temperatur der Atmosphäre, nämlich im Sommer ist sie kälter, im Winter wärmer. Dagegen weisen die Beobachtungsbrunnen 61/a und 61/b, 61/e und 61/d, sowie 61/e und 61/c im bewaldeten und unbewaldeten Gelände diese mit der Jahreszeit wechselnde Gegensätzlichkeit nicht auf; hier ist die Temperatur in den Waldbrunnen in allen Jahreszeiten kälter als in den Freilandbrunnen. Dieser scheinbare Widerspruch läßt sich mit der verschiedenen Höhe des Grundwassers erklären und zwar ist der Grundwasserstand der Brunnen 103/a und b im Winter und im Frühjahr hoch (24—46 cm), im Sommer und im Herbst niedrig (150—200 cm) (dies veranschaulichen auch die Abbildungen 1 und 2), während das Grundwasser der Brunnen 61/a, b, c, d, e in allen Jahreszeiten verhältnismäßig tiefer liegt (170—300 cm).

Wir wissen, daß der Waldbestand sowohl auf die Einstrahlung als auch auf die Ausstrahlung eine hindernde Wirkung hat. Deshalb ist die Wärmezufuhr und der Wärmeverlust im Waldboden immer geringer als im nicht bewaldeten Boden und die Temperatur des Waldbodens im allgemeinen immer tiefer als die des Freilandbodens. *Ebermayer* (9., S. 41) zeigt dies deutlich durch folgende Angaben:

	Relative Temperatur des Waldbodens gegenüber einer nicht bewaldeten Fläche (= 100)	Relativer Unterschied zwischen Freiem und Wald
Frühling	72	28%
Sommer	76	24%
Herbst	84	16%
Winter	99	1%

Tabelle 5.
Waldbestand und Grundwassertemperatur.

Ort der Beobachtungen	Brunnen Nr.	M o n a t												Durch- schnitt	Ampli- tude
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Sopron-Brandmajor im Jahre 1935															
Unbewaldet	103/a	5·1	2·1	3·8	7·4	10·7	15·4	16·3	16·4	15·9	14·8	12·2	7·6	10·6	14·3
Bewaldet mit Fichte	103/b	5·9	3·7	4·1	5·6	7·4	10·5	13·1	12·8	ausgetr.		10·4	7·4	—	9·4
Differenz zwischen 103/b und 103/a	+	0·8	1·6	0·3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	1·8	3·3	4·9	3·2	3·6	—	—	1·8	0·2	—	—
Kecskemét-Csalános im Jahre 1935															
Unbewaldet	61/a	9·5	7·6	7·1	8·2	10·1	12·2	14·5	15·6	15·9	15·4	14·0	11·8	11·8	8·8
Bewaldet mit Robinien	61/b	9·2	7·5	6·8	7·5	9·3	10·8	12·9	14·1	13·1	12·6	11·7	10·5	10·5	7·3
Differenz zwischen 61/b und 61/a	—	0·3	0·1	0·3	0·7	0·8	1·4	1·6	1·5	2·8	2·8	2·3	1·3	1·3	—
Kecskemét-Csalános im Jahre 1935															
Unbewaldet	61/e	9·7	8·1	7·1	7·7	10·8	12·9	15·1	16·4	16·4	15·5	14·1	12·5	12·1	9·3
Bewaldet mit Erle	61/d	9·1	7·6	6·9	7·7	9·1	10·5	12·4	13·2	12·4	12·1	11·4	10·1	10·2	6·3
„ mit Schwarzkiefer	61/c	8·4	7·2	6·6	7·3	8·3	9·6	11·5	13·3	12·4	11·9	11·4	9·9	9·8	6·7
Differenz zwischen 61/d und 61/e	—	0·6	0·5	0·2	0·0	1·7	2·4	2·7	3·2	4·0	3·4	2·7	2·4	1·9	—
Differenz zwischen 61/c und 61/e	—	1·3	0·9	0·5	0·4	2·5	3·3	3·6	3·1	4·0	3·6	2·7	2·6	2·3	—

Wie bereits erwähnt, ist die Temperatur des Grundwassers immer durch die Temperatur der betreffenden Bodenschicht bestimmt. Die Folge davon muß sein, daß im allgemeinen das Grundwasser unter Waldbestand kälter ist als unter Freilandboden. Nach Tabelle 5 verhält sich dies tatsächlich so. Eine Ausnahme bildet die Temperatur des Grundwassers, welches sich in den oberen Schichten des Waldbodens befindet, wie unser Beispiel für den Herbst- und Frühjahrs-Grundwasserstand der Brunnen 103/a und b zeigt. Die Untersuchungen von *Ebermayer* haben ergeben, daß auch der Einfluß des Waldbestandes auf die Temperatur des Oberbodens am größten im Sommer und am geringsten im Winter ist (1%), weshalb die oberste Schicht des Waldbodens im Sommer kälter, im Winter gleich temperiert oder nur um einige Grade wärmer ist als der Freilandboden. Diese Gesetzmäßigkeit unterstreicht auch unser Beispiel: Im Sommer bis zu einer Tiefe von 150—200 cm abgesunkenes Grundwasser nimmt die Temperatur der unteren Bodenschicht an und ist kälter als das den sommerlichen Einflüssen ungehindert ausgesetzte, also im erwärmten Boden liegende Grundwasser. Im Winter ist das Gegenteil der Fall: Das aufsteigende Wasser im unbewaldeten Boden kühlt sich selbstverständlich schneller ab als das von der Ausstrahlung geschützte, im wärmeren Waldboden liegende Grundwasser. In tieferen Schichten des Waldbodens bleibt die Temperatur das ganze Jahr über beinahe unverändert. Im Freien dagegen ist in gleicher Tiefe die sommerliche Erwärmung größer als die winterliche Abkühlung. Deshalb muß ständig tiefstehendes Grundwasser (Brunnen 61/a, b, c, d, e) unter Wald immer kälter sein als im Freien. Es ist natürlich, daß bei diesem Vorgang auch noch andere Faktoren (Kondensation, Grundwassersenkung unter Waldbestand usw. mit hereinspielen. Dies läßt sich jedoch hier nicht weiter ausführen.

Die Angaben der Tabelle 5 weisen deutlich darauf hin, daß auf die Temperatur des Grundwassers nicht nur der Wald als solcher, sondern auch die Art des Bestandes und seine waldbaulichen Besonderheiten (wie Alter, Schlußgrad, Bestockungsgrad) wahrscheinlich eine Einwirkung haben (mittlere Jahrestemperatur unter Fichtenbestand 9'4, unter Robinien 10'4, unter Erlen 10'2 und unter Schwarzkiefer 9'8° C). Die ungarischen Grundwassertemperatur-Beobachtungen gehen nur auf eine kurze Zeit, bis Herbst 1934, zurück, sodaß die angeführten Zahlen heute nur als allgemeine Orientierung dienen können und zur endgültigen Festlegung nicht ausreichen. Ohne Zweifel geht aber daraus hervor, daß zwischen Waldbestand und Grundwasser bezüglich der Temperatur eine enge Verbindung besteht.

c) Bedeutung der Wasserdampfströmung im Boden für dessen Wasserhaushalt.

Die wichtigsten Beziehungen zwischen Temperatur und Grundwasser sind jene, welche mit dem Kondensationsvorgang verknüpft sind. In der Einleitung unter „Besonderes“ haben wir schon auf diese Theorie hingewiesen und festgestellt, daß höchstwahrscheinlich sowohl die Kondensations- als auch die Versickerungstheorie zu Recht bestehen und zusammen „Hand in Hand“ wirken.

Die Vorstellung von der Wasserdampfkondensation ist in der Form, in welcher sie *Volger* (40.) zuerst ausgesprochen hat, heute schon, besonders durch die gründliche Arbeit von *Hann* (41.), hinfällig geworden. Auch *Mezger* (42., S. 320), der auf dieser Theorie weiter aufgebaut hat, sagt folgendes: „Solange man in der Luft den Träger des atmosphärischen Wasserdampfes sieht und demselben keine selbständige Bewegung zuerkennt, läßt sich die Kondensationstheorie, wie sie von *Volger* aufgestellt worden ist, mit den beobachteten Tatsachen nicht in Übereinstimmung bringen“. Auch *Mezger* verwirft also die *Volger*'sche Theorie der durch die Luftbewegung hervorgerufenen Wasserdampfkondensation und stellt dagegen die Theorie der durch die jeweiligen Spannungsgefälle bestimmten selbständigen Wasserdampfströmungen, welche, wie er sagt (35., S. 522), den Grundpfeiler seiner Grundwassertheorie bilden. Der Sinn dieser Lehre ist, daß der Wasserdampf die jeweilig herrschende Spannungsdifferenz auszugleichen bemüht ist, also von der höheren Spannungslage zu der niedrigeren strömt. Seine Bewegung ist nur durch den Luftwiderstand behindert. Wenn die herrschende Spannungsdifferenz nicht ausreicht, den Luftwiderstand zu überwinden, so wird der Dampf von der Luft mitgeführt, andernfalls erreicht er am Orte der niedrigeren Spannung seinen Taupunkt und kondensiert sich. Dieser Vorgang dauert so lange, als der vorhandene Spannungsunterschied zur Überwindung des Reibungswiderstandes ausreicht.

a) Gesetze der Wasserdampfströmung im Boden.

Die Geschwindigkeit der Bodenluftbewegung ist im Verhältnis zu dem im Boden gewöhnlich herrschenden Spannungsgefälle des Wasserdampfes zu gering, als daß die bewegte Bodenluft Wasserdampf mitreißen könnte. Von der Größe der Spannungsgefälle, die im Boden auftreten können, gibt die nachstehende Tabelle 6 eine Vorstellung:

Die Spannung, welche durch die Luftbewegung im Boden verursacht wird, kann nach *Mezger* (42., S. 320) nur einen Bruchteil von 1 mm Hg auf 100 m Entfernung betragen und es ist selbstverständlich, daß dadurch die verhältnismäßig großen Spannungsgefälle des Wasserdampfes (z. B. in Tabelle 6 auf 120 cm Entfernung 42 mm Hg) nicht zu überwinden sind. Hierzu

Tabelle 6.

Monatsmittel der maximalen Wasserdampfströmungen in der Bodenluft in mm Hg in Kecskemét (unter Zugrundelegung der durchschnittlichen Bodentemperatur der Jahre 1909—1920):

Tiefe in m		M o n a t											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0:30		5:3	5:1	7:4	10:4	13:6	17:4	19:6	19:1	14:7	10:4	7:1	5:9
1:20		6:7	6:3	7:2	8:6	10:9	14:1	15:4	15:9	14:4	12:0	9:4	7:3
Diff. nach	oben	1:4	1:2	—	—	—	—	—	—	—	1:6	2:3	1:4
	unten	—	—	0:2	1:8	2:7	3:3	4:2	3:2	0:3	—	—	—

müßte im Boden eine so starke Windströmung vorhanden sein, wie sie selbst in der atmosphärischen Luft keine alltägliche Erscheinung wäre. Die Bodenluftzirkulation unterstützt oder behindert die Wasserdampfströmung, je nachdem ihre Richtungen gleich oder entgegengesetzt verlaufen. Um aber die Wasserdampfströmungen entgegen ihren Spannungsgefällen mitzureissen, dazu werden die Luftströmungen nur ganz ausnahmsweise stark genug sein.

Wie wir schon erwähnten, ist der Wassergehalt der Luft durch ihre jeweilige Temperatur bestimmt und diese gibt auch die Größe und Richtung der Spannungsgefälle an, welche die Ursache der Wasserdampfdiffusion bilden. Die Bodentemperaturschwankungen sind nur bis zu 6—7 m Tiefe von praktischer Bedeutung; in 8 m Tiefe ist die Schwankung nur noch 1° C. Der Temperaturwechsel der obersten Bodenschichten (50 cm) ist sehr groß. Die Größe der Spannungsgefälle und ihre jahreszeitliche Strömungsrichtung, die durch das Temperaturgefälle bestimmt ist, wird in Abb. 3, in welcher das zur Budapester Bodentemperatur gehörige maximale Spannungsgefälle dargestellt ist, veranschaulicht.

Auf der Ordinate ist die Bodentiefe, auf der Abszisse die zugehörige (aus dem durchschnittlichen Temperatur-Monatsmittel der Beobachtungsperiode 1912—1931 berechnete) maximale Dampfspannung aufgetragen. Die zur atmosphärischen Luft gehörigen maximalen Dampfspannungen beziehen sich auf die von *Bacsó* (43., S. 5) aufgearbeitete mittlere Monatstemperatur in der Zeit von 1831 bis 1930. Diese Angaben sind von der Bodenoberfläche 180 cm (Beobachtungshöhe) entfernt eingezeichnet. Die benutzten Angaben der Bodentemperaturen beziehen sich also in ihrem Durchschnittswert auf einen viel kleineren Zeitraum als die Datenreihe der atmosphärischen Temperatur, wodurch sich eine gewisse Ungenauigkeit ergibt. Bei unserer Aufgabe — Veranschaulichung des zeitlichen Ver-

laufes der Dampfspannungsströmungen im Boden — kann dieser Fehler jedoch unbeachtet bleiben, weil die Berücksichtigung der zur Außenluft gehörigen maximalen Dampfspannung nur dem Zwecke dient, die Richtung der Dampfspannungskurve oberhalb des Bodens anzugeben. In diesem Falle ist es viel günstiger, sich auf eine längere und daher sicherere Datenreihe zu stützen, als auf eine kleinere und daher ungleichmäßigere.

Aus der Kurvenführung können wir schon auf den ersten Blick ersehen, daß die Dampfströmungen des Bodens im Januar, Februar, März und Dezember von unten nach oben (Winterströmung) und in den Monaten Juni, Juli, August von oben nach unten (Sommerströmung) gerichtet

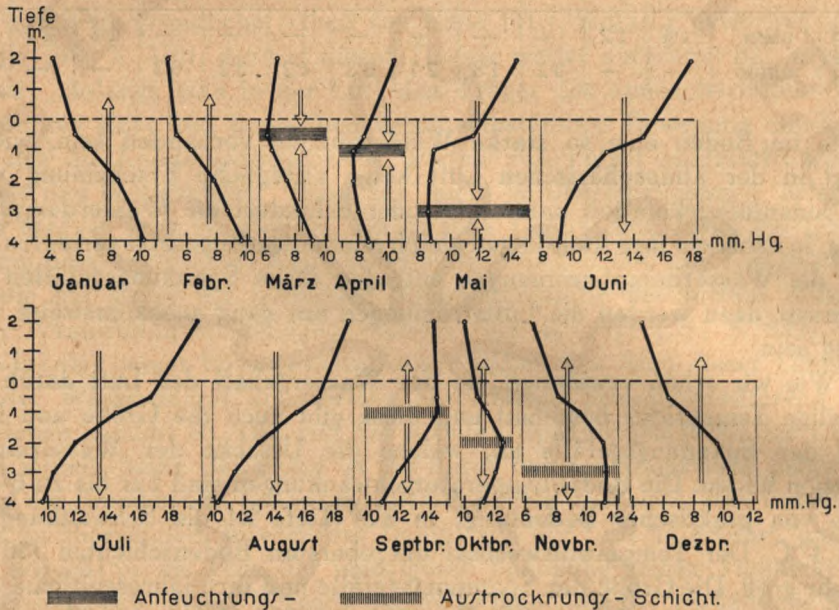


Abb. 3.

Jahreszeitlicher Verlauf der Wasserdampfströmung im Boden.

sind. Die nach oben verlaufende Strömung ist am stärksten im Dezember (6,2 mm) und Januar (6,0 mm), die nach unten verlaufende im Juli (9,9 mm) und August (8,6 mm). Eine ähnliche Gesetzmäßigkeit ergibt sich auch aus Tabelle 6. Die Strömung fließt auch hier im Winter von unten nach oben, im Sommer von oben nach unten. Interessant ist der Verlauf der Dampfströmungen in den Übergangszeiten. Hier treten im Bodenprofil zwei zueinander gegensinnig verlaufende Strömungen auf, welche im Frühjahr (März, April, Mai) durch die Zone der kleinsten Dampfspannung und im Herbst (September, Oktober, November) durch die Zone der größten Dampfspannung voneinander getrennt sind. Daher laufen die Dampfströmungsrichtungen in der Frühjahrszeit zueinander, im Herbst auseinander,

weil die Dampfströmung immer von der größeren zur kleineren Spannung strebt.

Es ist selbstverständlich, daß die Dampfströmung vor allem mit den Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens im engsten Zusammenhang steht, weil im Boden jede Verdampfung eine Verminderung, jede Kondensation ein Ansteigen der Bodenfeuchtigkeit mit sich bringt. Daher können wir vom Gesichtspunkt der Dampfströmungstheorie aus mit Recht die im Frühjahr vorhandene Zone der kleinsten Dampfspannung als „Anfeuchtungsschicht“ und die im Herbst vorhandene Zone der größten Dampfspannung als „Austrocknungsschicht“ bezeichnen. Wie aus den Graphika hervorgeht, verändern sowohl die „Anfeuchtungs-“, als auch die „Austrocknungszone“ ihre Lage nach den jeweiligen meteorologischen Verhältnissen und verschieben sich ständig vom Beginn der Übergangsperiode ab. Ihre jahreszeitliche Lage ist im obigen Beispiel etwa folgende:

	Feuchte Zone		Trockene Zone
März	50 cm	September	100 cm
April	100 cm	Oktober	200 cm
Mai	300 cm	November	300 cm

Selbstverständlich ändert sich die Lage der beiden Zonen mit den klimatischen Verhältnissen. Außer Zweifel dürfte jedoch stehen, daß diese „feuchte“ und „trockene“ Zone im Wasserhaushalt des Bodens und damit im Pflanzenleben eine außerordentlich wichtige Rolle spielen.

Fast gleiche Ergebnisse lassen sich aus den Untersuchungen von *Mezger* (44.) und *Lebedev* (45.) erschließen. *Mezger* hat in ähnlicher Weise ein dreißigjähriges Bodentemperaturmittel von München bearbeitet und daraus die theoretischen Ergebnisse gezogen. *Lebedev* hat Kondensationsmessungen in Wirklichkeit durchgeführt und auf die große Wichtigkeit der mit der Bodentemperatur verbundenen Dampfströmungen hingewiesen. Ihre Angaben sind so einzig dastehend und spiegeln so klar die Bedeutung der Dampfströmung im Wasserhaushalt des Bodens wider, daß wir dies noch kurz behandeln müssen.

Die Untersuchungen von *Lebedev* in Rostov/Don (Nordkaukasien) beweisen das tatsächliche Auftreten der sommerlichen und winterlichen Dampfströmung. Für die durch sommerliche Dampfströmung verursachte Wasserdampfkondensation im Boden hat er im Jahre 1928 vom 23. Juli bis 4. August folgende Werte gefunden (45, S. 103):

Bodentiefe in cm	Durch Kondensation entstandene Wassermenge in gr
10—15	12'18
35—40	6'23
55—60	5'04

Hieraus ist die von oben nach unten gerichtete sommerliche Dampfströmung klar ersichtlich, ebenso die Tatsache, daß ihre Wirkung mit der Tiefe ständig abnimmt.

Die von unten nach oben gerichtete winterliche Dampfströmung verringert die Bodenfeuchtigkeit. Dies zeigen die Versuche *Lebedevs* vom 26. Oktober bis 9. November 1928 (45. S. 105):

Bodentiefe in cm	Durch Verdampfung erfolgte Wasserverringering in gr
10—15	2'88
35—40	3'23
55—60	2'01

Lebedev hat nicht die zwei zueinander entgegengesetzt gerichteten Dampfströmungen der Übergangszeiten erkannt und auch die Messungsergebnisse dieser Zeitspannen auf die Rechnung der sommerlichen bzw. winterlichen Wasserdampfzirkulation gesetzt. Das führt zu einem falschen Ergebnis, weil, wie wir gesehen haben, zwischen den Dampfströmungen in den Übergangszeiten ein wesentlicher Unterschied besteht, der in seiner Wirkung berücksichtigt werden muß. Daß sich dies tatsächlich so verhält, zeigen die obenstehenden Ergebnisse von *Lebedev*, indem die mittlere Schicht (35—40 cm; 3'23 gr Wasserverringering) die „Austrocknungszone“ darstellt, wo die Wasserdampfströmung entgegengesetzt hinauf und hinunter steigt. Wenn die von *Lebedev* erhaltenen Ausschläge nur durch die winterliche Dampfströmung bestimmt wären, so müßten sie von unten nach oben ständig kleiner werden.

Die Graphika von Fig. 3 zeigen auch, daß die Freilufttemperatur die Wasserdampfströmungen in beträchtlichem Maße beeinflusst. Erwärmung steigert die nach unten gerichtete Dampfströmung und verringert die nach oben gehende; Abkühlung bewirkt das Gegenteil.

Bei der Wasserdampfzirkulation müssen wir noch eine Tages- und eine Nachtphase unterscheiden, welche im allgemeinen gegensätzlich zueinander verlaufen. Dies veranschaulichen die nachstehenden Daten, die sich auf die durchschnittlichen Monatswerte der Bodentemperatur von Sopron-Brandmajor im Jahre 1935 beziehen. In der Tab. 7 sind nur die, die einzelnen Jahreszeiten kennzeichnenden Monate angegeben.

Diese Angaben verdeutlichen, daß die Tagesströmung ähnlich der sommerlichen von oben nach unten und die Nachtströmung gleich der winterlichen von unten nach oben gerichtet ist. Eine Ausnahme bildet der Monat Januar, in welchem Tages- und Nachtströmung gleich laufen, nämlich von unten nach oben. Diese Ausnahme liegt in der relativ stärkeren Abkühlung der obersten Bodenschicht begründet. Das läßt darauf schließen, daß die tageszeitliche Wasserdampfzirkulation sich wahrscheinlich auch mit

Tabelle 7.

Gang der Dampfströmung bei Nacht und bei Tag:

Tiefe in cm		Wasserdampfdruck in mm Hg							
		Januar		April		Juli		Oktober	
		Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag
5		4·6	4·7	7·1	10·5	17·6	29·9	9·8	13·6
30		5·4	5·4	8·0	7·9	20·2	19·9	11·9	11·8
Diff. nach	oben	0·8	0·7	0·9	—	2·6	—	2·1	—
	unten	—	—	—	2·6	—	10·0	—	1·8

den verschiedenen Klimazonen verändert. Im kalten Gebiet wird die Nachtströmung, im wärmeren die Tagesströmung vorherrschend sein.

β) Praktische Auswirkungen der Dampfströmungen.

Nach der oben behandelten Gesetzmäßigkeit der Dampfströmungen müßte das Grundwasser im Sommer steigen und im Winter fallen. Tatsächlich ist aber das Gegenteil der Fall. Durch diese Gegensinnigkeit könnte man zu der Annahme verleitet werden, daß die Wasserdampfkondensation für den Grundwasserhaushalt keine Bedeutung hat. Diese Schlußfolgerung würde aber die Tatsache außer acht lassen, daß die Wasserbilanz gleichzeitig durch mehrere Faktoren (Bodenfeuchtigkeit, Wasserverbrauch der Vegetation, Verdunstung) bedingt wird, deren Zusammen- und Gegenspiel sich im jeweiligen Grundwasserstand widerspiegelt. Im allgemeinen ist der Wasserverbrauch im Sommer viel größer als im Winter. Die Ausgabeposten des Sommers sind so groß, daß sie durch die Niederschlags- und Bodentaumengen, welche die winterlichen um das Mehrfache übertreffen, nicht gedeckt werden können; es muß daher auf den Grundwasservorrat zurückgegriffen werden, was eine Senkung des Grundwasserspiegels verursacht. Diese Senkung wäre aber noch größer, wenn der Bodentau die Wasserbilanz nicht verbessern würde.

Im besonderen ist zu bedenken, daß in der Bodenluft die Dampfspannung, welche Stärke und Richtung der Dampfströmung angibt und dadurch die Kondensation bestimmt, neben der Bodentemperatur auch durch den Grad der Bodenfeuchtigkeit beeinflusst wird. Wenn die obere Bodenschicht trockener ist als die untere, so kann im extremen Fall während kurzer Zeit der Wasserdampf wegen der größeren Absorptionsfähigkeit des Bodens von seiner Sättigung soweit entfernt sein, daß seine Spannkraft geringer ist als die des gesättigten Wasserdampfes in den tieferen und kühleren Schichten. In diesem Fall muß der Wasserdampf von unten

nach oben strömen. Dies kann bei sehr großer Sommerhitze und geringer Luftfeuchtigkeit (in der ariden Klimazone) vorkommen. Ebenso kann im Winter eine mit der Jahreszeit im Widerspruch stehende („sommerliche“) Wasserdampfströmung vorkommen. Dies läßt sich am besten bei Tauwetter beobachten, wenn zwischen dem Wasserdampf an der Bodenoberfläche und dem Wasserdampf im Boden ein nach unten gerichtetes starkes relatives Spannungsgefälle herrscht. Derartige Spannungsgefälle müssen eine sehr lebhaft, nach der Tiefe gerichtete Dampfströmung hervorrufen und demgemäß bemerken wir ein plötzliches und relativ starkes Ansteigen des Grundwassers. Gut veranschaulicht dies die in Abb. 1 dargestellte Grundwasserkurve vom 23.—31. Januar. Das am 18. Januar in sinkender Tendenz aufgenommene Grundwasser steigt ab 23. Januar plötzlich stark auf, ohne daß dies durch die Niederschlagsverhältnisse begründet wäre. Im Gegenteil sehen wir, daß das Grundwasser trotz des am 27. und 28. Januar gefallen Niederschlages von 1'0 und 1'3 mm plötzlich sinkt. Der am 23. Januar einsetzende Anstieg des Grundwassers läßt sich nur durch Wechsel der Dampfströmung von winterlicher zu sommerlicher erklären. Hierüber gibt die Tabelle 8 Aufschluß.

Ein Vergleich der Angaben dieser Tabelle mit dem in Abb. 1 aufgezeichneten Verlauf des Grundwasserstandes in der gleichen Zeit ergibt, daß der unvorhergesehene Anstieg des Grundwassers auf den durch das Tauwetter hervorgerufenen Wechsel von winterlicher (von unten nach oben) zu sommerlicher (von oben nach unten gerichteter) Dampfströmung zurückzuführen ist. Bei Wiederkehr der dieser Jahreszeit entsprechenden Dampfströmung fällt das Grundwasser wieder.

Bei Frostwetter geht die „sommerliche“ Dampfströmung wieder zurück, weil dann die Dampfspannung im Boden größer ist als an der Bodenoberfläche und die Dampfströmung infolgedessen von innen nach außen gerichtet ist. Wenn Schneefall eintritt, sinkt das Grundwasser ständig. Schnee hat eine isolierende Wirkung und schließt die äußere Luft von der Bodenluft ab, wodurch die Dampfströmung aufhört und im Grundwasser ein Ruhestand eintritt.

Die Einsickerung des Niederschlages in den Boden muß durch die Dampfströmung mehr oder weniger beeinflusst werden. Da die mit Wasser gefüllte Bodenschicht luftundurchlässig wird, kann es vorkommen, daß die durch den Niederschlag abgesperrte und durch den hydrostatischen Druck zusammengepreßte Bodenluft für eine gewisse Zeit die Einsickerung hemmt und damit die Verdampfungs- und Abflußmöglichkeit erhöht.

Wenn der Niederschlag wärmer ist als der Boden, so tritt von der durchfeuchteten Bodenschicht aus nach unten eine „sommerliche“ Wasserdampfströmung ein, welche den Wasserdruck vermindert; der Gleichgewichtszustand ist gestört, die Bodenluft durchdringt an Stellen des ge-

Tabelle 8.
Dampfströmungsverhältnisse vom 22. bis 31. Januar 1935 in
Sopron-Brandmajor.

T a g		22			23			24			25			26		
Beobachtungsstunde		7	14	21	7	14	21	7	14	21	7	14	21	7	14	21
Dampfspannung (mm Hg)	Atm. Luft	2.1	4.9	4.4	4.3	5.5	5.1	6.5	6.8	6.3	4.6	6.5	6.3	6.2	6.7	5.0
	Bodenluft in 30 cm Tiefe	4.9	5.1	4.9	4.9	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
Differenz nach	oben	2.8	0.2	0.5	0.6	—	—	—	—	—	0.3	—	—	—	—	—
	unten	—	—	—	—	0.7	0.3	1.7	2.0	1.5	—	1.6	1.4	1.3	1.8	0.1

T a g		27			28			29			30			31		
Beobachtungsstunde		7	14	21	7	14	21	7	14	21	7	14	21	7	14	21
Dampfspannung (mm Hg)	Atm. Luft	4.9	5.2	5.0	5.1	5.3	4.3	4.1	4.5	4.0	3.8	4.0	3.8	5.2	4.6	4.3
	Bodenluft in 30 cm Tiefe	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0	4.9	5.0	4.9	4.9
Differenz nach	oben	—	—	—	—	—	0.6	0.8	0.4	1.0	1.2	1.0	1.1	—	0.3	0.6
	unten	—	0.3	0.1	0.2	0.4	—	—	—	—	—	—	—	0.2	—	—

ringsten Widerstandes die Wasserschicht und gibt der Einsickerung Raum. In diesem Falle unterstützt die Wasserdampfströmung nicht nur die Einsickerung des Niederschlages in den Boden, sondern beschleunigt noch diesen Vorgang dadurch, daß sie die Durchfeuchtung der unteren Bodenschichten vorbereitet.

Ist aber der Niederschlag kälter als der Boden, so beginnt eine „winterliche“ Dampfströmung, welche zugleich mit der Spannung der eingepreßten Bodenluft die Einsickerung erschwert. In diesem Fall kommt der Niederschlag vorwiegend zunächst den oberen Bodenschichten zugute und unterliegt nach deren Absättigung dem oberirdischen Abfluß.

Aus dem oben Gesagten läßt sich der Schluß ziehen, daß die jeweilige Niederschlagstemperatur vom Gesichtspunkt des Wasserhaushaltes des Bodens aus von großer Bedeutung ist. Es wäre daher trotz der methodischen Schwierigkeiten sehr erwünscht, wenn auch dieses Element in den Kreis der meteorologischen Beobachtungen einbezogen werden könnte.

Durch die Dampfströmung wird die Einsickerung des Niederschlags im Frühjahr begünstigt und im Herbst gehemmt. Deshalb kommt dem Frühlingsniederschlag im Wasserhaushalt des Bodens die größere Bedeutung zu. Im allgemeinen versorgt der Herbstniederschlag das oberirdische Wasser.

Die hydrologische Bedeutung der obersten Bodenschicht kennzeichnet *Lebedev* mit folgenden Worten (50., S. 5): „Dank ihr verliert der Boden durch den Prozeß der Verdampfung nicht nur weniger Wasser, sondern gewinnt solches noch in der trockenen Jahreszeit . . .“ Nach seinen Angaben (50., S. 4) schwankt in Odessa die Intensität der Kondensation in den einzelnen Nächten in mm-Niederschlägen ausgedrückt von 0'10 bis 0'63 mm. *Lebedev* rechnet auf ein Jahr 156 Kondensationstage. Der Boden gewinnt also durch Kondensation jährlich 16—97 mm Niederschlag. Diese Angaben beziehen sich auf Steppengebiete mit einem jährlichen Niederschlag von nur 400—450 mm. Gerade hier, wo das Wasser der das Pflanzenwachstum begrenzende Minimumfaktor ist, erlangt die durch Kondensation gebildete Wassermenge große Bedeutung.

Von Forschern, die auf die Bedeutung des Kondensationswassers für das Pflanzenleben hinweisen, müssen noch erwähnt werden *Schleiden* (250., S. 619), *Knop* (215., S. 301) und *Chaptal* (201., S. 645). Nach den Angaben *Chaptals* ist die Menge des durch Kondensation gebildeten Wassers gleich einer Schicht von 1—2 mm täglich oder 45 mm monatlich. Vom waldbaulichen Standpunkt aus betont Prof. *Fabricius* in seinen Vorlesungen die Wichtigkeit des „Bodentaus“ als eines Nothelfers in Zeiten der Trockenheit. Das Kondensationswasser ist besonders in ariden und semiariden Gebieten ein umso wertvollerer Zuschuß zum geringen Niederschlagswasser, als es den Pflan-

zen gerade in der wasserarmen Jahreszeit beinahe täglich zur Verfügung steht, wodurch der Schaden der Dürre bedeutend verringert werden muß. Hieraus erklärt sich auch, daß die Pflanzenvegetation in der ungarischen Tiefebene eine mehrere Monate lange Dürre überstehen kann.

Die tageszeitliche Veränderung der Dampfströmung spielt eine große Rolle für die Pflanzenvegetation der semiariden Klimazone. Die nächtliche Dampfströmung wirkt sich so aus, daß es den Anschein hat, als ob der Boden begossen worden wäre und die Tagesströmung verhindert die allzu schnelle Austrocknung, weil das bei Nacht kondensierte Wasser tagsüber nach innen verdampft.

Unsere obigen Ausführungen zeigen, wie wichtig die Dampfströmungen im Wasserhaushalt des Bodens sind. Sie wirken als Regulator, welchem die Aufgabe obliegt, die Gegensätze zu mildern und zu verhindern, daß das Gleichgewicht sich zu einseitig nach einer der beiden möglichen Richtungen (feucht \rightleftharpoons trocken) verlagert. Bis in den Sommer hinein nimmt die nach unten gerichtete Strömung den Kampf gegen die Austrocknung des Bodens auf, während im Winter die nach oben gerichtete Strömung gegen die übermäßige Durchfeuchtung ankämpft. Der Dampfströmung ist es zu verdanken, daß im Wasserhaushalt der Natur keine „Sprünge“ vorkommen, worunter die auf „maßvolle“ Gleichgewichtsverhältnisse eingestellte Pflanzenwelt stark zu leiden hätte. Es hat geradezu den Anschein, als ob auch im Wasserhaushalt *Le Chatelier's* Gesetz des Widerstandes der Rückwirkung gegen die Wirkung*) gilt.

Nach Darlegung der besonderen Aufgaben der Wasserdampfströmung im Boden muß noch einmal betont werden, daß ihre Bedeutung weniger in der mengenmäßigen Wasserbildung, die im Verhältnis zum Niederschlag ja nur gering ist, sondern vielmehr darin liegt, daß das Kondensationswasser den Pflanzen über kritische Trockenzeiten hinweghilft.

γ) Die Luftfeuchtigkeit als mitwirkender Faktor im jährlichen Gang des Grundwasserstandes im Alföld.

Mit dem Temperaturwechsel verändert sich nicht nur der Feuchtigkeitsgehalt der Bodenluft, sondern auch jener der atmosphärischen Luft. Weil die Wasseraufnahmefähigkeit der Luft mit ihrer Temperatur zusammenhängt, ist es möglich, bei Kenntnis des Dampfgehaltes der Luft ihren Trockenheits- bzw. Feuchtigkeitsgrad zu bestimmen. Hieraus ergibt sich ein guter Maßstab für den „Dampfhunger“ der Luft. Im allgemeinen wird ihr Wassermangel angegeben durch den relativen Feuchtigkeitsgehalt, welcher prozentual den jeweiligen Sättigungsgrad bei der betreffenden Temperatur anzeigt. Ein besser geeigneter Maßstab ist jedoch das so ge-

*) „Loi d'opposition de la réaction à l'action“ (46., S. 200).

nannte Sättigungsdefizit, welches die tatsächliche Größe des „Dampfhungers“ angibt. Das Sättigungsdefizit ist auch für die Verdunstungsvorgänge in der Natur ein guter Anzeiger, weil der Verdunstungsgrad mit dem Sättigungsdefizit nahezu in gleichem Verhältnis steht. Es darf hierbei aber nicht übersehen werden, daß mit dem Ausdruck „Sättigungsdefizit“ gewöhnlich der Fehlbetrag vom Maximum der Spannkraft bei der herrschenden Lufttemperatur gemeint ist, während die Verdunstungsgeschwindigkeit des Wassers von der Spannkraft des Dampfes über der verdunstenden Oberfläche abhängt, mit anderen Worten also nicht durch die Lufttemperatur, sondern durch die Temperatur der verdunstenden Oberfläche bestimmt ist. Dieser Unterschied ist hier aber nicht von besonderer Wichtigkeit und kann übergangen werden.

Der Wasserdampfgehalt der Luft hat im Haushalt des Grundwassers zwei wichtige Aufgaben; die eine hängt mit der Wasserdampfzirkulation, die andere mit der Auswirkungsmöglichkeit des Niederschlages zusammen.

Aus den Ausführungen des vorhergehenden Abschnittes ergibt sich, daß der Dampfgehalt der atmosphärischen Luft die Wasserdampfzirkulation im Boden sehr beeinflussen muß. Die Wirkung wechselt mit den Jahreszeiten. Im allgemeinen verringert der tägliche Gang des Sättigungsdefizits die Tagesströmung und steigert die Nachströmung. Durch den jährlichen Gang des Sättigungsdefizits nimmt die nach unten gerichtete Frühjahrs- und Sommerströmung ab, während die nach oben gerichtete Herbst- und Winterströmung gesteigert wird.

Die Auswirkung von Niederschlag und Sättigungsdefizit auf das Grundwasser stellt Keilhack (19., S. 198) nach Soyka in 2 Typen dar:

1. Bei viel Niederschlag und geringerem Sättigungsdefizit im jährlichen Gang ist die Wirkung des Niederschlages vorherrschend.
2. Bei wenig Niederschlag und hohem Sättigungsdefizit paßt sich die jährliche Schwankung des Grundwasserstandes dem Sättigungsdefizit an.

Die Grundwasserschwankung in der ungarischen Tiefebene gehört nicht ausgesprochen zu einem dieser beiden Typen, sondern bildet einen Übergangstyp. Dies wird durch die Abbildungen 4 und 5 veranschaulicht, in welchen der jährliche Gang von Grundwasser, Niederschlag und Sättigungsdefizit in der Periode von 1922 bis 1935 in einer Doppeljahresdarstellung aufgezeichnet ist. Diese Darstellungsmethode hat bekanntlich den Vorteil, daß sie die Jahresperiode nicht willkürlich unterbricht und die Periodizität der Schwankungen viel besser hervortreten läßt als die Einjahresdarstellung.

Die zu unserem Beispiel ausgewählten Beobachtungsorte kennzeichnen die Verteilung von Niederschlag und Sättigungsdefizit in der ungarischen Tiefebene. Das jenseits der Theiß liegende Debrecen vertritt die Niederschlagszone von 550—600 mm und das zwischen Donau und Theiß gele-

gene Kiskúnfélegyháza ist charakteristisch für die 500—550 mm-Niederschlagszone (47., S. 30, 33). Die Niederschlagsverhältnisse von Kiskúnfélegyháza stellen einen Übergang dar zu den die östliche Klimazone kennzeichnenden Niederschlagsverhältnissen, deren Vertreter Debrecen ist.

—Grundwasser ---Sättigungsdefizit ---Niederschlag

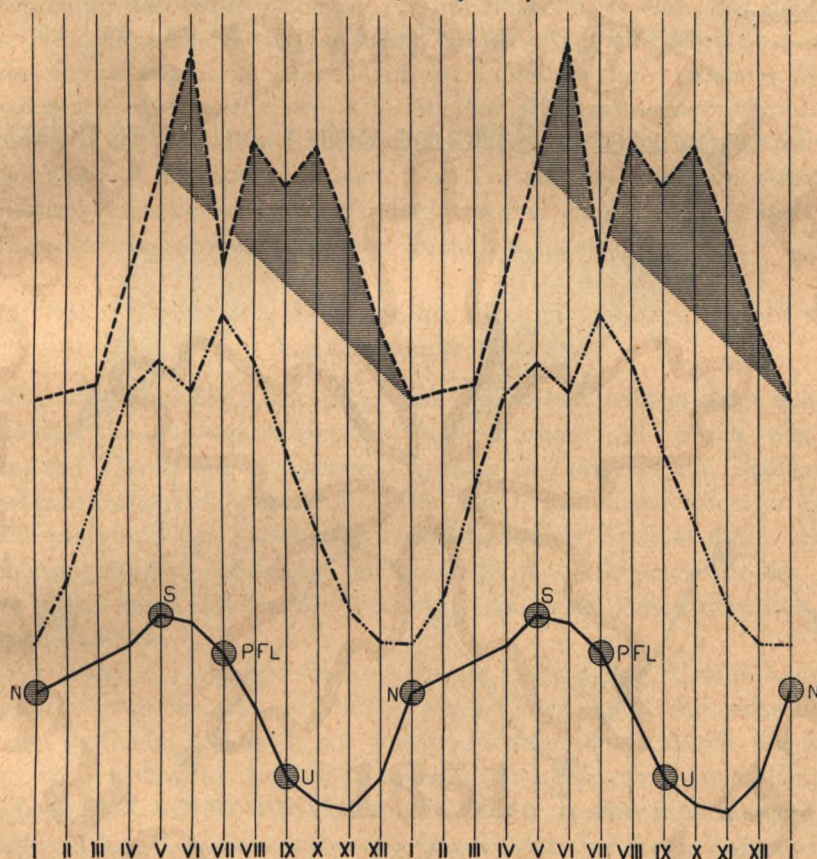


Abb. 4.

Doppeljahresperiode des Niederschlags, des Sättigungsdefizits und des Grundwasserstandes zu Debrecen.

Das Sättigungsdefizit dieser beiden Beobachtungsorte ist für die einzelnen Monate in Tabelle 9 angegeben.

Wir sehen, daß das Sättigungsdefizit von Kiskúnfélegyháza immer größer ist als das von Debrecen. Für die gesamten Alföld-Verhältnisse kann Debrecen als Vertreter des Minimumdefizits und Kiskúnfélegyháza als jener des Maximumdefizits gelten.

Tabelle 9.

Sättigungsdefizite von Debrecen und Kiskunfélegyháza.
(Durchschnitt der Periode von 1901—1930 in mm Hg).

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Debrecen . . .	0.5	0.6	1.4	2.6	4.0	4.5	5.3	4.7	3.0	1.6	0.8	0.5
Kiskunfélegyháza	0.6	0.9	1.8	3.0	4.5	5.4	7.9	6.8	4.8	2.0	1.0	0.7

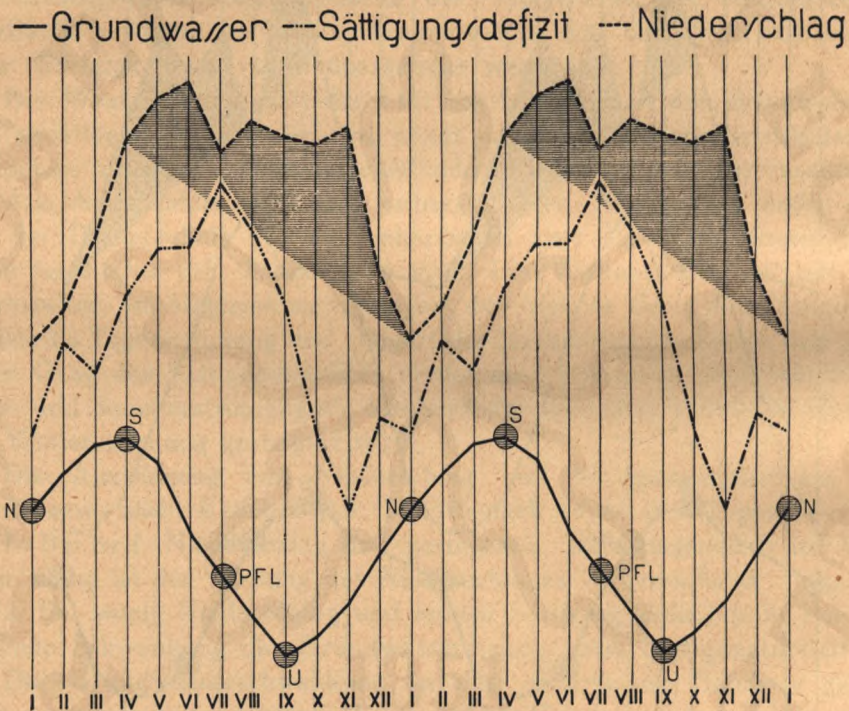


Abb. 5.

Doppeljahresperiode des Niederschlags, des Sättigungsdefizits und des Grundwasserstandes zu Kiskunfélegyháza.

Beim ersten Blick auf die Graphika könnte es den Anschein gewinnen, als ob Niederschlag und Sättigungsdefizit auf den Grundwasserstand keinen Einfluß ausübten, weil die Kulmination des Grundwassers stets dem Niederschlag vorangeht und auch der Gang des Grundwassers nicht auf das Sättigungsdefizit anspricht. Die Kurven lassen sich keinem der beiden oben erwähnten Typen unterordnen, was zu der Schlußfolgerung zwingt, daß die primäre Wirkung von Niederschlag (N) und Sättigungsdefizit (S) durch andere Einflüsse, wie Pflanzenwasserverbrauch (Pfl) und un-

terirdischen Wasserzufluß bzw. -abfluß (U) überdeckt wird. In den Graphika 4 und 5 sind jene Stellen der Grundwasserkurven, wo einer der eben erwähnten Faktoren gegenüber den anderen vorherrschend wird, durch schraffierte Kreise gekennzeichnet; die neben den Kreisen stehenden Buchstaben geben den vorherrschenden Faktor an.*)

Ab Januar bis zur Kulmination des Grundwassers (April, Mai) ist der Niederschlag der vorherrschende Faktor (Abschn. N—S). Mit dem Maximum übernimmt das Sättigungsdefizit die Führung und behält sie solange, bis das Grundwasser im Monat Juli zu sinken beginnt (Abschn. S—Pfl.). Im nächsten Abschnitt (Pfl.—U) ist der Pflanzenwasserverbrauch vorherrschend, der mit dem Rückgang der Vegetation im September seine überwiegende Einwirkung verliert. Der Verlauf des nächsten Abschnittes der Grundwasserkurven (U—N) findet seine Begründung in den besonderen ungarischen hydrologischen Verhältnissen.

δ) Das Grundwasser als Zeuge für die hydrologische Einheit des Karpathenbeckens.

Die orographische Gestaltung des Karpathenbeckens zeigt schon unzweifelhaft dessen wasserwirtschaftliche Einheit, die durch das Flußsystem der Theiß, des ureigensten Stromes des ungarischen Beckens, ihre charakteristische Prägung erhält. Die Theiß mit ihrem überaus geringen Gefälle innerhalb der Tiefebene ist ein klassisches Beispiel dafür, daß jede Beschleunigung des Abflusses im Oberlauf eines Stromes für das Gebiet seines Mittel- und Unterlaufes wasserwirtschaftlich außerordentlich schädlich sich auswirkt.

Als Folge der straffen hydrologischen Einheit des Alfölds hängen die jeweiligen Grundwasserverhältnisse eines Ortes nicht nur ausschließlich von den örtlichen Faktoren ab, sondern werden auch durch die klimatischen und hydrologischen Bedingungen des unterirdischen Einzugsgebietes beeinflusst. In den Abschnitten U—N der in den Abbildungen 4 und 5 dargestellten Grundwasserkurven überwindet das hydrologische Gleichgewichtsbestreben des ganzen Wassersammelgebietes den Einfluß der örtlichen Faktoren. Hierzu soll in Abbildung 6 ein anschauliches Beispiel gegeben werden.

Die auf dieser Zeichnung dargestellten Grundwasserstände liegen von Debrecen bis Beregszász beinahe in einer geraden Linie und ergeben so fast einen Querschnitt des Grundwasserhaushaltes durch das Wachstumsgebiet des sogenannten „Nyírség“. Die Graphika zeigen den monatlichen Durchschnittswert des Grundwasserstandes des Jahres 1933, dargestellt in

*) In den Abb. 4 und 5 sollen die schraffierten Flächenstücke schematisch jene Niederschlagsanteile andeuten, welche nicht mit dem Gang der Grundwasserkurven übereinstimmen.

einer Doppeljahresperiode. Wir haben zu unserem Beispiel gerade dieses Jahr gewählt, weil damals in den Monaten Juni und Juli der Wasserstand der Theiß durch starkes Hochwasser ungewöhnlich erhöht worden ist. Nach *Pogonyi* (48., S. 395) war dies seit 15 Jahren das mächtigste

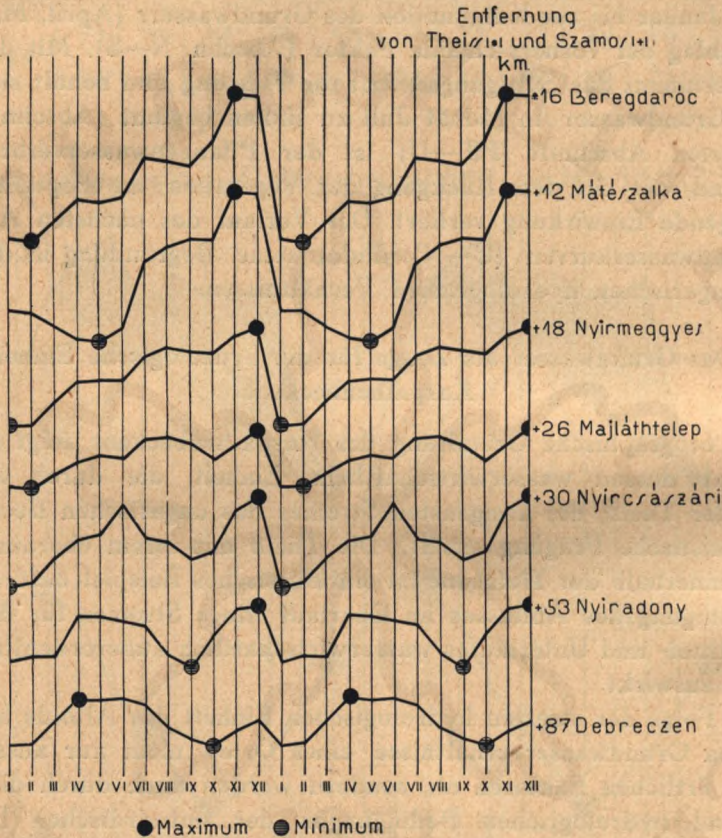


Abb. 6.

Beeinflussung des Grundwasserstandes durch das Sommerhochwasser von Theiß und Szamos im Jahre 1933.

Sommerhochwasser. Den Wasserstand, den Theiß und Szamos in Richtung unseres Querschnittes durch dieses Hochwasser erreicht haben, veranschaulicht die folgende Tabelle 10. Die Angaben zeigen den Durchschnittswert des monatlichen Wasserstandes (245., S. 61, 58), reduziert auf den kleinsten Wasserstand, in cm.

Wenn die Annahme eines hydrologischen Gleichgewichts innerhalb eines Wachstumsgebietes tatsächlich zutrifft, dann muß sich diese Hochwasserwelle auch im Grundwasserstand des neben diesen beiden Flüssen liegenden Nyírség bemerkbar machen. Nach der Abbildung 6 trifft dies

zu. Als Maßstab für die durch die Hochwasserwellen verursachten Grundwasserstandsänderungen sollen die Angaben der Tabelle 11 dienen.

Wenn wir die Normalwerte des Grundwasserstandes mit den Graphika der Abbildung 6 vergleichen, so tritt die starke Wirkung des Hochwassers klar hervor. An Stelle des Wellentales in der Herbstzeit ist jetzt ein Wellenberg vorhanden und dadurch hat sich das normale Frühjahrs-

Tabelle 10.

Wasserstand von Theiß und Szamos im Jahre 1933.
(reduziert auf den niedrigsten Wasserstand, in cm.)

Pegelstand	M o n a t											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Theiß bei Tivadar . . .	0	12	196	89	169	276	336	167	184	182	187	13
Szamos bei Nábrád . . .	0	50	166	111	250	217	222	72	91	64	89	98

Tabelle 11.

Normalwerte des Grundwasserstandes einiger Orte des Nyírség.
(Durchschnittliche Monatswerte der Jahre 1922—1935, auf den kleinsten Wasserstand reduziert, in cm.)

Beobachtungs-ort	M o n a t											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Beregdaróc . .	12	17	25	40	35	30	21	9	2	0	2	3
Mátészalka . .	14	17	26	36	27	23	17	9	4	0	5	8
Nyirmeggyes . .	15	22	36	45	44	35	25	13	5	0	2	5
Majláthtelep . .	18	20	25	29	28	22	14	5	2	0	8	13
Nyírcsászári . .	43	49	62	65	66	48	30	11	0	1	14	27
Nyiradony . . .	14	17	22	30	32	29	20	9	0	1	2	5
Debrecen	15	17	19	21	25	24	20	13	4	1	0	4

maximum auf November bzw. Dezember vorgeschoben. Dieser Wellenberg hat das normale Maximum bei Beregdaróc, 16 km von der Theiß entfernt, um 47 cm, jenes des von dem Flusse Szamos 53 km entfernt liegenden Nyiradony um 38 cm überstiegen. Es ist zu beachten, daß das aus den Graphika ersichtliche unregelmäßige Januar- und Februar-Minimum auf die Auswirkung des Hochwassers im Jahre 1922 zurückzuführen ist. Die Abbildung zeigt auch, wie der Einfluß des Hochwassers mit zunehmender Entfernung abnimmt. So können wir beobachten, daß der Gang des Grund-

wasserstandes, je größer die Entfernung vom Fluß wird, sich immer mehr dem normalen Verlauf nähert, und sich schon bei Debrecen ein Einfluß des Hochwassers nicht mehr bemerkbar macht.

Aus der Fernwirkung des Hochwassers auf das Grundwasser und ihrer räumlichen Abnahme darf wohl der Schluß gezogen werden, daß *das Grundwasser des Alfölds eine geschlossene hydrologische Einheit bildet*, aus deren *ganzheitlichem* Gleichgewichtsbestreben die mit den *örtlichen* hydrologischen Faktoren nicht übereinstimmenden Abschnitte U—N der Grundwasserkurven in den Abbildungen 4 und 5 erklärt werden können.

Zusammenfassend können wir sagen, daß hauptsächlich Niederschlag, Sättigungsdefizit, Wasserverbrauch der Pflanzen sowie unterirdischer Abfluß und Zufluß den jährlichen Gang des Grundwasserstandes bestimmen. So lassen sich bei jeder Grundwasserkurve die Abschnitte N—S, S—Pfl., Pfl.—U und U—N unterscheiden.

Das Nyírséger Beispiel gibt gleichzeitig eine Antwort auf die in der „C. R. E. D.“ (Commission du régime des eaux du Danube) im September 1931 in Venedig von dem tschechischen Vertreter aufgestellte Behauptung, daß zwischen den Niederschlagsverhältnissen der Karpathen und den Grundwasserverhältnissen der ungarischen Ebene gar kein Zusammenhang bestehe und infolgedessen die Karpathenniederschläge auf die in dem Wassersammelgebiet der Alfölder Flüsse betriebene Forstwirtschaft keinen Einfluß hätten (49., S. 7).

3. Atmosphärische Niederschläge.

Die wichtigsten Einnahmequellen des Grundwassers sind Regen, Schnee, Hagel, Graupel, Reif und Tau, ferner Bach-, Fluß-, See- und Meerwasser. Im allgemeinen entfällt auf Regen und Schnee der Hauptanteil. Der Niederschlag fließt zum Teil oberirdisch ab, ein anderer Teil verdunstet und ein Teil sickert in den Boden ein. Zwischen der Einverleibung von Regen und Schnee in den Boden besteht ein großer Unterschied. Während Regenwasser unmittelbar in den Boden einsickern kann, muß der Schnee zuvor schmelzen. Wenn die Schneeschmelze sehr schnell vor sich geht, oder der Boden gefroren ist, so fließt das Schmelzwasser oberirdisch ab und hat auf den Wasserhaushalt des Bodens keinen Einfluß. In diesem Falle entsteht nach einem schneereichen Winter Hochwassergefahr. Schmilzt dagegen der Schnee nur ganz allmählich, so sickert ein großer Teil des Schmelzwassers in den Boden ein und nur eine verhältnismäßig kleine Menge fließt oberirdisch ab. Es ist natürlich, daß die Einsickerungsgeschwindigkeit von den Bodenverhältnissen abhängt. Dichter Boden hemmt, lockerer fördert die Einsickerung. Ein und derselbe Nieder-

schlag wirkt sich z. B. im Tonboden ganz anders aus wie im Sandboden. Hierzu sagt Prof. Krauss, daß Lößboden ein Wachstumsgebiet nach dem ariden und Sandboden nach dem humiden Klima verschiebt.

Ein gutes Beispiel hierfür ist das sandige Gebiet zwischen Donau und Theiß und der tonhaltige Boden jenseits der Theiß. Die Zusammenhänge zwischen den Bodeneigenschaften und dem Wasserhaushalt des Bodens werden wir im III. Kapitel näher behandeln.

a) Das Grundwasser im Wasserhaushalt der Natur.

Die Aufstellung einer Bilanz des Wasserhaushaltes war schon vielfach Gegenstand der Forschung. [Penck (241.), Halbfass (242.), Ule (243.), Keller (244.), Fischer (51a., 51b.)] Im allgemeinen ging jeder Forscher davon aus, daß der Niederschlag gleich sei der Summe von Abfluß, Verdunstung und Versickerung. In einer Gleichung ausgedrückt heißt dies also: $N = A + Vd + Vs$. Das Arbeiten mit diesen Faktoren begegnet meist der Schwierigkeit, daß nur hinsichtlich $N - A$ und $N - Vd$ genaue Messungen zur Verfügung stehen und wir für Vs noch keine ausreichenden Angaben haben. Daher hat man den Wert von Vs gewöhnlich nur auf dem Wege $Vs = N - (A + Vd)$ indirekt in Rechnung genommen. Über eine auf diese Weise aufgestellte Bilanz des Wasserhaushaltes der Natur nach Fischer (51a., S. 267) gibt die folgende Tabelle 12 Aufschluß:

Tabelle 12.

Wasserhaushalt des Theißgebietes bis Szeged im Kreislauf des Jahres
(in mm Niederschlagshöhe).

	M o n a t											Im Winter- halbj.	Im Sommer- halbj.	Im Jahr	
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9				10
Niederschlag	53	42	40	38	41	50	70	95	95	75	55	56	264	446	710
Abfluß	11	12	12	12	22	32	26	22	18	12	8	9	101	95	196
Verdunstung	18	14	12	16	31	45	60	70	80	77	56	35	136	378	514
Rücklage . . +	24	16	16	10	—	—	—	3	—	—	—	12	66	15	81
Aufbrauch . . -	—	—	—	—	12	27	16	—	3	14	9	—	39	42	81

Diesen Angaben liegt die Annahme zu Grunde, daß im Wasserhaushalt der Natur ein absolutes Gleichgewicht vorhanden ist (Einnahme = Ausgabe). Wenn in einem Monat der Niederschlag größer ist, als abfließen oder verdunsten kann, so wird der Überschuß im Boden aufgespeichert. Im umgekehrten Fall muß die fehlende Menge aus vorher angesammelten Vorräten entnommen werden. Diese positiven oder negativen Ergebnisse

der monatlichen Bilanz des Wasserhaushaltes müssen selbstverständlich zur Vermehrung oder Verringerung der Grundwasservorräte führen. Verhielte sich dies nicht so, dann würde der Unterschied zwischen Niederschlag und Abfluß gleich der Verdunstung sein, in die der Wasserverbrauch der Pflanzen mit eingerechnet ist. Zwischen dem oberirdischen und dem unterirdischen Wasserschatz besteht ein weitgehender Austausch, woraus folgt, daß für die Wasserbilanz auch das Grundwasser von Bedeutung ist. „So schaltet sich“, wie *Grahmann* (230., S. 5) sagt, „das Grundwasser in den Kreislauf des Wassers ein, und das gibt ihm unter allen Bodenschätzen eine einzigartige Stellung, nämlich die Möglichkeit einer dauernden Entnahme in einem Umfange, der durch das Maß seiner Neubildung gegeben ist“. Man kann das Grundwasser als die Schatzkammer des Wasserhaushaltes ansehen. Es ist zu beobachten, daß in einem trockenen Jahr der Abfluß im Verhältnis zum Niederschlag größer ist, als in einem feuchten. Der in feuchten Jahren aufgespeicherte Grundwasservorrat ersetzt die Niederschlagsarmut trockener Jahre. — Aus obiger Tabelle geht weiter hervor, daß ein Ansteigen des Wassers hauptsächlich auf Verminderung der Verdunstung beruht. Ein wesentlicher Anteil hieran fällt auch dem Schnee zu, dessen Schmelzwasser meist das Sickerwasser erheblich steigert und daher in hohem Maße zur Auffüllung des Grundwassers beiträgt. Die Aufspeicherung im Winter ist als Ersatz für den Wasserverlust im Sommer vorgesehen. So gilt der Winter als Halbjahr der Ansammlung, der Sommer als das des Aufbrauches. Das Verhältnis von größerem Niederschlag und geringerem Abfluß im Sommerhalbjahr könnte die Vorstellung erwecken, daß im Sommer ein großer Teil des Wassers im Boden zurückgehalten werde und erst im Winter zum Abfluß komme. Dies stünde aber mit den allgemeinen Gesetzen der Grundwasserbewegung in Widerspruch. Der zureichende Grund für die starke Zurückdrängung des Abflusses im Sommer ist die große Verdunstung. *Mezger* (52., S. 241) hält die in obiger Weise aufgestellte Bilanz des Wasserhaushaltes für falsch, weil darin die durch Kondensation gebildete Wassermenge nicht berücksichtigt ist. Nach seiner Meinung wäre die oben benannte Gleichung folgender Abänderung zu unterwerfen: $N + K = A + Vd + Vs$ (K = Kondensationswasser).

Mezgers Einwand ist theoretisch zweifellos berechtigt. Es ist jedoch zu bedenken, daß uns einerseits heute noch keine sichere und ausreichend lange Datenreihe weder von K noch von Vd und Vs als Grundlage für eine exakte Rechnung zur Verfügung steht, andererseits aber der Wert von K im Verhältnis zu den anderen Gliedern der Gleichung so gering ist, daß K bei ungefährender Rechnung vernachlässigt werden kann.

Die Gesetze aus obiger Wasserhaushaltsbilanz müssen sich auch im Grundwasserhaushalt zeigen und zwar muß: 1. das Grundwasser im Halbjahr der Ansammlung höher stehen als im Halbjahr des Verbrauchs; 2.

muß die Folge eines wasserreichen Jahres eine Aufspeicherung, die eines trockenen Jahres ein Aufbrauch sein. Zunächst werden wir den Grundwassergang im Winter- und im Sommerhalbjahr betrachten. Zur Veranschaulichung dienen einige ausgewählte Beispiele aus der ungarischen Tiefebene. Die Angaben der Tabelle 13 zeigen die mittleren Monatswerte der Periode 1922 bis 1935, reduziert auf den tiefsten Grundwasserstand (in cm).

Tabelle 13.

Beispiele für den Gang des Grundwasserstandes im Winter- und Sommerhalbjahr (in cm).

Ort	Winterhalbjahr (W)						Sommerhalbjahr (S)						Summe		W - S
	12	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	W	S	
Kiskunhalas . . .	8	23	42	55	70	80	77	62	40	22	5	0	278	206	72
Öttömös	5	16	36	46	57	65	62	45	33	17	5	0	225	162	63
Nyiregyháza . . .	3	23	33	42	54	60	50	33	24	12	3	0	215	122	93

Die Tabelle bestätigt die Erfüllung der oben aufgestellten Forderung, daß das Grundwasser im Ansammlungshalbjahr höher stehen muß, als im Sommerhalbjahr. Die weiter folgende Tabelle 14 zeigt an einem Beispiel den Gang des Grundwasserstandes in einem *nassen* und in einem *trockenen* Jahr:

Tabelle 14.

Höchster und niedrigster Grundwasserstand von Csengőd (reduziert auf den mittleren Grundwasserstand der Periode 1922—1935) in cm.

	M o n a t												Durchschnitt
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Nasses Jahr 1926 . . . +	51	33	17	7	4	13	37	47	35	34	34	24	+ 28
Trockenes Jahr 1935 . . —	18	17	3	12	11	16	33	37	48	59	60	55	- 31

Aus dieser Tabelle können wir feststellen, daß der Grundwasserstand in dem nassen Jahr 1926 seinen normalen Wert um durchschnittlich 28 cm übersteigt und in dem trockenen Jahr 1935 durchschnittlich um 31 cm zurückgeblieben ist. Dies stimmt mit unserer Behauptung überein.

Aus dem Obengesagten geht hervor, daß der Grundwasserhaushalt von der Bilanz des oberirdischen Wasserhaushaltes abhängt. Hat letztere positiven Charakter, so zeigt der Grundwasserstand eine

steigende, bei negativem eine sinkende Tendenz. Wenn z. B. nach einem trockenen Jahr wieder einigermaßen normale oder gar überdurchschnittliche Niederschläge vorkommen, so wird in erster Linie der Grundwasserverlust ersetzt und der Abfluß ist viel geringer als unter normalen Verhältnissen. Erst wenn das Grundwasser bis zum normalen Stand aufgefüllt ist, erreicht der Abfluß wieder eine dem Niederschlag angemessene Höhe. Diese Tatsache verdeutlichen die Schraffierungen in den Graphika 4 und 5, welche schematisch die für den Grundwasserhaushalt verlorene Niederschlagsmenge aufzeigen. Auch die Feststellungen von *Ijjász* (5., S. 20) beweisen, daß der Grundwasserstand in Tieflandverhältnissen im allgemeinen mit der durchschnittlichen Niederschlagsmenge im Gleichgewicht steht, bis ein über- oder unterdurchschnittlicher Niederschlag für das Grundwasser einen Gewinn oder Verlust ergibt. Ersterer bedeutet ein Aufsteigen, letzterer ein Sinken des Grundwassers. Auch *Grahmann* (229., S. 443) kommt zu dem Schluß „... daß nur übernormal niederschlagsreiche Jahre in der Lage sind, das Defizit an Grundwasser zu decken, das durch Trockenperioden eingetreten ist.“ Nach den Beobachtungen im ungarischen Tiefland entfällt das Maximum des Grundwasserstandes auf niederschlagsreiche Jahre (1922/26/31) und das Minimum auf niederschlagsarme (1929/35).

Die Beziehungen zwischen Grundwasser und Flußwasser sind im Alföld sehr eng als Folge des eigentümlichen geologischen Aufbaues und der Boden- und Untergrundverhältnisse. Das hierüber Gesagte stellt dies deutlich heraus. Ebenso veranschaulicht es in Abbildung 8 die Kurve von Foktő, die den Grundwassergang in 80 m Entfernung von der Donau im Jahre 1923 darstellt. Ähnliche Ergebnisse zeigen die Beobachtungen von *Ijjász* (5., S. 18), wonach in 30 km Entfernung noch ein ausgesprochener Einfluß des Flußwassers sich bemerkbar macht.

b) Charakteristische Schwankungen des Grundwasserstandes in der Ungarischen Tiefebene.

Im Gang des Grundwassers machen sich klimatische und geologische Einflüsse bemerkbar. Hinsichtlich des Klimaeinflusses unterscheidet man nach *Koehne* (22., S. 46) zwei Haupttypen: den ozeanischen und den kontinentalen Typ.

Kennzeichnend für den *ozeanischen* Typ ist ein steiler Aufstieg im Herbst und ein langsames, gleichmäßiges Sinken des Grundwassers im Frühjahr. Der frostfreie Winter oder eine vorkommende nur kurze Frostperiode haben auf die Einsickerung des Grundwassers keine hindernde Wirkung für längere Zeit, wodurch der Grundwasserspiegel schon zu Beginn des Winters stark angehoben wird und mit zunehmender Verdunstung gegen Ende des Winters wieder gleichmäßig abfällt. Die Austrocknung des

Bodens im Sommer ist nur mäßig und daher der Senkungsgrad nicht groß.

Beim *kontinentalen* Typ dagegen verhindert der lange und strenge Winter die Einsickerung des hauptsächlich in Schneeform fallenden Niederschlages und bei eintretendem Tauwetter im Frühjahr bleibt zur Einsickerung nur wenig Zeit. Im Sommer wiederum wird der Boden so tief ausgetrocknet, daß einsickerndes Wasser nicht mehr zum Grundwasserspiegel gelangt. Der Verlauf des Grundwasserstandes bei diesem Typ unterliegt großen Schwankungen; im Vergleich zum ozeanischen Typ treten Minimum und Maximum verspätet ein.

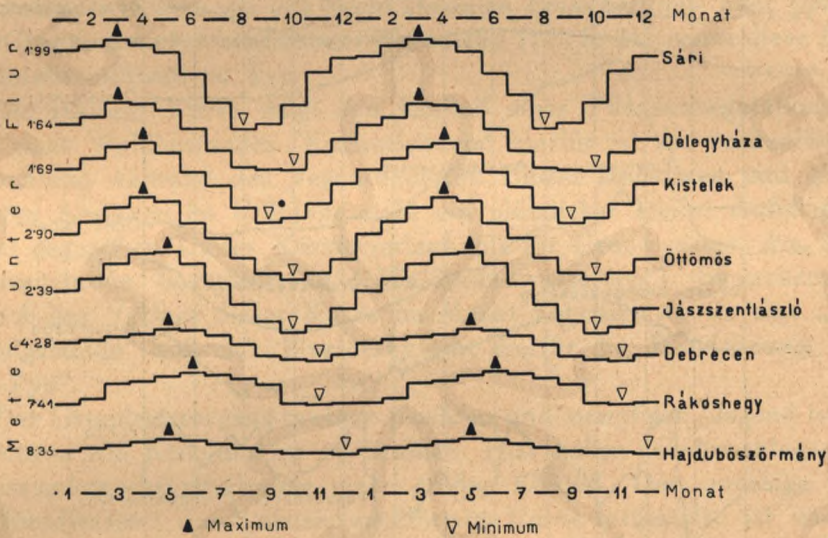


Abb. 7.

Charakteristischer jährlicher Gang des Grundwasserspiegels im Alföld (Monatsmittel 1922/23).

Den Grundwassergang in der ungarischen Tiefebene soll Abbildung 7 erläutern, in welcher, nach der Tiefe gestaffelt, der charakteristische Gang des Grundwassers einer Anzahl Brunnen in einer Doppeljahresperiode dargestellt ist. Die Angaben „Meter unter Flur“ beziehen sich auf die niedrigsten Wasserstände der betreffenden Brunnen.

Der Verlauf der Kurven zeigt im allgemeinen einen gemäßigten kontinentalen Typ. Von März bis Juni ist der höchste, von August bis Dezember der niedrigste Wasserstand. Mit der durch die Frühjahrserwärmung steigenden Verdunstung beginnt das Grundwasser vom Maximum erst langsam, dann verhältnismäßig schnell, aber gleichmäßig bis zum Minimum zu sinken. Der Aufstieg im Herbst tritt erst dann ein, wenn die Einsickerung gegenüber der Verdunstung einen solchen Grad erreicht, daß erstere den im Sommer ausgetrockneten Boden durchfeuchtet und darüber

hinaus noch Wasser an das Grundwasser abgibt. Dieser Vorgang ist bei hohem Grundwasserstand, wie z. B. bei Sári, Délegyháza, Kistelek, Öttömös, Jászszentlászló früh, bei niedrigem Grundwasserstand, wie z. B. bei Debrecen, besonders aber bei Rákoshegy und Hajdúböszörmény erst spät, gegen Ende des Winters, zu beobachten. Ähnlich wie das Absinken, erfolgt das Ansteigen des Grundwassers ganz gleichmäßig, nur in etwas

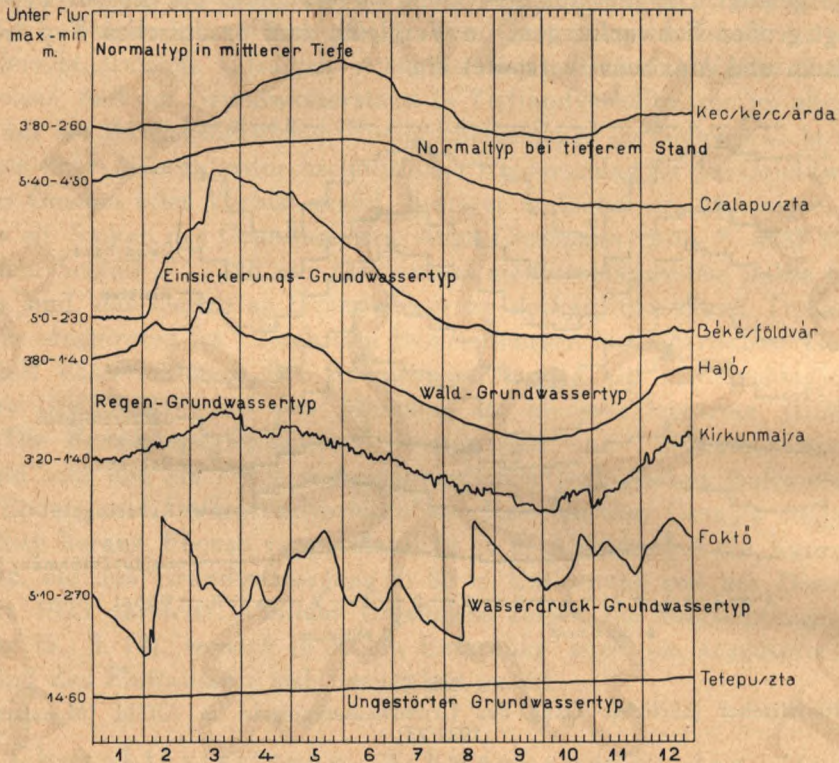


Abb. 8.
Haupttypen des Grundwasserganges.

kleineren Abstufungen. Aus den Kurven ist weiter ersichtlich, daß der klimatische Einfluß auf das Grundwasser mit der Tiefe abnimmt. Bei hohem Grundwasserstand folgen große, starke Wellen dicht aufeinander, bei tiefem Stand ist der Wellengang flach und lang ausgezogen.

Grundwasser, das tiefer als 12—14 m unter der Flur liegt, zeigt keine Jahresschwankungen mehr. Nach den Beobachtungen *Grahmanns* (229, S. 378) liegt in Nordsachsen diese Grenze zwischen 6—8 m.

Von den oben besprochenen Typen gibt es zahlreiche Abweichungen, welche durch die geologischen, hydrologischen, meteorologischen und durch die Pflanzenwachstumsverhältnisse der betreffenden Gegend bestimmt sind. Einige Haupttypen zeigt die Abbildung 8.

Die Kurven von Kecskéscsárda und Csalapuszta geben den Verlauf eines *mittleren* und eines *tiefen* Typs unter gemäßigttem kontinentalen Klima an.

In der Kurve von Békésföldvár sehen wir den Gang eines tiefliegenden Grundwassers unter einer Wassersammelmulde, für dessen Stand gerade die (hauptsächlich während des Spätwinters und Frühjahrs erfolgende) Einsickerung charakteristisch ist. Einem steilen Frühjahrsanstieg folgt ein verhältnismäßig sanfter sommerlicher Auslauf. Nach Beendigung der Infiltration verläuft die Kurve beinahe waagrecht. Diesen Gang des Grundwassers können wir mit Recht als einen *Einsickerungs-* oder *Infiltrations-Grundwassertyp* bezeichnen. Wyssotzky (12., S. 21) nennt diese Form den *quietiv-infiltrativen Typ*.

Die Hajóser Kurve zeigt den Einfluß einer Pflanzenvegetation und zwar eines Waldbestandes. Kennzeichnend hierfür ist die beckenförmige Einbuchtung während der Vegetationszeit: Einem langsamen und gleichmäßigen Absinken im Frühjahr steht ein plötzlicher steiler Aufstieg im Herbst gegenüber. Dieser Kurvenverlauf gilt für Grundwasser, das durch Baumvegetation beeinflusst ist („Waldgrundwassertyp“). Bemerkenswert ist noch der Verlauf dieser Kurve im Monat Februar, wo sie eine „Ausfrierungsmulde“ aufweist. Wyssotzky gibt hierfür die Bezeichnung „*Gelediv-Typ*“.

Der Grundwassergang in einer feuchten und sumpfigen Gegend ist aus der Kurve von Kiskúnmajsa zu ersehen. Hier haben Niederschlags- und Wasserverbrauchsverhältnisse einen großen Einfluß. Der unruhige Gang des Grundwassers, durch die zickzackförmige Kurve dargestellt, ist dadurch begründet, daß das Grundwasser infolge seines flachen Standes und der darüber liegenden feuchten Oberschicht auf alle äußeren Einflüsse, besonders aber auf die Niederschläge rasch anspricht. Der Niederschlag bewirkt so in der Hauptsache das unruhige Auf- und Absteigen des Grundwassers und wir können daher dieser Form die Bezeichnung „*Regen-Grundwassertyp*“ oder nach Wyssotzky „*Pluvial-Typ*“ geben.

Die Grundwasserkurve von Foktő steht unter dem Einfluß des jeweiligen Wasserstandes der Donau. Solche Typen, bei denen zwischen Fluß- und Grundwasser ein hydraulischer Zusammenhang besteht, nennen wir „*Wasserdruck-Grundwassertyp*“.

Der Grundwasserstand von Tetepuszta liegt so tief unter der Flur, daß er von aller klimatischen Beeinflussung frei ist und daher verhältnismäßig ruhig, gleichmäßig und fast ohne jeden Wellengang verläuft. Dies ist ein „*störungsfreier Grundwassertyp*“ oder nach Wyssotzky „*Quietiv-Dispulsiv-Typ*“.

Die hier aufgezählten Beispiele sind nur ein kleiner Bruchteil aus der reichen Mannigfaltigkeit, die der zeitliche Verlauf des Grundwasserstandes

in Wirklichkeit aufzeigt. Fast jede einzelne Beobachtungsstelle weist eine besondere Eigentümlichkeit auf. Die Vielseitigkeit der Erscheinungen läßt sich dadurch erklären, daß das Grundwasser gleichzeitig unter einer ganzen Anzahl verschiedener Einwirkungen steht, deren Resultante seinen eigentümlichen Spiegelgang bestimmt.

II. Grundwasser und geohydrologische Verhältnisse der Ungarischen Tiefebene.

Vom physikalischen Gesichtspunkt aus ist jedes Gestein fähig, bis zu einem gewissen Grade Wasser in flüssiger Form aufzunehmen, bzw. weiterzuleiten. Das Ausmaß der Wasseraufnahme und -weiterleitung hängt von der Gestalt, der Größe und der Anordnung der Hohlräume im Gestein ab. Mit der Menge und Größe der Hohlräume nimmt auch die Wasserdurchlässigkeit zu. Praktisch gesehen ist es meist gleichgültig, zu welcher geologischen Formation die wasserführende Schicht und die wassertragende Sohle gehören. Viel wichtiger ist ihre Entstehung und ihre damit verbundene Korngrößenzusammensetzung (Textur) und Lagerung (Struktur). In dieser Beziehung haben in erster Linie die Sedimentgesteine die größte Bedeutung, während die Eruptiv- und Metamorphgesteine weniger wichtig sind. Letztere spielen im Grundwasserhaushalt der Tiefebene keine Rolle.

1. Kurzer Überblick über den geologischen Aufbau der Ungarischen Tiefebene.

Mit den geologischen Verhältnissen des Alfölds können wir uns nur skizzenhaft und in solchem Rahmen beschäftigen, wie es für den vorliegenden Zweck notwendig ist.

Für den geologischen Aufbau des Tieflandes ist von besonderer Bedeutung das sogenannte Tisiamassiv, welches sich in der Triaszeit von dem kambrischen Gebirgssystem losgelöst hat.

Dieses Massiv begann in der mittleren Triaszeit langsam zu sinken und so entstand das heutige ungarische Becken. Diese Senkung hatte zur Folge, daß das Meer das ganze Becken überflutete und das sogenannte Tisia-Meer entstand. Bei der Bildung der großen europäischen Gebirgssysteme verlor das Tisia-Meer seine Verbindung mit der offenen See und wurde zum Süßwasser-Binnensee. Dieser sogenannte Levante-See breitete sich anfangs über das ganze Gebiet des heutigen Tieflandes aus, fand später infolge tektonischer Einflüsse im „Eisernen Tor“ einen Abfluß, wurde in der Folge immer kleiner und löste sich schließlich in eine Gruppe kleinerer Seen auf, die von den Ablagerungen der Flüsse rasch verlandet wurden. Auf

diese Weise kam die Oberfläche des heutigen Tieflandes zustande. Der innere Aufbau des Tieflandes zeigt natürlich in auffallender Weise den Entstehungscharakter. Das Becken ist eine große Absenkungsfläche mit plattenförmigem, einheitlichem Aufbau; die Oberfläche ist mit Sedimenten bedeckt. Das Diluvium des Tieflandes ist ungewöhnlich stark, an einigen Stellen mehrere 100 m und von mächtigen Holocän-schichten überlagert. Beide Formationen bestehen aus einer Wechselfolge von terrestrischen und fluviatilen Ablagerungen. Vom hydrologischen Gesichtspunkt aus interessieren uns nur die Plistocän-Holocän-Formationen. Diese können wir nach Scherf (53., S. 14) skizzieren wie folgt:

a) Oberpliocän.

1. Schwarzer, blauer und bräunlicher Ton (fluviatile Ablagerung aus langsam fließenden Gewässern, CaCO_3 -haltig).
2. Plistocäne Pflanzenreste (terrestrische Ablagerungen).
3. Grauer, sandig-toniger Inundationsschlamm (I. Inundationszeit).
4. Ehemaliger Flugsand (in mit Grundwasser gesättigtem Zustand zeigt er die Eigenschaften eines Schwimmsandes. I. Flugsandzeit).
5. Grauer, sandig-toniger Inundationsschlamm (II. Inundationszeit).
6. Ehemaliger Flugsand (II. Flugsandzeit).
7. Löß-Sand.
8. a) Typischer Löß.
b) Lößartiger, toniger und sandiger Schlamm.

b) Holocän.

9. Sandig-tonige, weiße (CaCO_3 -haltige, auch sodahaltige) lakustre Grundablagerungen (ung. Csapófold).

9. a) Flugsand und gebundener Sand (besonders am „Hohen Rücken“ zwischen Donau und Theiß).

9. b) Fester Ton (Jungholocäner Inundationsschlamm, fehlt am „Hohen Rücken“ zwischen Donau und Theiß, dagegen große Verbreitung im zentralen Theißtal).

Die Grundwasserverhältnisse des Tieflandes stehen mit der oben skizzierten Plistocän- und Holocänstruktur in engster Verbindung. Im allgemeinen können wir den blauen Ton, der in verhältnismäßig kurzen Abschnitten große Wellen aufzeigt, als grundwasserhaltend bezeichnen. Die oberhalb dieses Tones liegenden Schichten sind wasserführend und wasserhaltend. Auf die mechanische Zusammensetzung dieser Schichten und ihre wichtigsten physikalischen Eigenschaften kommen wir noch zurück.

Treitz (54.) mißt der aus den tektonischen Verwerfungslinien erfolgenden Gasexhalation eine große Bedeutung bei für die Grundwasserver-

hältnisse des Tieflandes. Nach ihm (S. 20) müssen wir der Tragkraft des aus der Tiefe heraufströmenden Gases die merkwürdige Eigenschaft des „Sandigen Rückens“ im Gebiet zwischen Donau und Theiß zuschreiben, daß das Grundwasser hier so nahe der Oberfläche steht. Die ausströmenden Gase erhöhen stark die mineralzersetzende Fähigkeit des Grundwassers, wodurch es mit Salzen gesättigt und ungenießbar wird. Nach Treitz (55.) spielt die Gasexhalation auch bei der *Szikboden*bildung eine große Rolle.

2. Kurzer Überblick über die hydrologischen Verhältnisse der Tiefebene.

Die bereits mehrfach erwähnte Tatsache, daß die Grundwasserverhältnisse mit den hydrologischen Bedingungen in enger Verbindung stehen, erfordert eine kurz umrissene Behandlung der hydrologischen Verhältnisse des Tieflandes. Unter Verzicht auf Einzelheiten sollen sie nur insoweit besprochen werden, als ein Zusammenhang mit dem Grundwasser besteht.

a) Oberflächenwasser.

Charakterisierend für die hydrologische Beschaffenheit der Tiefebene sind ihre zwei großen Flüsse: Donau und Theiß, welche auf den Grundwasserstand einen ganz erheblichen Einfluß haben. Die Donau von Budapest bis Bázias, welche die Tiefebene westlich begrenzt, hat nach *Bogdányi* (57.) eine Länge von rund 749 km, auf welcher Strecke das Gefälle 33 m, also auf 1 km 44 cm beträgt. Die Donau hat von Budapest bis zur Mündung der Drau drei charakteristische Hochwassertypen aufzuweisen. Der erste ist durch starke Eisanhäufung bedingt, hat aber nur örtliche Bedeutung. Der zweite Hochwassertyp, durch die Frühjahrschmelze hervorgerufen, ist langanhaltend, bewirkt aber keinen allzu hohen Wasserstand. Den höchsten Wasserstand erreicht der dritte Typ, das Sommerhochwasser, durch die Alpenschneeschmelze, die im Juli—August beginnt.

Der größte Teil der Tiefebene gehört zum Theißtal. Die Theiß tritt bei Tibaujlak in die Ebene; ihre Länge von der Szamosmündung ab beträgt 700 km. Nach Angaben *Lászlóffy's* (58., S. 162) fällt die Theiß auf dieser Strecke um 32 m, das ergibt je km 4'5 cm Gefälle. Wegen ihres kleinen Gefälles nimmt die Theiß in der Tiefebene einen Mittellaufcharakter an; daher kann ihr Bett sich nicht genügend vertiefen und ihre Aufnahmefähigkeit bleibt beschränkt. Die auf die Ebene herabstürzenden Hochwasser breiten sich daher über die Ufer aus und das Inundationsgebiet liegt monatelang unter Wasser. Die Theiß hat, ebenso wie die Donau, jährlich drei bedeutende Hochwasserwellen. Als erste kommt regelmäßig im März das Frühjahrshochwasser, das die Schneeschmelze mit sich führt; die zweite Hochwasserwelle, die „Grünflut“, tritt im allgemeinen anfangs

Juni auf, bleibt oftmals aber auch aus, und die dritte Welle stellt sich im Herbst ein. Die Frühjahrshochwasser treten allgemein schon im Juni in das Flußbett zurück und der Wasserstand der Theiß ist während des Sommers durchwegs sehr niedrig. — Die Wassergiebigkeit der Theiß ist außerdem noch sehr durch ihre Hauptnebenflüsse Szamos, Bodrog und Körös beeinflusst. Diese Flüsse haben stark schwankenden Wasserstand, der im Sommer niedrig und im Frühjahr hoch und stark bewegt ist. Eine Wiedergabe des hydrologischen Bildes des alten Tieflandes ist sehr schwierig. Ohne Zweifel aber war nach dem Neoplistocän und Paläoholocän, aber auch vor der künstlichen Entwässerung das ganze Tiefland eine sumpfige, moorige Gegend, deren Wasser alljährlich durch willkürlich wandernde Flüsse aufgefüllt wurde. Am besten veranschaulicht dies *Bogdányi* (57.), wenn er sagt, daß im ungarischen Tiefland ähnliche Verhältnisse geherrscht haben, wie einstmals in Holland: Erde und Wasser waren so miteinander vermischt, es gab soviel Sumpf-, See-, Teich-, Fluß- und Meerwasser, daß — so schreibt Tacitus — die Römer, als sie dieses Gebiet eroberten, nicht wußten, ob sie Wasser oder Land vor sich hatten. Das Grundwasser mußte in jenen Zeiten im Alföld einen so hohen Stand gehabt haben, daß es sogar in Mulden und kleinen Tümpeln sichtbar wurde. Einige Gegenden waren mit Auewäldungen bedeckt. Als damalige Hauptholzarten sind Zirbelkiefer, Lärche, Taxodium und Stieleiche zu nennen. Eine Vorstellung von den sumpfigen Gebieten in jener Zeit geben die hundert und aberhundert zurückgebliebenen Salzteiche und die großen Sümpfe von Sárrét (Komitat Békés und Bihar), Ecsediláp (Komitat Szatmár), Vörösmocsár (Komitat Pest).

Die Salzteiche gelten als charakteristische Erscheinungen des Tieflandes; nach *Treitz* (56., S. 50) bedecken sie schätzungsweise mehr als 100.000 Katastraljoch Fläche (1 Katastraljoch = 5760 m²). Mit ihrer Eigenart hat sich *Treitz* (60.) besonders eingehend beschäftigt. Er bringt den Salzgehalt mit der Gasexhalation in Zusammenhang. — Der Volksmund unterscheidet zwischen „schwarzen“ und „weißen“ Teichen. Die Wasser der „weißen“ Teiche sind milchartig weiß infolge ihres aufgeschlammten CaCO₃- und MgCO₃-Gehaltes; sie sind allgemein steril. Die Ursache ihrer Sterilität sucht *Treitz* (56., S. 48) in ihrem Borgehalt, doch gibt er keine Beweise dafür. Die Sterilität ließe sich zur Genüge schon aus dem hohen MgCO₃-Gehalt allein erklären. — Im Gegensatz zu den „weißen“ sind die „schwarzen“ Teiche mit pflanzlichem und tierischem Leben erfüllt; sie enthalten hauptsächlich Na₂CO₃ und sind kalkarm. Die bräunlich-schwarze Farbe ist auf reichlichen Humusgehalt zurückzuführen. Im allgemeinen haben diese Teiche mit dem Grundwasser keine Verbindung.

b) Grundwasserverhältnisse des Tieflandes.

Über die Grundwasserverhältnisse des Tieflandes gibt die Abb. 9, welche einer Arbeit von Ijász (5.) entnommen ist, einen skizzenhaften Überblick. Die eingezeichneten Grundwasserhöhenlinien beziehen sich auf das Adria-Meer. Zur besseren Übersicht wurden die Grundwasserverhältnisse mit einem Niveauunterschied von 5 m dargestellt (stärkere Linien), ausgenommen das Donautal und die Gebiete jenseits der Theiß, wo mit Rücksicht auf das geringe Gefälle der Höhenunterschied von 1 m gewählt wurde (feinere Linien). Der Schichtenplan zeigt den Grundwasserstand nach dem Jahresmittel 1935, der gleichzeitig der niedrigste Grundwasserstand der Periode 1923—35 ist.

Bei Vergleich dieser Grundwasserkarte mit der topographischen Karte ergibt sich, daß die Grundwasserströmung im allgemeinen mit der Oberflächengestaltung übereinstimmt. Die Höhenlinien des Grundwassers decken sich nahezu mit jenen der Erdoberfläche. Durchwegs kann festgestellt werden, daß das Grundwasser zwischen Donau und Theiß von der Wasserscheide aus gegen die Donau und die Theiß abfließt. Das Grundwassergefälle von der Wasserscheide aus bis zum Donautal ist anfangs verhältnismäßig groß; wird im Donautal jedoch ruhiger. Das Gefälle beträgt in der Richtung Rákoskeresztúr—Ócsa $2'5''/100$, Kerekegyháza—Lajosmizse $1'0''/100$, Jánoshalma—Császártöltés $1'5''/100$. In der Donauebene sinkt das Gefälle auf $0'4''$ — $0'5''/100$. Zur besseren Orientierung dient der in Abb. 10 eingezeichnete Schnitt zwischen Fülöpszállás—Kecskemét. Günstiger gegenüber dem Donautal ist die Lage im Theißtal. Das Grundwassergefälle nimmt hier von der Wasserscheide aus allmählich ab. Eine solche Stauung wie im Donautal tritt nirgends auf. Das Gefälle beträgt entlang der Wasserscheide durchschnittlich $2'0''$ — $1'0''/100$ und vermindert sich in der Nähe der Theiß bis auf $0'5''/100$. Die Sinkrichtung des Grundwassers jenseits der Theiß ist im allgemeinen zentrisch und verläuft entlang eines Haupttales, des Köröstales, gegen die Theiß zu. Die Nebentäler haben nur untergeordnete Bedeutung. Zu erwähnen sind die Abflußrichtungen bei Hódmezővásárhely, Nyíregyháza und entlang der Theiß. Im Körösbecken staut sich das Grundwasser; hier ist das Gefälle so gering, daß das Sinken beinahe zum Stillstand kommt. Bei gewöhnlichem oder hohem Grundwasserstand geschieht der Abfluß entlang der Körös und mündet bei Törökszentmiklós—Szentés in die Theiß.

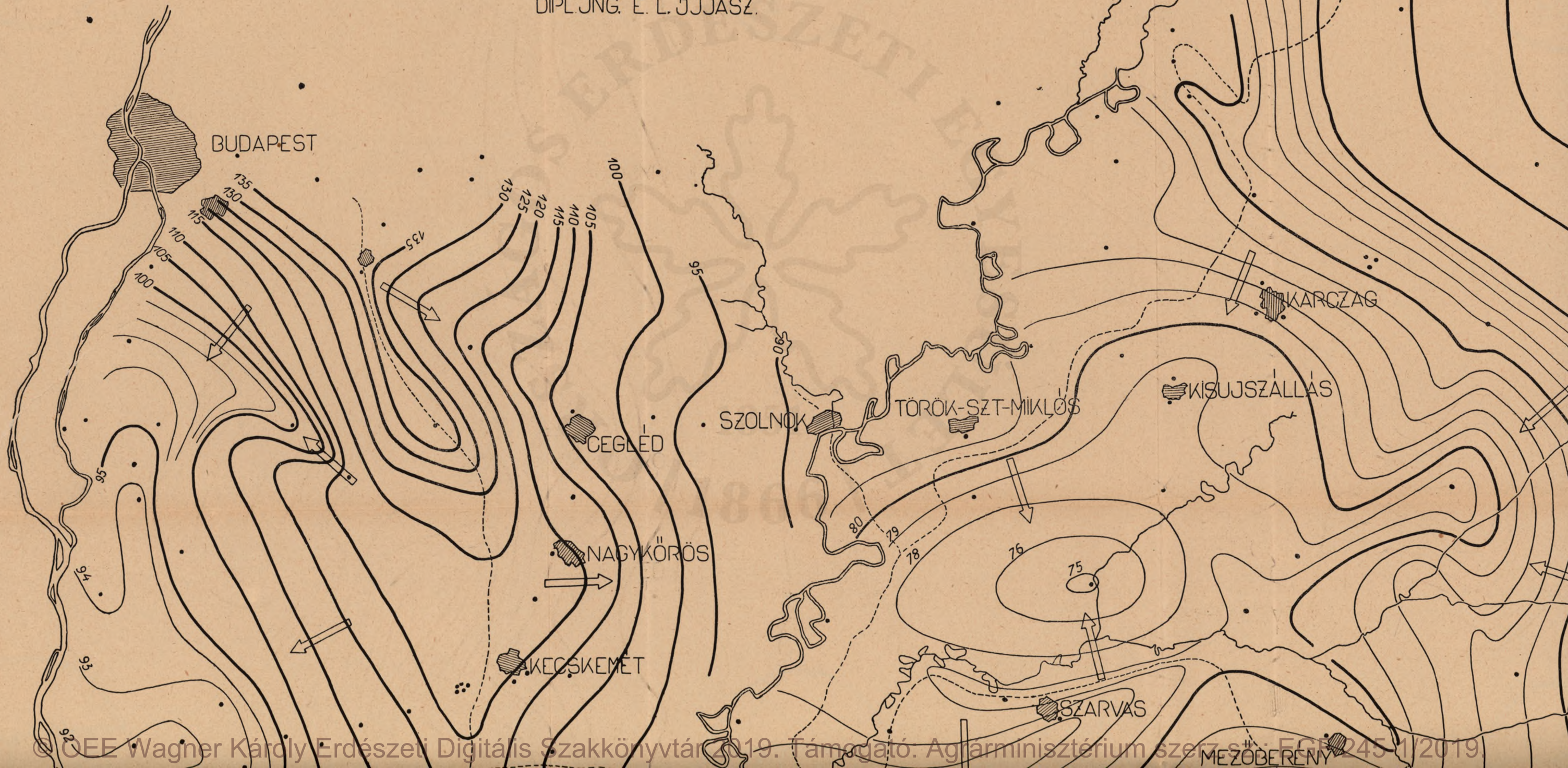
Das Sinken des Grundwassers paßt sich infolge des geringen Gefälles vollkommen dem jeweiligen Wasserstand der Theiß an. Bei hohem Wasserstand entsteht eine Stauung. — Die Gefältsverhältnisse im Gebiet jenseits der Theiß sind weitaus ungünstiger als zwischen Donau und Theiß. Nur im Sandhügelgebiet des Nyírség ist ein starkes Gefälle von $2'5''$ — $2'0''/100$

GRUNDWASSERHÖHENLINIEN AUF DEM ALFÖLD

JAHRESMITTEL 1935

AUS DER KGL. UNG. FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALT

ENTWORFEN VON
DIPL. JNG. E. L. JJJÁSZ.



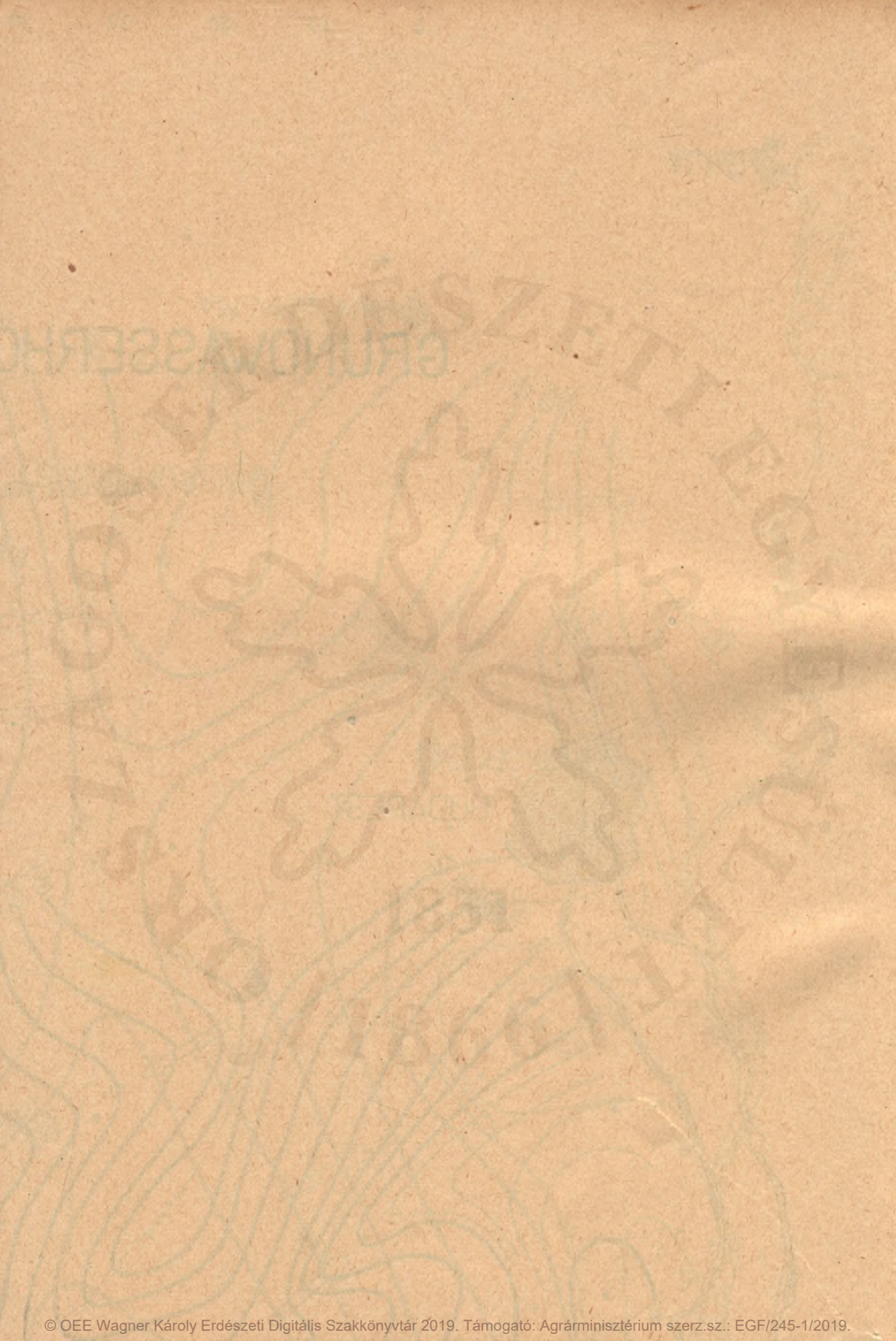
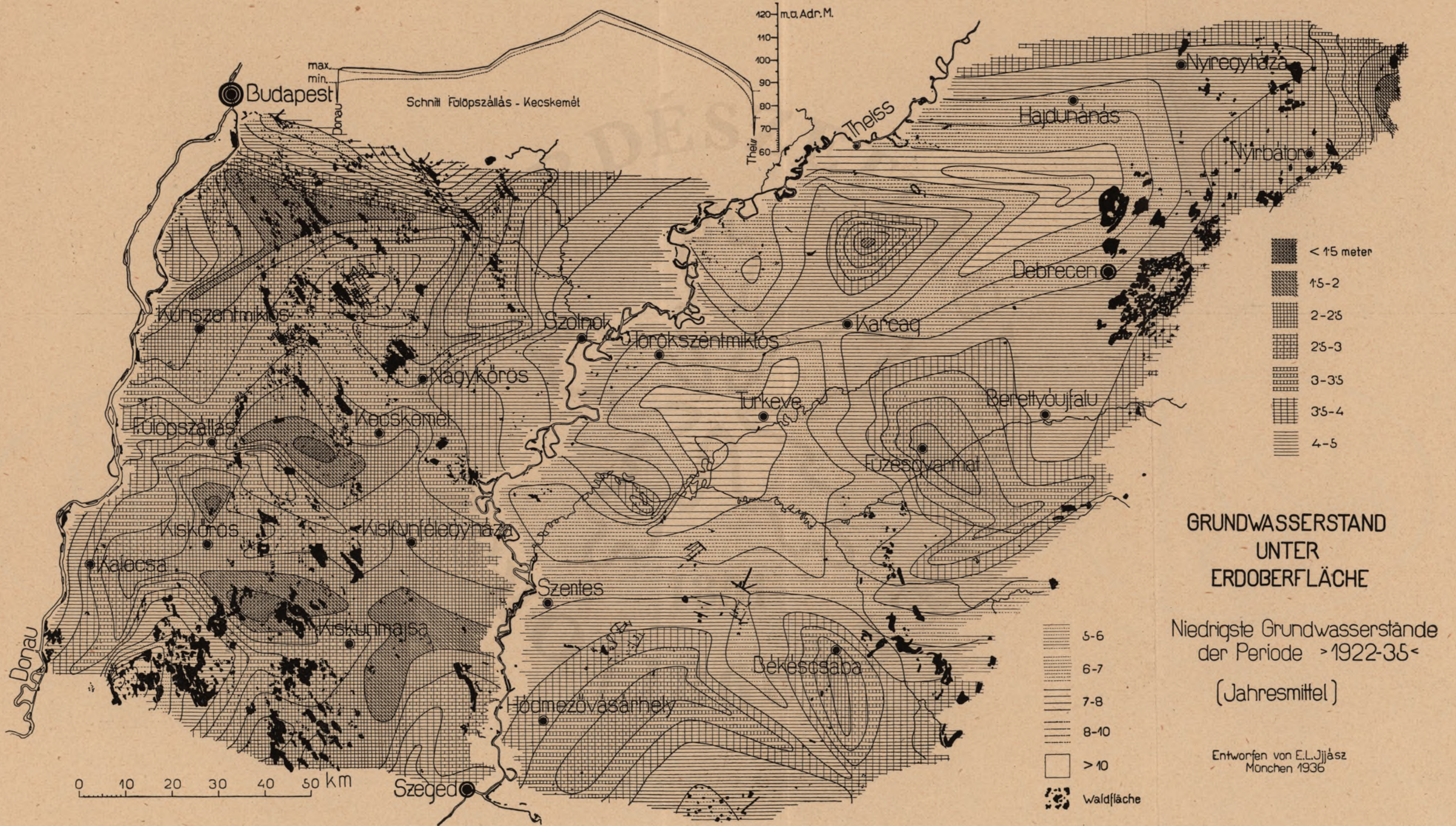


Abb. 10.



vorhanden, das jedoch im Randgebiet schon auf 0.5‰ sinkt. Allgemein beträgt das Gefälle an der Peripherie 0.5‰ , nimmt aber gegen das Köröstal zu stark ab. Zwischen den Grundwasserverhältnissen der Tiefebene und ihrer Szikflächenverteilung besteht eine enge Beziehung, worauf wir in Abschnitt III. noch zurückkommen werden.

In der Einleitung wurde schon darauf hingewiesen, daß das Grundwasser nur dann für die Pflanzenvegetation eine Bedeutung hat, wenn die Kapillarzone bis in die Wurzelregion hinaufreicht. In dieser Beziehung ist die Kenntnis des Grundwasserstandes unter der Flur von größter Wichtigkeit. Die Abb. 10 gibt einen Überblick über die Verteilung der *niedrigsten* mittleren Grundwasserstände in der Periode 1922—35, und zwar in Abstufungen von 50 bzw. 100 cm. Wir sehen, daß das Grundwasser zwischen Donau und Theiß allgemein 2—3 m unter der Flur, also höher liegt als das Grundwasser jenseits der Theiß, das durchwegs nur einen Stand von 4—6 m erreicht. Im Gebiet zwischen Donau und Theiß sind weite Flächen mit hohem Grundwasserstand anzutreffen, während jenseits der Theiß das Gegenteil der Fall ist. Die fruchtbarsten Gegenden zwischen Donau und Theiß sind im Nordosten Kunszentmiklós und Sári—Alsódabas, weiter zwischen Fülöpszállás und Kecskemét die Gegend um Ágasegyháza und westlich, bzw. östlich von Kiskunmajsa die Gegend um Pirtó, bzw. Kistelek. Den tiefsten Grundwasserstand haben wir im östlichen und südlichen Hügelland. Das Donautal hat einen verhältnismäßig höheren Grundwasserstand als das Theißtal. Ein besonders tiefer Grundwasserstand ist in der Richtung Szentes—Szolnok festzustellen. Weiter läßt sich sagen, daß in der Gegend nordöstlich von Szeged, dort, wo das Gebiet ansteigt, auch das Grundwasser höher liegt. Bei Kiskunmajsa, Kiskunhalas und Ágasegyháza finden wir Gebiete ohne Abfluß. Dort fließt das Grundwasser in den tieferen Stellen zusammen und es bilden sich vielfach kleine Teiche, die nur bei tiefem Wasserstand langsam zur Theiß, bzw. zur Donau hin absickern. Es ist erstaunlich, daß der „Hohe Rücken“ zwischen Donau und Theiß auch einen verhältnismäßig hohen Grundwasserstand hat. Wie schon erwähnt worden ist, nennt *Treitz* als Ursache hierfür den Druck der aus dem Boden herausströmenden Gase. Einleuchtender ist es, den geologischen Verhältnissen dieser Gegend die größere Bedeutung beizumessen. Hier liegt der wassertragende blaue Plistocänthon ziemlich hoch und zeigt eine sehr wechselnde Oberflächengestaltung, die durch die Erosionsperiode in der Riß-Interglazialzeit bedingt wurde. Die Verschiedenheit der Oberflächengestaltung ist nach *Scherf* (53., S. 24) so stark, daß zwischen dem Rücken und den Vertiefungen in einigen Gegenden auf 50—200 m Entfernung 5—6 m Höhenunterschiede festzustellen sind. In den abflußlosen Mulden staut sich das Grundwasser auf und es erklärt sich daraus, wie wir später sehen werden, der Gehalt des Grundwassers an den mannig-

faltigsten Mineralstoffen. Die orographischen Verhältnisse und die Lage dieser Plistocäntonschichten bilden die Ursache des hohen Grundwasserstandes des Sandrückens. In den Gegenden um Kunszentmiklós, Fülöpszállás und Kiskőrös erreicht das Grundwasser eine solche Höhe, daß sich größere Niederschläge sehr nachteilig auswirken würden, was darauf hinweist, wie notwendig die Erbauung des Entwässerungskanals in dieser Gegend war.

Jenseits der Theiß, östlich von Nyiregyháza und Karcag, in der Nähe von Nagyiván und südöstlich von Füzesgyarmat, weiter bei Békéscsaba und Hódmezővásárhely sind fast die gleichen Grundwasserverhältnisse anzutreffen wie zwischen Donau und Theiß. In anderen Gegenden liegt das Grundwasser tiefer.

Im allgemeinen können wir sagen, daß für die Baumvegetation die Grundwasserverhältnisse zwischen Donau und Theiß sehr viel günstiger liegen, als jenseits der Theiß. Die Richtigkeit dieser Annahme beweist die Natur selbst. Aus der Zeichnung geht klar hervor, daß die Bewaldung des Tieflandes in Gegenden mit hohem Grundwasserstand viel ausgedehnter ist, als bei tiefliegendem Grundwasser. So ist die Bewaldungsdichte zwischen Donau und Theiß und nordöstlich von Debrecen im Nyírség viel bedeutender als in anderen Gegenden jenseits der Theiß. Besonders auffallend sind die kahlen Gebiete von Turkeve, Karcag und Törökszentmiklós. Auf die Baumvegetation in der Tiefebene wirken neben dem Grundwasserstand aber auch noch andere Einflüsse, so die Bodenverhältnisse, und zwar in besonderem Maße die alkalischen Böden.

c) Donautal-Entwässerungskanal und Grundwasserstand.

Die Entwässerungs- und Regulierungsarbeiten im 18. Jahrhundert haben den Tieflandverhältnissen ein ganz neues Gesicht gegeben. Die Frühjahrsüberschwemmungen sind ausgeblieben, Jahr um Jahr verminderten sich die Wasser in den Teichen, die Sumpfflächen verschwanden langsam und jährlich gelangte eine immer größer werdende Landfläche zur Bewirtschaftung. Die Folge dieses starken und schnellen Vorstoßes der Kultur war das Sinken des Grundwasserstandes. Die natürliche Auswirkung dieser künstlich veränderten Wachstumsverhältnisse rief in der ungarischen Öffentlichkeit einen starken Widerhall hervor. Die Trockenlegung der Tiefebene und ihre Veralkalisierung wurden den Kulturbauingenieuren, die dem Sumpfgebiet Kulturland abgewonnen hatten, als eine angeblich verhängnisvoll sich auswirkende Maßnahme zur Last gelegt und es entspann sich ein heftiger Streit über „Für und Wider“. Es liegt nicht im Rahmen unserer Arbeit, uns mit dieser interessanten ungarischen Kultur-

baufrage näher zu befassen. Wir verweisen in diesem Zusammenhang nur auf die Arbeiten von *Kenessey* (61.), *Ballenegger* (62.), *Beliczay* (63.), *Sárkány* (64.), *Rohringer* (65., 66., 67.) und *Réthly* (68.), die diese Streitfrage in allen Teilen aufrollen. Anschließend wollen wir nur kurz streifen, welche Auswirkung der so verwünschte Donautal-Entwässerungskanal in Wirklichkeit auf den Grundwasserstand hat.

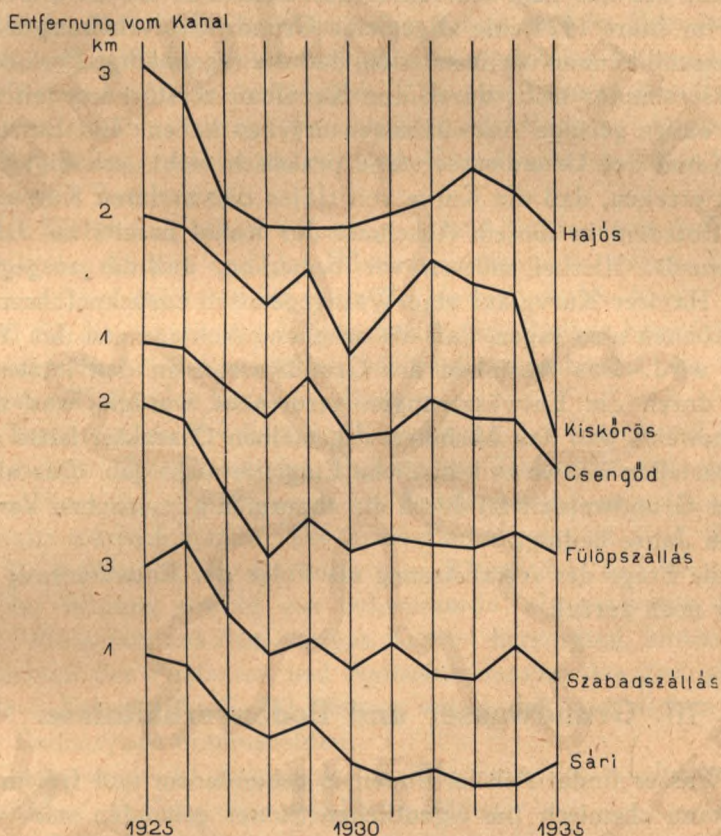


Abb. 11.

Grundwasserstände in verschiedenen Entfernungen vom Donautal-Entwässerungskanal.

In Abb. 11 ist der Grundwasserstand in verschiedenen Entfernungen vom Donautal-Entwässerungskanal veranschaulicht. Die Angaben beziehen sich auf das jährliche Mittel des Grundwasserstandes. Die Eröffnung des Kanals erfolgte beim Hajóser Abschnitt im Jahre 1918, bei Kiskőrös, Csongöd, Fülöpszállás und Szabadszállás im Jahre 1927, bei Sári im Jahre 1928. Aus der Abbildung geht ohne weiteres hervor, daß das Absinken des Grundwassers schon weiter zurückliegt (1925—1926), also vor Fertigstellung des Kanals, und der Kanalbau daher nicht als Ursache der Grund-

wassersenkung gelten kann. Der Verlauf des Grundwasserstandes nach der Kanaleröffnung zeigt auch keine auffallenden Besonderheiten, woraus wiederum folgt, daß durch den Bau des Kanals im allgemeinen keine Störung der Bilanz des Grundwasserhaushaltes hervorgerufen wurde. Die Beobachtungsdaten zeigen weiter, daß das Sinken des Grundwassers zwar im Jahre der Kanaleröffnung verhältnismäßig stark zunahm, diese Differenz sich jedoch, wie aus dem Kurvenverlauf ersichtlich ist, bald wieder ausglich und im Jahre 1929 eine allgemeine Grundwassererhöhung folgte. Zusammenfassend können wir feststellen, daß die regelmäßige Periodizität des Grundwasserstandes nicht durch den Kanalbau zerstört worden ist, wenn sich auch einige geringe Auswirkungen ergeben haben. Ein Beweis dafür, daß der Kanal den Grundwasserstand praktisch nicht „schädigt“, ist auch daraus zu ersehen, daß die Kurve von Hajós den anderen Kurven ähnlich verläuft, trotzdem in diesem Abschnitt der Kanal bereits im Jahre 1918 eröffnet wurde. Hierbei müssen wir bemerken, daß der ausgeglichene Gang der Hajóser Kurve auf eine Waldvegetation zurückzuführen ist.

Wir können also sagen, daß die erhobene Anklage von den Tatsachen widerlegt wird. Das Absinken des Grundwassers in den letzten Jahren ist nicht durch die Entwässerungen verursacht worden, was sich auch dadurch beweist, daß das Absinken allgemeinen Charakter hatte und auch dort festzustellen ist, wo es künstliche Eingriffe nicht gab. Das allgemeine Sinken des Grundwassers ist durch die abnormen klimatischen Verhältnisse der letzten Jahre bedingt.

Auf die Frage der Alkalisierung als Folge der Entwässerung kommen wir später noch zurück.

III. Grundwasser und Bodenverhältnisse.

Das Wasser findet sich im Boden in gebundenem und freiem Zustand vor. Es kann chemisch (im eigentlichen Sinne) gebunden sein, wie z. B. das Konstitutionswasser und physikalisch wie das Einschlußwasser. Für das freie Wasser ist ein charakteristisches Merkmal, daß es nach Menge und Verteilung dauernden Veränderungen unterworfen und in stärkstem Maße von den physikalischen Eigenschaften des Bodens abhängig ist. Folgende fünf Formen des Bodenwassers treten besonders in Erscheinung:

1. Osmotisches Wasser, das sich in geschlossenen organischen Gefäßzellen befindet;
2. Wasserdampf;
3. Absorptionswasser;
4. Kapillarwasser;
5. Grundwasser.

Di Gléria (71., S. 251) rechnet das osmotische und hygroskopische Wasser zum gebundenen Wasser. Dies ist streng genommen nicht ganz richtig, weil beide Wasserformen am Wasserverkehr des Bodens teilnehmen: das osmotische Wasser sowohl im flüssigen als auch im dampfförmigen Zustand bei Turgoränderungen der Gefäßzellen, das hygroskopische Wasser in Dampfform bei starker Bodenaustrocknung.

Das freie Wasser im Boden steht unter dem Einfluß der Gravitation und der Molekularkräfte. Die Gravitationskräfte sind im Grundwasser dominierend, während die Molekularkräfte hauptsächlich beim Absorptions- und Kapillarwasser Bedeutung haben. Die vier Formen des freien Wassers bestimmen die jeweilige Feuchtigkeit des Bodens. Abgesehen vom osmotischen Wasser, stehen sie mit dem Grundwasser in einer mehr oder weniger engen Verbindung.

In der Einführung haben wir schon darauf hingewiesen, daß der Wasserhaushalt des Bodens und das Pflanzenwachstum in engem Zusammenhang stehen. Am stärksten ist diese Verbindung durch A) die physikalischen und B) die chemischen Eigenschaften des Bodens beeinflusst. Bevor wir hierauf näher eingehen, halten wir es für angebracht, die Bodenverhältnisse des Tieflandes kurz zu erläutern.

Der Boden ist ein Produkt der Einwirkung des Klimas auf das geologische Substrat. Das Klima des ungarischen Tieflandes hat einen Übergangsklimacharakter. Im Sommer bis Spätherbst ist es arid, im Winter bis Frühjahr schwach humid. Die aride Periode dauert 3—4, die humide Periode 8—9 Monate. So ist unter dem Klima der Tiefebene die Möglichkeit der Bildung sowohl von Schwarzerde als auch von Braunerde gegeben. Wie schon aus dem vorigen Kapitel hervorging, bilden die obersten Schichten der Plistocän- und Holocänformation das geologische Substrat. Nach *Scherf* (53., S. 27) können wir in der ungarischen Tiefebene folgende Bodentypen unterscheiden:

a) Schwarzerde, b) Braunerde, c) Wiesenton, d) Auelehm, e) Moor- und Torfböden, f) Szik- oder alkalische Böden.

Wegen ihrer besonderen Eigentümlichkeit müssen wir zu dem Begriff „Braunerde“ bemerken, daß hierin eigentlich zwei voneinander ganz verschiedene genetische Bodentypen verborgen sind. Den ersten Typ nennt *Scherf* (S. 281) „wirkliche Braunerde“; sie ist eine klimatische Bildung und stellt einen Übergangstyp von Schwarzerde zu Podsol dar. Der zweite Typ, „Pseudobraunerde“, ist nicht klimatisch entbast, sondern entstammt einem schon ursprünglich sauer reagierenden Inundationsschlamm aus der Plistocänzeit. Ein Beweis hierfür ist auch die Tatsache, daß *Scherf* (53., S. 28) an einigen Stellen einen ph-Wert von 4—5 gefunden hat, welcher unter dem Klima des Tieflandes durch Auslaugung nicht entstehen konnte.

Wir haben schon vorher erwähnt, daß das Grundwasser bei der *Szik-*

bodenbildung eine große Rolle spielt und die Entwässerungsarbeiten vielfach als Ursache für die weite Verbreitung des Szikbodens angesehen werden. Betrachten wir diese Frage einmal näher.

Zunächst müssen wir in der Tiefebene zwei Arten von Szikboden unterscheiden:

a) Solonetzboden, nach *Scherf* „salzfreie“, nach *'Sigmond* „ausgelaugte“ Alkaliböden;

b) Solontschakboden, entsprechend den salzreichen karbonathaltigen Sodaböden.

Das Profil des ersteren zeigt einen salzfreien, tonigen, oberen Horizont, dessen schlechte physikalische Eigenschaften von dem Gehalt an austauschbarem Natrium herrühren; darunter liegt ein Salzhorizont, der neben Na_2CO_3 , NaHCO_3 und CaCO_3 auch Na_2SO_4 , MgSO_4 und CaSO_4 enthält.

Bei der zweiten Art von Szikboden fehlt der salzfreie obere Horizont und das ganze Profil enthält CaCO_3 , Na_2CO_3 und NaHCO_3 .

Über die Entstehung des Szikbodens haben wir zwei Theorien, und zwar die Auslaugungstheorie und die Theorie des geologischen Ursprungs. *'Sigmond* (69.) und dessen Anhänger stellten die Behauptung auf, Szikboden habe sich in der Weise gebildet, daß sich das natriumsalzhaltige Grundwasser bis an die Oberfläche hob und das ganze Profil alkalisierte; es sei dadurch der salzreiche Szikboden entstanden, der nach dieser Auffassung noch nicht ausgelaugt ist. Wenn aber das Grundwasser durch natürliche oder künstliche Ursachen sinke, so werde der obere Horizont ausgelaugt und es entstehe der salzfreie Alkaliboden. Die Salzschichten seien also nichts anderes als eine Anhäufung von oben nach unten gewaschener Salze. Dieser Auffassung liegt die Annahme einer Auslaugung (Auslaugungstheorie) zugrunde.

Demgegenüber vertritt *Scherf* (53., S. 294) den Standpunkt, daß „die auf den Boden einwirkenden klimatischen Auslaugungstendenzen in unserer Tiefebene recht gering sind, und z. B. durch CaCO_3 -Gehalt oder durch mangelhafte Durchwaschungsfähigkeit völlig abgebremst werden“. Damit verwirft *Scherf* die Auslaugungstheorie und führt die Szikbodenentstehung auf eine geologische Ursache zurück (Geologische Theorie). Seiner Meinung nach ist der salzreiche karbonathaltige Szikboden nichts anderes als Plistocänlöß und Lößlehm, welche schon an sich salz- und karbonathaltig sind, während die salzfreien Alkaliböden aus, über dieser Plistocänlößschicht abgelagerten, schon ursprünglich stark sauer reagierendem ($\text{pH} = 4-6$), salzfreiem Holocän Schlamm hervorgegangen sind. Der untere Teil dieser Schicht ist später durch die mit der Feuchtigkeit aufsteigenden Alkalikarbonate vom Plistocänuntergrund aus alkalisiert worden. Der Salzhorizont entspricht also nicht einem Akkumulationshorizont in einem Auslaugungsprofil, sondern im Gegenteil einer „Bereicherung“

durch kapillar in die Holocänablagerung gehobene Salze. Die Alkalisierung ist am stärksten bei den unmittelbar über dem Plistocän liegenden untersten Schlammschichten, welche mit der Zeit völlig undurchlässig werden und die untere von der oberen Schicht absperren.

Die geologische Theorie, welche in der Tatsache, daß salzarme und salzreiche Szikböden dicht nebeneinander vorkommen, eine starke Stütze hat, stellt der Auslaugungstheorie die verfängliche Frage, wie ein alkalischer Boden ausgelaugt werden könne, wenn er keinen Tropfen Wasser durchlasse.

Wir stellen fest, daß beide Theorien dem Grundwasser in der Szikbodenbildung eine bedeutende Rolle zuerkennen. Der Natriumsalzgehalt des Grundwassers und die Kapillaraufsaugung führen in erster Linie zur Szikbodenbildung. Bei der Besprechung der chemischen Bodeneigenschaften werden wir auf den Salzgehalt des Grundwassers näher zurückkommen. Untersuchen wir nun, ob die Anklage, daß durch die Kanalisation die starke Ausbreitung des Szikbodens verursacht worden sei, zu Recht besteht oder nicht. Aus dem vorher Gesagten können wir entnehmen, daß der Szikboden ebenso wie die Pseudo-Braunerde kein Produkt des heutigen Klimas, sondern ein Erbe aus vergangenen Zeiten ist; ihre Entstehungsmöglichkeit und ihre Verbreitung sind durch die morphologischen Verhältnisse der Plistocän- und Holocänformation bestimmt. So konnten also die Entwässerungsarbeiten weder eine Vermehrung noch eine Verminderung des Szikbodens herbeiführen, sondern waren lediglich die Ursache dafür, daß der bereits vorhandene, nur durch das Wasser überdeckte Szikboden zum Vorschein kommen konnte. Durch diese Tatsache ist der Hauptgrund der Streitigkeiten geklärt und sie zeigt gleichzeitig, wie notwendig die Entwässerung war, denn schließlich ist die erste Voraussetzung für eine Szikbodenverbesserung, daß man diesen Boden überhaupt besitzt. Mit anderen Worten ist also die erhobene Anklage vollkommen unberechtigt, vielmehr bedeuten die Entwässerungsarbeiten den ersten Schritt zur Nutzbarmachung des Szikbodens.

Das Grundwasser hat noch eine Auswirkung auf eine Bodenart, welche wegen ihres hydrologischen Verhaltens hinsichtlich der Pflanzenvegetation besondere Aufmerksamkeit verdient. Es ist dies der Wiesenkalk, Steinbank oder Atka, eine Karbonatver kittung, bestehend aus durch das Grundwasser ausgeschiedenem kohlen sauren Kalk und Magnesia. Dieser Boden ist durch seinen Eisengehalt oftmals rötlich und durch Humusgehalt gräulich gefärbt. Im Anfang seiner Entstehung ist der Boden weich und wird später, wenn der Kalk kristallinisch geworden ist, zu einer steinartigen, wasserundurchlässigen Schicht, die für die Pflanzenwurzeln undurchdringlich ist. Die Grenzwerte der Entstehung zeigt uns die Abbildung 12. *Kennessey* (70., S. 37) stellte fest, daß die Mächtigkeit dieser Schicht 40 cm über-

schreiten kann. *Treitz* (70., S. 37) bringt ihre Entstehung mit der Gasexhalation in Verbindung und *'Sigmund* (71., S. 199) sieht ihren Ursprung darin, daß kalk- und magnesiareiches Oberflächenwasser in einer Mulde zusammenfließt und daraufhin verdampft.

A. Physikalische Eigenschaften der Böden des Alfölds.

Die Böden haben *beständige* und *veränderliche* physikalische Eigenschaften. Für das hydrologische Verhalten eines Bodens sind bestimmend unter den verhältnismäßig beständigen physikalischen Eigenschaften: 1. die mechanische Zusammensetzung, 2. die Hygroskopizität und die Wärmekapazität; unter den veränderlichen physikalischen Eigenschaften: 3. die Kapillarität, 4. die Wasserhaltung und Wasserführung.

1. Mechanische Zusammensetzung (Korngrößenaufbau).

Die mechanische Zusammensetzung, das ist der Kornaufbau des Bodens, wird auch *Textur* genannt. Die *Bodentextur* ist unveränderlich, während die Lagerungsweise der Bodenkörner, die *Bodenstruktur*, unter Umständen großen Veränderungen unterliegen kann. Maßgebend für das hydrologische Verhalten eines Bodens ist vor allem seine Textur, weil durch diese bei gleichmäßiger Lagerung der Bodenkörner die Größe der *Bodenporen* und damit auch die Durchlässigkeit bzw. Undurchlässigkeit des Bodens für Wasser festgelegt ist. Es soll dabei jedoch nicht übersehen werden, daß eine ungünstige Textur zum Teil durch eine günstige Struktur ausgeglichen werden kann. Bodenkörner mit einem Durchmesser von mehr als $50\ \mu$ können praktisch als wasserdurchlässig, solche mit einem Durchmesser von weniger als $50\ \mu$ als wasserundurchlässig angesehen werden. Das wasserdurchlässige Material ist nie plastisch, sein Rauminhalt ist unveränderlich, es schwillt im Wasser nicht an und schrumpft bei Austrocknung auch nicht zusammen. Dagegen ist das Volumen des undurchlässigen Materials veränderlich, es schwillt im Wasser an und schrumpft bei Austrocknung zusammen; im trockenen Zustand sind seine Einzelteilchen dicht zusammengelagert, doch werden sie, sobald Feuchtigkeit hinzutritt, mehr oder weniger zusammenhanglos. Die Grenze zwischen wasserdurchlässigem und -undurchlässigem Material bildet die Korngrößenklasse $50\text{--}10\ \mu$, ihre physikalischen Eigenschaften stellen einen Übergang dar zwischen den voneinander scharf abweichenden Eigenschaften des Sandes und Tones. Durch allmähliche Verminderung der Korngröße werden die physikalischen Eigenschaften des Sandes immer mehr abgeschwächt, dafür treten die entgegengesetzten Eigenschaften des Tones immer mehr in den Vordergrund. Der Übergang geschieht ganz allmählich. Hierin liegt wohl mit einer der Gründe für die schwankenden Angaben der Literatur hinsichtlich der

Grenzen der Wasserdurchlässigkeit bzw. -undurchlässigkeit. So zieht *Prinz* (20., S. 129) die Grenze zwischen 10—30 μ , *Lampl* (72., S. 68) hingegen zwischen 50—10 μ . *Atterberg* (73., S. 138) sagt, daß bei 0'02 mm die Grenze ist, bei der Sand tonartige Eigenschaft annimmt. *Atterbergs* Grenze gibt einen guten Mittelwert und ihre praktische Anwendbarkeit wird noch durch die Tatsache unterstrichen, daß solcher Boden, dessen Einzelkörner

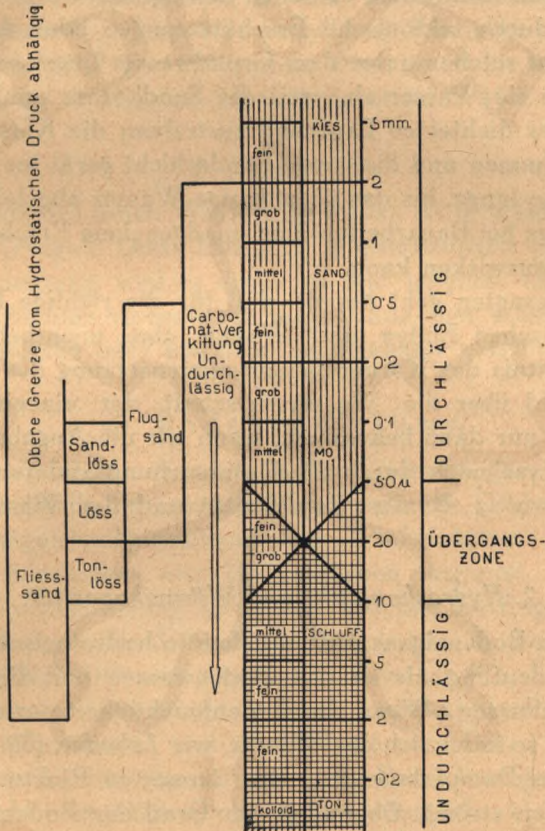


Abb. 12.

Korngrößenaufbau und hydrologisches Verhalten der Bodenarten des Alfölds.

hauptsächlich unter dieser Grenze liegen, für die Pflanzenhaarwurzel undurchdringlich ist. Abb. 12 veranschaulicht den engen Zusammenhang, der zwischen dem Korngrößenaufbau und den wichtigsten physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Bodenarten der ungarischen Tiefebene (Flug-sand, Fließsand, Wiesenalk) besteht; sie zeigt weiter, wie die wichtigste Bodenart des Alfölds, der Löss, sich einordnet und läßt auch erkennen, daß die Karbonatverkittung von 2 mm abwärts alle Bodenarten wasserundurchlässig macht.

Die Fließsanderscheinungen hängen mit der Abstammung einiger Bodenarten zusammen. Infolge fluviatiler oder äolischer Ablagerung haben manche Schichten einen so einheitlichen Korngrößenaufbau, daß sie als Grundwasserkörper im labilen Gleichgewicht lockerster Lagerung sich befinden, weil einerseits die Grundwasserströmung sie daran hindert, sich dichter zu lagern und andererseits keine „kleineren“ Körner vorhanden sind, die sich in die Hohlräume zwischen den „größeren“ Körnern einlagern könnten. Wird durch tektonische Erschütterungen oder durch Aufschluß das Gleichgewicht solcher unter dem Grundwasser liegenden Schichten gestört, so sondern sie Wasser ab, weil die Sandkörner nun dem stabileren Gleichgewicht der dichtesten Lagerung zustreben; die Körner beginnen im Wasser zu schwimmen und die ganze Sandschicht gerät ins Fließen. Dieser Zustand dauert so lange, bis das überflüssige Wasser abgeleitet wird. Fließsand ist besonders bei Bauarbeiten eine unangenehme Erscheinung, die sich sehr kostspielig auswirken kann.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß für die richtige Beurteilung der Beziehungen zwischen Boden und Wasser eine unentbehrliche Voraussetzung die Kenntnis der Korngrößenzusammensetzung des Bodens ist. Ein vollständiges Bild über die Wasserwirtschaft der einzelnen Bodenarten können wir aber nur dann bekommen, wenn wir die Angaben der mechanischen Bodenanalyse noch durch die Untersuchung anderer physikalischen Eigenschaften, wie z. B. der Kapillarität und der Wasserkapazität ergänzen.

2. Hygroskopizität und Wärmekapazität.

Diese beiden Bodeneigenschaften haben in hydrologischer Hinsicht nur insofern eine Bedeutung, als sie das Bodenwasser und die Wasserdampfzirkulation beeinflussen. Wenn die Bodenfeuchtigkeit geringer ist als die Hygroskopizität, so kann sich das Wasser, wie *Lebedev* (50., S. 13) beweist, nur in Form von Dampf bewegen, der immer in Richtung der weniger feuchten Schichten strömt. Übersteigt der Grad der Bodenfeuchtigkeit die Hygroskopizität, so wird sich das Wasser schon in flüssiger Form aus der feuchteren Schicht in die Schichten mit geringerer Feuchtigkeit bewegen. Die Hygroskopizität kann als eine Grenze angesehen werden *über* welcher das Bodenwasser sich im *flüssigen* Zustand, und *unter* welcher es sich in *Dampf*form bewegt. Dieser Umstand ist deshalb von Bedeutung, weil im allgemeinen unter unseren Klimaverhältnissen die Hygroskopizität in den tieferen Bodenschichten immer als gesättigt angesehen werden kann und daher durchwegs die Möglichkeit einer Bewegung des Wassers im flüssigen Zustand besteht, was sowohl hinsichtlich des kapillaren Wasserhubes im Boden als auch für das Pflanzenleben wichtig ist.

Die Beziehungen zwischen Temperatur und Wasserdampfzirkulation

im Boden sind schon in Kap. I, 2. ausführlich behandelt worden. Hier ist noch zu erwähnen, daß die Bodentemperatur auch einen Einfluß auf die Bewegung des flüssigen Wassers hat. Eine Temperaturerhöhung steigert, eine Temperaturabnahme verringert die Geschwindigkeit der Wasserbewegung im Boden. Versuche von *Lebedev* (50., S. 28) zeigen, daß die Intensität der Wasserbewegung bei 30° C um 20·3% höher war, als bei 12·5° C. Der Grund für diese Erscheinung ist die rasche Abnahme der inneren Reibung des Wassers bei Temperaturerhöhung. Wenn die spezifische Zähigkeit des Wassers bei 0° C = 100 gesetzt wird, so ist sie nach *Mitscherlich* (34., S. 140) bei 10° C 73·3, bei 20° C 56·2, bei 30° C 44·9.

3. Kapillarität.

Die Dynamik des freien Wassers im Boden ist in erster Linie durch die Kapillarkräfte geregelt. Diese haben im Wasserhaushalt des Bodens außerordentliche Bedeutung, weil es durch sie nur möglich ist, daß das in den oberen Bodenschichten verbrauchte Wasser aus dem Wasservorrat der tieferen Bodenschichten oder aus dem Grundwasser ersetzt wird.

a) Bodenhohlräume.

Die Bodenhohlräume werden in der Literatur ganz verschieden bezeichnet und eingeteilt. So unterscheidet *Gradmann* (76.) in einem „idealen Boden“ „Höhlungen“, „Durchlässe“ und „Winkelräume“. Die „Höhlungen“ werden durch mindestens vier Bodenteilchen begrenzt, während für die „Durchlässe“ die Begrenzung durch drei Teilchen die Regel ist (76., S. 63). Die engeren Räume schließlich, die nur durch zwei Bodenteilchen begrenzt sind, sind die „Winkelräume“ (76., S. 65). *Smreker* (92., S. 3) unterscheidet auch drei Arten von Bodenhohlräumen: „nichtkapillare Zwischenräume“, „kapillare Zwischenräume“ und „Hohlräume oder Poren“. Das Wesen der ersten beiden Arten ist schon durch ihre Bezeichnungen erklärt. Unter „Poren“ versteht *Smreker* solche außerordentlich kleinen Hohlräume, „welche sich in jedem kompakt scheinenden Material finden und auch noch dem kleinsten Teil des Materials eigentümlich sind“ (92., S. 3).*) *Lieben-*

*) In einer vor kurzem erschienenen Arbeit „Über Kapillarsysteme“ unterscheidet *Manegold* (235., S. 254) zwischen „Leerraum“, „Kapillarraum“ und „Krafraum“. Für diese Hohlräume werden die folgenden Begriffsbestimmungen gegeben:

„Ist die Weite eines Hohlraumes so groß, daß die Wandkräfte nur einen verschwindenden Bruchteil der in ihm vorhandenen fremden Materie beeinflussen, so nennen wir einen solchen Hohlraum einen „Leerraum“, um anzudeuten, daß er im wesentlichen leer von Kräften ist.

Ist die Weite so klein geworden, daß die Wandkräfte einen mit der Gesamtmenge fremder Materie vergleichbaren Teil beeinflussen, so sprechen wir von einem „Kapillarraum“.

Vermindert sich die Hohlraumweite auf atomare Dimensionen, so daß fast jedes Molekül bzw. Atom der fremden Materie in den Bereich des von der „Wand“ ausgehenden Kraftfeldes gerät, so sprechen wir von einem „Krafraum“.

berg (89., S. 31) unterscheidet „kapillare“ und „nichtkapillare“ Hohlräume. — Die gleiche Einteilung gibt *Engelhardt* (82.), doch unterteilt dieser die „nichtkapillaren“ Räume noch in „Kanäle“ und „Höhlungen“. Hierzu gibt er folgende Erklärung: „Die Höhlungen sind mit der Atmosphäre nur durch Kapillarräume verbunden, während diese Verbindung bei den Kanälen sowohl unmittelbar, als auch durch die Kapillarräume erfolgt“. („The cavities are connected with the atmosphere only by capillary spaces, whereas this connection takes place, in the case of the passages, both directly and by means of capillary spaces.“) Die Grenzen der kapillaren und der nichtkapillaren Poren gibt *Engelhardt* bei 2 mm Korndurchmesser an.

Aus den Untersuchungen von *Wollny* (30., S. 280) geht hervor, daß der kapillare Aufstieg bei Korngrößen von 1—2 mm Durchmesser in 24 Stunden 4·4 cm, in 48 Stunden 4·7 cm beträgt. *Attenberg* (73., S. 108) hat bei den gleichen Kornrößen in 24 Stunden einen Aufstieg von 5·4 cm, in 48 Stunden einen solchen von 6·0 cm festgestellt. Weiter hat er bei einer Korngröße von 2—5 mm in 24 Stunden einen Aufstieg (73., S. 109) von 2·2 cm, in 48 Stunden einen solchen von 2·4 cm gefunden. Es ist zu bemerken, daß wegen der unsicheren Ablesungsmöglichkeit die letzte Angabe nur einen Orientierungswert hat. Wie wir einleitend schon erwähnt haben, gibt *Klenze* (31., S. 97) die Grenze, bei welcher die Kapillarleitung im Boden ganz aufhört, mit 2·5 mm an. — Aus diesen Angaben geht hervor, daß der Kapillaraufstieg bei 2 mm Korngröße noch nicht ganz aufhört. Das zeigt, daß *Engelhardt* die Trennungsgrenze zwischen den kapillar wirksamen und unwirksamen Poren zu niedrig gegriffen hat. Praktische Gründe sprechen dafür, diese Grenze etwas höher zu legen und sie mit 5 mm Korndurchmesser anzugeben unter ausdrücklicher Betonung, daß immer eine Schwankung nach oben oder unten vorkommen kann.

Außerdem erscheint es zweckmäßiger, die Einteilung der Bodenporen nach ihrer *Wirkung* und nicht nach ihrer *Gestalt* vorzunehmen. Es ist richtig, daß beide miteinander in enger Verbindung stehen, doch ist die Gestalt der Bodenporen so vielfältig, daß eine solche Unterscheidung nur theoretischen Wert hat. Richtiger ist es, wie *Liebenberg* und *Engelhardt* dies tun, die Bodenporen in „*wirksame*“ und „*unwirksame*“ einzuteilen ohne Rücksicht darauf, ob diese Hohlräume „Durchlässe“ oder „Kanäle“ usw. sind. Im Hinblick auf die Kapillarität ist jede weitere Einteilung überflüssig.

b) Kapillarwasserzonen im Boden.

Für die verschiedenen Erscheinungsformen des Kapillarwassers im Boden gibt es mehrere, anscheinend in Gegensatz zueinander stehende Bezeichnungen. Allgemein werden drei Formen unterschieden. Die unmittel-

bar über dem Grundwasserspiegel liegende Kapillarwasserzone, die mit Wasser ganz besättigt ist, nennt *Versluys* (75., S. 118 und 228., S. 7) kapillares Wasser“, *Zunker* (18., S. 96) bezeichnet sie als „geschlossenes Kapillarwasser“ und *Gradmann* (76., S. 92) als „repletären Zustand“ (des Kapillarwassers). Die Bodenporen der über dieser Zone liegenden Schicht sind nur zum Teil mit Kapillarwasser ausgefüllt, der zusammenhängende Kapillarwasserkörper ist gleichzeitig von einem zusammenhängenden Luftkörper umschlossen. Diesen Zustand nennt *Zunker* (18., S. 97) „offenes Kapillarwasser“. *Versluys* (75., S. 118) gibt ihm die Bezeichnung „funikulär“, welche von *Gradmann* übernommen wird. Für die nach oben anschließende Zone des Kapillarwassers ist nach *Gradmann* charakteristisch, daß hier kein zusammenhängender Kapillarwasserkörper, jedoch ein zusammenhängender Luftkörper vorhanden ist. Diesen Zustand nennt *Gradmann* nach *Versluys* (75., S. 118; 228., S. 7) „pendulär“. Die drei eben besprochenen begrifflichen Unterteilungen des Kapillarwassers stimmen hinsichtlich ihrer strengen Aufeinanderfolge mit den Versuchsergebnissen verschiedener Forscher nicht überein. *Laughlin* (84.) hat zuerst darauf hingewiesen, daß der maximale Wassergehalt der Kapillarzone nicht in unmittelbarer Nähe des Grundwassers, sondern etwas höher liegt. Die Untersuchungen von *Wadsworth* und *Smith* (85.) haben gezeigt, daß der maximale Wassergehalt nach der jeweiligen Bodenzusammensetzung zwischen 12 und 23% der Höhe des maximalen Kapillaraufstiegs liegt; die von hier aus höher oder tiefer liegenden Schichten enthalten weniger Wasser. Ähnliche Ergebnisse hatten die Untersuchungen von *King* (86.), nach dessen Angabe der Wassergehalt der Kapillarzone über dem Grundwasserspiegel bei 3" (ca. 7.5 cm) 23.54%, bei 9—12" (ca. 23—30 cm) 22.44%, bei 15—18" (ca. 38—45 cm) 27.93% und bei 21—24" (ca. 53—60 cm) 13.52% beträgt. Demnach hat *King* den maximalen Wassergehalt bei 15—18" gefunden. Auch *Engelhardt* hat Versuche zur Bestimmung des Wassergehaltes der Kapillarzone durchgeführt (82., S. 293). Er schreibt über seine Ergebnisse: „In diesem Versuche blieben also 13.8% des gesamten Porenraumes mit Luft gefüllt. Wegen der geringen Länge der Bodensäule, in welcher die Kapillarbewegung vor sich ging, werden es in erster Linie die kleinsten Kapillaren gewesen sein, die nicht mit Wasser gefüllt waren.“ („In this experiment therefore 13.8% of the total pore-space remained filled with air. Owing to the small length of the soil-column in which the capillary movement took place, it will have been more especially the smallest capillaries which were not filled with water.“)

Diese Erscheinung hängt mit der Ungleichförmigkeit des Bodens zusammen. Ein Naturboden ist aus Körnern aller Größen aufgebaut und muß daher auch kapillare Kanäle und Hohlräume der verschiedensten Weiten enthalten. Da die Geschwindigkeit des kapillaren Aufstiegs bis zu einer

gewissen Grenze von der Weite der Kapillaren abhängt und zwar anfangs in den weiteren Kapillaren größer ist als in den engeren, so wird bei Beginn des kapillaren Aufstiegs in einer Bodensäule die in den engeren Kapillaren enthaltene Luft durch das in den weiteren Kapillaren rascher aufsteigende Wasser seitwärts abgeschnürt. Während des Aufstieges nimmt die Geschwindigkeit des kapillaren Aufstiegs in den gröberen Poren ständig ab und nähert sich immer mehr der Aufstiegeschwindigkeit in den feineren Poren, bis schließlich bei einer bestimmten Höhe das Wasser in den gröberen und in den feineren Kapillaren gleich rasch aufsteigt. Diese Höhenzone ist durch einen *maximalen* Wassergehalt ausgezeichnet, weil in ihren feineren Poren keine Luftabschnürungen mehr erfolgen können. In den darüberliegenden Schichten vertauschen die gröberen und die feineren Poren ihre Rollen: Die feineren Poren übernehmen die Führung in der Wasserhebung, wodurch in zunehmendem Maße nunmehr in den gröberen Poren Luftabschnürungen eintreten und daher der Wassergehalt der Schichten immer mehr ab-, ihr Luftgehalt immer mehr zunimmt.

Im allgemeinen kann die Kapillargrenze keine horizontale Ebene bilden, sondern muß eine je nach der Ungleichförmigkeit des Bodens mehr oder weniger wellenförmige Fläche sein. Unter der Zone des maximalen Wassergehaltes sind durchwegs die feineren Poren, über dieser Zone die gröberen Poren mit Luft gefüllt. Wie wir später sehen werden, ist dieser Umstand für die Wasserversorgung der Pflanzen von besonderer Bedeutung. Zu bemerken ist noch, daß der Wassergehalt in einem Boden mit einheitlichem Kornaufbau von unten nach oben ständig abnehmen muß, weil hier der Kapillaraufstieg gleichmäßig vor sich geht und die oben geschilderten Luftabschnürungen nicht auftreten können. Solche Bodenverhältnisse kommen jedoch, wenn überhaupt, so doch nur sehr selten in der Natur vor und man kann daher im allgemeinen auch nicht von mit Kapillarswasser *ganz gesättigten* Zonen sprechen.

Zur Veranschaulichung der in den verschiedenen Kapillarzonen eintretenden Luftabschnürungen, die durch die Ungleichförmigkeit des Bodens entstehen, diene Abbildung 13, welche den kapillaren Wasserhub unserer Versuchsmaterialien (A, B, C, D, E, F, G, H) in strahlenförmiger Anordnung aufzeigt. (Auf den Zusammenhang zwischen der Korngrößenzusammensetzung und der Kapillarität der Versuchsmaterialien kommen wir später noch zurück.) Die Breite der mit großen Buchstaben bezeichneten Strahlen gibt zugleich ein Bild sowohl vom Feinheitsgrad als auch von der Kapillarität der verwendeten Körnungen. Das Schmälerwerden der Strahlen zeigt die Zunahme der Kornfeinheit und damit auch der Kapillarität an.

Der Kapillaraufstieg in den einzelnen Versuchsmaterialien von der Grundwasser Oberfläche (Rand des inneren schwarzen Kreises) aus ist in mm (1 cm = 100 mm) in die Strahlen eingezeichnet. Die konzentrischen

darin befindlichen Luft verhindert wird. So kann der weitere Kapillaraufstieg erst wieder oberhalb dieser Abschnürung vor sich gehen und der oben besagte Vorgang wiederholt sich, nur mit dem Unterschied, daß die Führung im Wasserhub jene Kapillaren übernehmen, in denen innerhalb eines bestimmten Zeitraumes die Aufstiegs geschwindigkeit am größten ist. In unserer Abbildung hört z. B. in der 30. Sekunde die Führung des Elementes E schon auf und F ist allein vorherrschend. Nach einer Stunde aber erschöpft sich auch F und B übernimmt 10 Stunden lang die Führung, die hierauf zwischen 10 und 24 Stunden dem Element C zufällt, und so setzt sich dieser Vorgang je nach dem Aufbau des Kapillarsystems des Bodens fort. Die Kapillarelemente, die ihren maximalen Aufhub erreicht haben, scheiden aus dem „Wettkampf“ aus. In unserem Beispiel trifft dies auf die Elemente A und G zu, die sich schon nach 1—2 Stunden erschöpft haben. Auch ist aus der Abbildung die schon erwähnte Tatsache klar zu ersehen, daß anfangs die feineren Kapillaren (D, C, B), später die gröberen (A, G, H, F, E) verhältnismäßig mehr Luft enthalten. Zu bemerken ist noch, daß das aus der Abbildung hervorgehende Verhältnis zwischen Luft und Kapillarwasser lediglich als Orientierung dienen kann, da aus zeichnerischen Gründen die die Zeiträume angehenden Kreise nicht in richtigem Maßstab zueinander stehen. Weiter läßt die Abbildung noch erkennen, daß der maximale Wassergehalt der Kapillarzone nicht in unmittelbarer Nähe der Grundwasseroberfläche liegen kann, sondern sich in jener Region befinden muß, in welcher die Kapillarkräfte der verschiedenen Kapillarelemente miteinander ins Gleichgewicht kommen.

In der Luftversorgung der Kapillarzone sind die Ausmaße der Bodenhohlräume und -kanäle sowie ihre Lage zum Grundwasser von Wichtigkeit.

Wir erwähnten schon, daß Hohlräume und Kanäle, die durch Körner von über 5 mm Durchmesser hervorgerufen werden, vollkommen kapillarunwirksam sind. Infolgedessen müssen diese Hohlräume immer mit Luft gefüllt sein, ohne Rücksicht darauf, in welchem Niveau der Kapillarzone sie liegen. Dagegen ist die Kapillarität der unter 5 mm großen, also kapillarwirksamen Bodenporen durch ihre Lage zum Grundwasser bestimmt. Unter der ihnen zukommenden maximalen Steighöhe liegend, sind sie stets kapillarwirksam und werden, sobald sie diese Lage überschritten haben, kapillarunwirksam. Die maximalen Steighöhen bei den verschiedenen Korngrößenklassen lassen sich nach *Atterberg* (73., S. 109) wie folgt angeben:

Korndurchmesser in	Steighöhe in
mm	mm
5'0—2'0	25
2'0—1'0	65
1'0—0'5	131

Korndurchmesser in mm	Steighöhe in mm
0.5—0.2	246
0.2—0.1	428
0.1—0.05	1055
0.05—0.02	2000

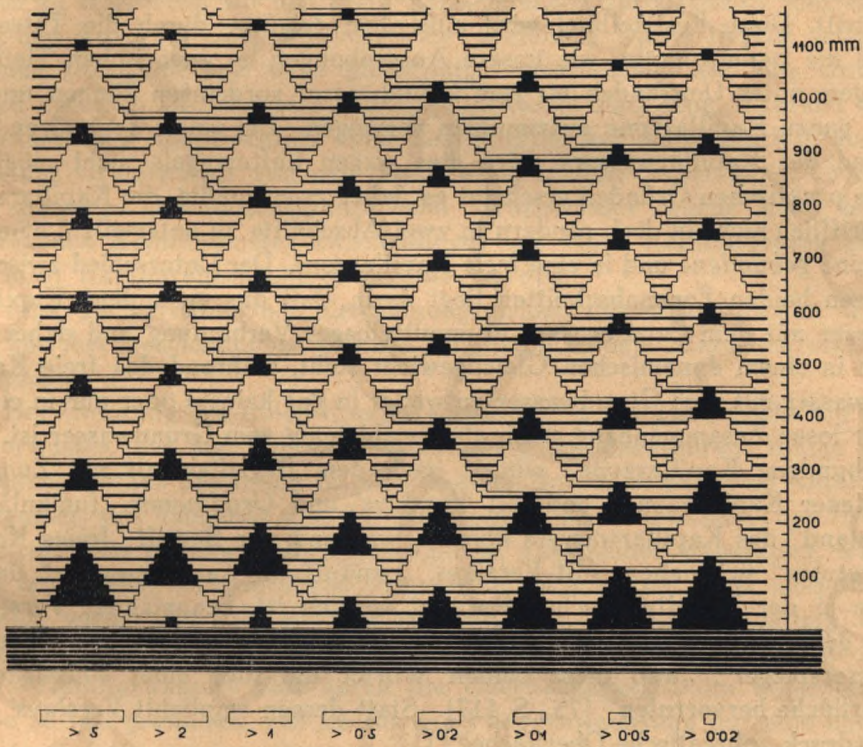


Abb. 14.

Schematische Darstellung der kapillaren Wirksamkeit verschieden weiter Bodenporen in Abhängigkeit von ihrer Lage zum Grundwasser.

In der Abbildung 14 wird die Kapillarwirksamkeit der den obigen Korngrößen entsprechenden Poren in Abhängigkeit von ihrer Lage zum Grundwasser schematisch dargestellt. Um ein vereinfachtes Bild von der gleichmäßigen Verteilung aller Porenweiten in allen Höhen einer Bodenschicht zu geben, wurden die Hohlräume in der Zeichnung so angeordnet, daß sie in jeder 2 cm-Schicht wechseln. Die mit Wasser gefüllten, also kapillarwirksamen Bodenporen sind schwarz, die unwirksamen sind weiß gezeichnet. Die Abbildung läßt erkennen, wie die kapillarwirksamen Hohlräume bei allmählicher Entfernung vom Grundwasser kapillarunwirksam

werden. So sehen wir z. B., daß in einer Entfernung von über 1055 mm nur die Hohlräume kapillarwirksam bleiben, die den unter 0'05 mm liegenden Korndurchmessern entsprechen, und weiter, daß jene Hohlräume, welche von Körnern mit über 5 mm großen Durchmessern erzeugt werden, immer kapillarunwirksam, also schon in unmittelbarer Nähe des Grundwassers mit Luft gefüllt sind. Hieraus geht hervor, daß im ungleichförmigen Boden allgemein ein „repletärer“ Zustand des Kapillarwassers nicht vorkommt und schon unmittelbar über dem Grundwasser ein „funikulärer“ Zustand eintritt. Diese Feststellung wird außerdem gestützt durch die Tatsache, daß die Baumwurzeln, wie unsere Ausgrabungen im ungarischen Tiefland zeigen, unter Umständen bis zum Grundwasser vordringen können und so die ganze Kapillarzone auszunützen vermögen. Bei einem repletären Zustand des Kapillarwassers wäre dies wegen Luftmangels nicht möglich. Aus praktischen Gründen erscheint es daher zweckmäßig, die Kapillarzone begrifflich nicht in drei, sondern in zwei Abschnitte zu unterteilen, nämlich in eine *gebundene* und in eine *freie* Kapillarzone. Der Unterschied zwischen diesen beiden Zonenabschnitten liegt darin, daß das gebundene Kapillarwasser mit dem Grundwasser in unmittelbarer Verbindung und daher mit ihm in einem dynamischen Gleichgewicht steht, während das freie Kapillarwasser mit dem Grundwasser entweder in gar keinem oder nur in einem sehr losen Zusammenhang steht, also unabhängig vom Grundwasser ist. Die „gebundene Kapillarzone“ stimmt nach dem Begriffsinhalt mit *Zunkers* „offener Kapillarzone“ und mit *Versluys'* und *Gradmanns* „funikulärem Zustand“ des Kapillarwassers überein, während der Begriff „freies Kapillarwasser“ sich nahezu mit *Versluys'* „pendulärem Kapillarwasser“ deckt. Wie in der Einleitung schon erwähnt worden ist, beanstandet *Versluys'* die gebräuchlichen Bezeichnungen „Grundwasseroberfläche“ und „Grundwasserspiegel“, „weil diese beiden Wörter die Idee einer Flüssigkeitsoberfläche hervorrufen“ (75., S. 117). Statt dessen empfiehlt *Versluys'* den Ausdruck „phreatische Oberfläche“.*)

Die obengenannten Bezeichnungen (Grundwasserspiegel bzw. -oberfläche) müssen eine Grenze ziehen zwischen zwei räumlichen Anordnungen des tropfbar flüssigen unterirdischen Wassers, nämlich zwischen Grundwasser und Kapillarwasser und dazu sind sie nicht geeignet. Jedoch bringt der Ausdruck „phreatische Oberfläche“ auch keine endgültige Lösung, weil Fälle vorkommen, bei denen wir tatsächlich von einer Grundwasseroberfläche oder einem Grundwasserspiegel sprechen können, und zwar dann, wenn das Grundwasser an makroskopisch großen Grenzflächen mit der Bodenluft in Berührung tritt. Z. B. kommt dies in allen nichtkapillaren

*) Hier ist zu erwähnen, daß *Daubrée* (100, S. 18, 19) schon im Jahre 1887 die Bezeichnung „phreatische Oberfläche“ anwandte, die auch von *Henry* (94., S. 8) übernommen wurde.

Hohlräumen vor, oder dann, wenn die wasserführende Schicht nicht kapillarwirksam ist, also das Grundwasser mit der Bodenluft auf große Flächen hin in Berührung steht. Dies trifft z. B. auf das Grundwasser der Münchener Schotterebene zu, wo es in den groben wasserführenden Schotterschichten eine wirkliche Oberfläche bildet. Aber auch sinngemäß bringt die Benennung „phreatische Oberfläche“ nichts Neues, sondern besagt im Grunde genommen das Gleiche wie Grundwasseroberfläche.*) Es scheint daher am besten zu sein, wenn wir alle diese Bezeichnungen zurückstellen und statt ihrer den Ausdruck „Gravitationsgrenze“ einführen. Dieser Begriff hat allgemeine Gültigkeit und weist gleichzeitig ausdrücklich auf den Unterschied zwischen Grundwasser und Kapillarwasser hin, denn, während das Kapillarwasser hauptsächlich unter dem Einfluß der Kapillarkräfte steht, wird das Grundwasser von den Gravitationskräften beherrscht. Ähnlich wie von einer Gravitationsgrenze beim Grundwasser würde auch beim *gebundenen Kapillarwasser* zweckmäßiger von einer Kapillargrenze statt von einer Kapillaroberfläche gesprochen werden.

Über die verschiedenen Erscheinungsformen des unterirdischen Wassers und ihre Bezeichnungen gibt die Abbildung 15 eine zusammenfassende Übersicht.

Der Ursprung des freien Kapillarwassers ist in der Hauptsache auf das Sickerwasser und die Wasserdampfströmung zurückzuführen. Einige Erscheinungsformen des freien Kapillarwassers (wie z. B. das feine Kapillarhaftwasser, das hängende und das aufsitzende Kapillarwasser, das Häutchen- und das Porenwinkelwasser) sind im allgemeinen dauernden, wenn auch langsamen Veränderungen unterworfen. Wie später näher ausgeführt werden wird, sind für die Pflanzenwelt von größter Bedeutung das *hängende* und das *aufsitzende* Kapillarwasser. Die anderen Formen des freien Kapillarwassers sind durch die Oberflächenkräfte im allgemeinen schon so fest gebunden, daß sie für das Pflanzenwachstum nur eine untergeordnete Rolle spielen. Dagegen bedeutet die „gebundene“ Kapillarwasserzone für die Pflanzenwurzel einen Idealzustand. Die praktische Bedeutung dieser mit dem Grundwasser in dynamischem Gleichgewicht stehenden Kapillarwasserzone wird noch ganz besonders durch die Tatsache erhöht, daß diese Zone ihren Wassergehalt bei Sinken der Gravitationsgrenze zum Teil beibehält und so den Pflanzen die Ausnutzung des Grundwassers ermöglicht. Auf diesen wichtigen Umstand werden wir später noch zurückkommen.

*) $\varphi\acute{\rho}\acute{\epsilon}\alpha\varrho$, $-\alpha\tau\omicron\varsigma$ = Brunnen und zwar „Ziehbrunnen“

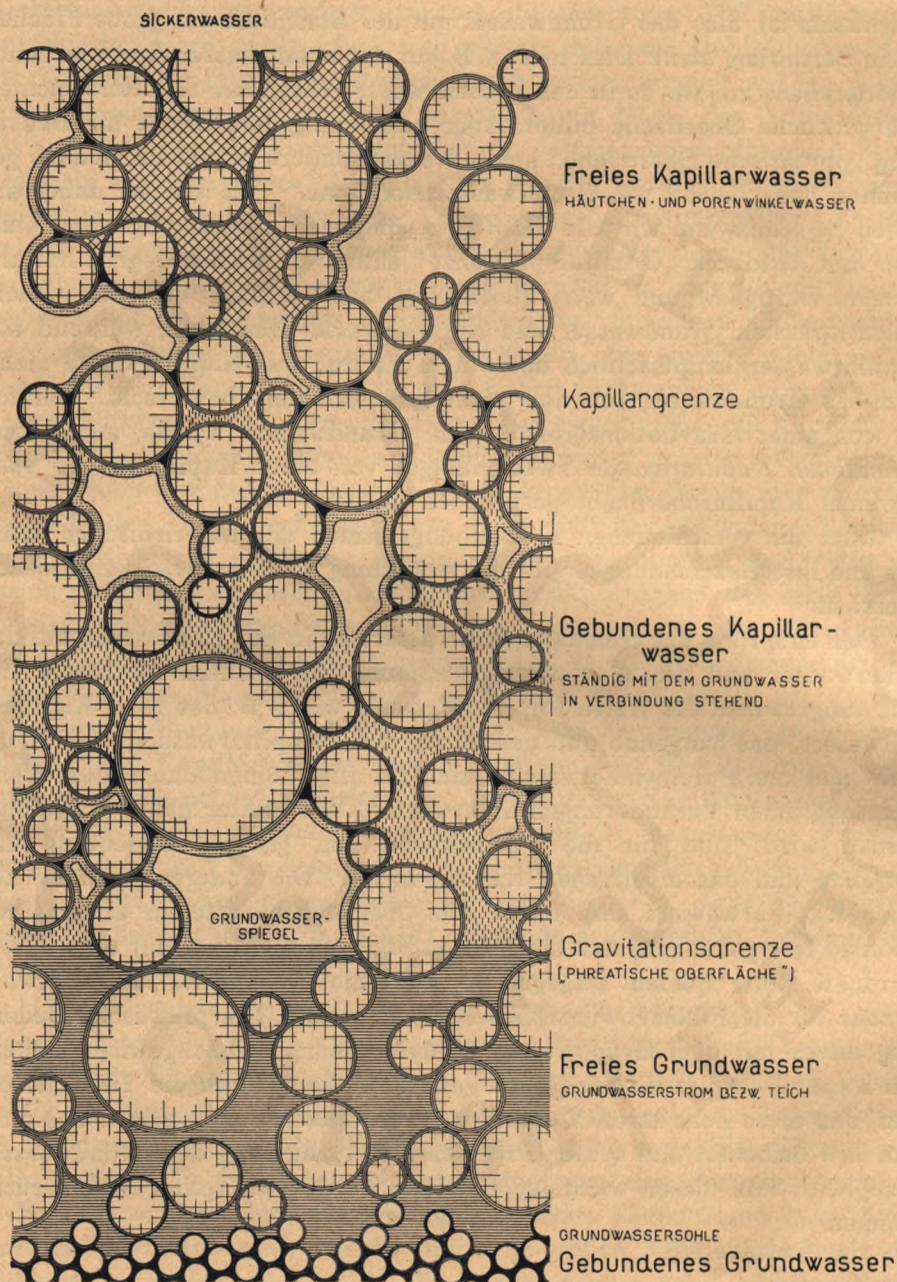


Abb. 15.

Eine auf die neuesten Forschungsergebnisse gegründete Einteilung des unterirdischen Wassers.

c) Kapillarer Wasseraufstieg in mehrschichtigen Böden.

Mit der Erforschung der Kapillarität des Bodens haben sich viele Forscher befaßt, unter denen hervorzuheben sind: *Wollny* (30., 74.), *Klenze* (31.), *Atterberg* (73.), *Versluys* (75.), *Edler* (80.), *Krawkow* (83), *Engelhardt* (82.), *Laughlin* (84.), *Wadsworth* und *Smith* (85.), *Krüger* (87.), *Kozeny* (88.), *Liebenberg* (89.). Diese Forscher haben jedoch fast durchweg nicht die Tatsache in ihren Untersuchungsbereich mit einbezogen, daß die Böden in der Natur im allgemeinen *schichtenweise* vorkommen. Nur in den Arbeiten von *Wollny* und *Liebenberg* finden sich hierzu einige Hinweise. Da der ungarische Tieflandboden infolge seiner fluviatilen und äolischen Entstehung eine reiche Schichtung aufweist, ist es erforderlich, daß wir uns mit dieser Frage eingehender beschäftigen.

Um über den Verlauf des kapillaren Wasseraufstiegs in Böden mit einer Schichtenfolge verschiedenen Kornaufbaus ein klares Bild zu gewinnen, haben wir mit verschiedenen Sanden und Bodenarten Laboratoriumsversuche durchgeführt.

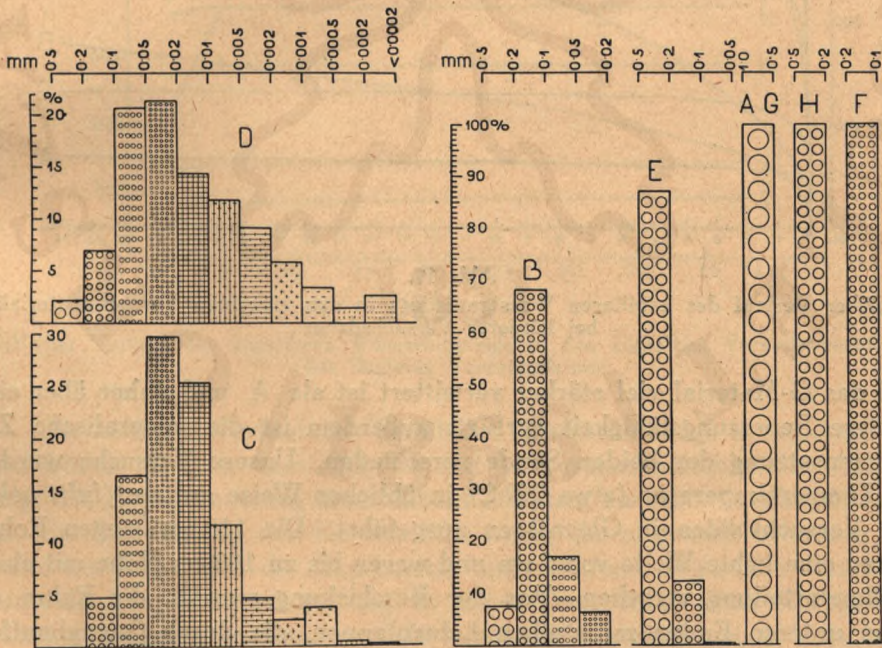


Abb. 16.

Kornaufbau der zu den Kapillaritätsuntersuchungen verwendeten Sand- und Bodenproben.

a) Kornaufbau und Kapillarität der Versuchsmaterialien.

Der Kornaufbau der verwendeten Versuchsböden ist aus Abb. 16 zu ersehen. Zur besseren Übersicht wurden sowohl die Versuchsböden als auch die zugehörigen, in den Abb. 17 und 18 dargestellten Kurven des kapillaren Aufstiegs entsprechend mit großen Buchstaben bezeichnet. Zu den Versuchsmaterialien A und G müssen wir bemerken, daß diese trotz gleicher Korngrößenzusammensetzung eine verschiedene Kapillarität aufweisen. Der Grund hierfür dürfte in erster Linie darin zu suchen sein,

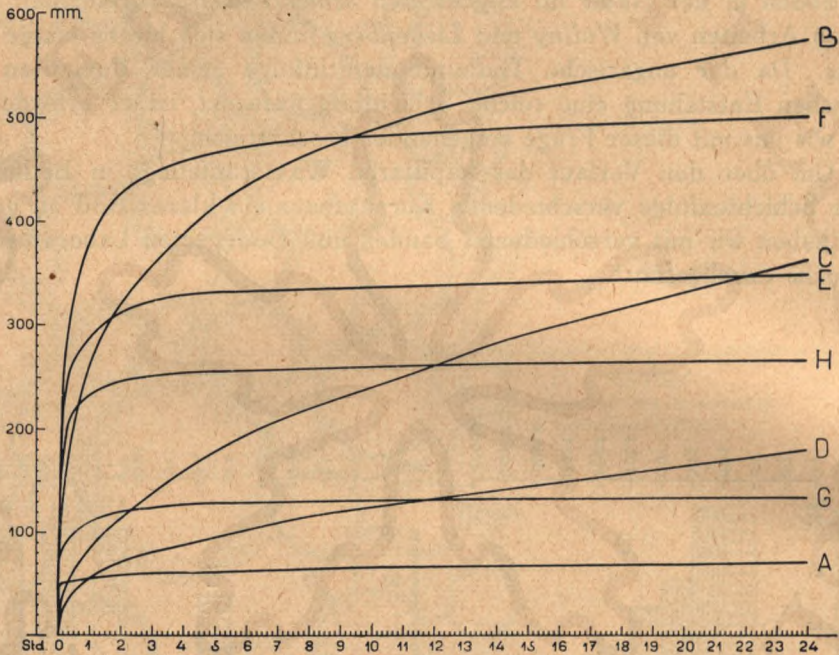


Abb. 17.

Zeitlicher Verlauf des kapillaren Wasseraufstiegs in den einzelnen Versuchsmaterialien bei kürzerer Versuchsdauer.

daß das G-Material viel stärker verwittert ist als A und daher über eine größere Benetzungsfähigkeit verfügt; außerdem ist die mineralische Zusammensetzung der beiden Sande verschieden. Unsere Versuche wurden bei Zimmertemperatur (etwa 20° C) in üblicher Weise mit den *lufttrockenen* Versuchsböden in Glasrohren ausgeführt. Die 110 cm langen Rohre hatten eine lichte Weite von 2 cm und waren bis zu 100 cm Höhe mit einer Millimeterteilung versehen. Vor der Beschickung wurden die Rohre an ihren unteren Enden mit groben Leinenlappen, die durch Gummimuffen gespannt gehalten wurden, verschlossen. Die Einfüllung der Versuchsböden in die Rohre erfolgte portionenweise nach dem von Krüger (90.,

S. 215) auf Grund von eingehenden Untersuchungen empfohlenen Rüttelverfahren. Die beschickten Rohre wurden dann in eine Glaswanne mit Wasser gestellt, dessen Spiegel während der ganzen Versuchsdauer durch eine Wasserzuführung mit Selbststeuerung auf der gleichen Höhe gehalten wurde.

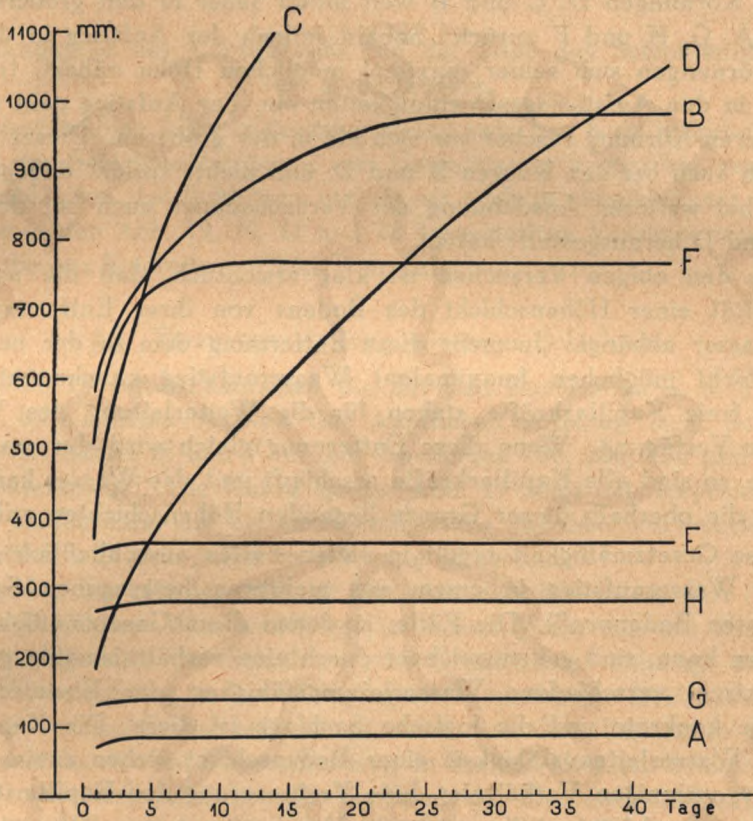


Abb. 18.

Zeitlicher Verlauf des kapillaren Wasseraufstiegs in den einzelnen Versuchsmaterialien bei längerer Versuchsdauer.

Der zeitliche Verlauf des kapillaren Wasseraufstiegs in unseren Versuchsböden wird in den Abb. 17 und 18 veranschaulicht. Die Abb. 17 zeigt den Kapillaraufstieg innerhalb 24 Stunden, die Abb. 18 schließt daran an. Bei Betrachtung der Kurven fällt sofort die allgemein bekannte Tatsache ins Auge, daß die Kapillarität eines Bodens, abgesehen von seiner mineralischen Zusammensetzung, in erster Linie durch seine Korngrößenzusammensetzung bestimmt ist. Je feiner die Bodenkörner, d. h. je enger die Bodenporen sind, desto höher, gleichzeitig aber auch desto langsamer ist der Wasserhub. In den groben Körnungen erfolgt der Aufstieg am

schnellsten. So wird in den Sanden A, G, H, E und F die maximale Steig-
höhe bereits nach 1—5 Stunden beinahe erreicht, während dies in dem fei-
ner zusammengesetzten Versuchsboden B erst nach etwa 25 Tagen und
in den noch feinkörnigeren Versuchsböden C und D erst nach etwa 43
Tagen der Fall ist. Anfangs bleibt die Aufstiegs-geschwindigkeit in den
feineren Körnungen D, C und B weit hinter jener in den gröberen Kör-
nungen A, G, H und F zurück. Sobald jedoch der Aufstieg in den grö-
beren Körnungen sich seiner maximal möglichen Höhe nähert, tritt eine
Umkehr in den Aufstiegs-geschwindigkeiten ein, der Aufstieg geht dann in
der feineren Körnung rascher vor sich als in der gröberen. Dieser Verlauf
zeigt sich auch bei den Kurven B und D, und nichts spricht dagegen, daß
er sich bei weiterer Ausdehnung der Versuchsdauer auch bei den Kur-
ven C und D herausgestellt hätte.

Aus den obigen Versuchen ist klar ersichtlich, daß die *wirksame*
Kapillarität einer Höhenschicht des Bodens von ihrer Entfernung zum
Grundwasser abhängt. Je mehr diese Entfernung dem in der betreffen-
den Schicht (möglichen (maximalen) Wasseraufstieg nahek-
kommt, desto weniger freie Kapillarkräfte stehen für die Weiterleitung des Wassers
noch zur Verfügung. Wenn diese Entfernung gleich wird der maximalen
Hubhöhe, so sind alle Kapillarkräfte erschöpft und das Wasser kann nicht
mehr in die oberhalb dieser Grenze liegenden Höhenschichten aufsteigen.

Diese Gesetzmäßigkeit regelt in vielen Fällen ausschließlich den ka-
pillaren Wasseraufstieg in einem aus mehreren heterogenen Schichten
aufgebauten Bodenprofil. Die Fälle, in denen diese Gesetzmäßigkeit sich
auswirken kann, sind gekennzeichnet durch eine verhältnismäßig gute und
nicht extrem verschiedene Wasserleitungsfähigkeit der Einzelschichten.
Denn die konkrete und die logische Sachlage ist diese: Die Kapillarität
und die Wasserleitungsfähigkeit einer Bodenschicht stehen zueinander in
einem *gegensinnigen* Verhältnis: Jede Verbesserung der Kapillarität muß
mit einer unverhältnismäßig größeren Herabsetzung der Wasserleitungs-
fähigkeit bezahlt werden und umgekehrt. Es gibt Fälle in der Natur (wo-
bei an den extremen Fall einer Tonschicht erinnert werden darf), bei
denen einer außerordentlich großen Kapillarität nur eine minimale, prak-
tisch verschwindende Wasserleitungsfähigkeit zugeordnet ist. Die Gesetzmäßigkeit,
daß bei Erschöpfung aller Kapillarkräfte der kapillare Was-
seraufstieg aufhört, darf daher nicht umgekehrt werden in die Behauptung,
daß bei Aufhören des kapillaren Wasseraufstiegs an einer bestimmten
Schicht die Kapillarkräfte dieser Schicht *stets* erschöpft seien. Sie können
erschöpft sein, brauchen es aber nicht unbedingt zu sein, denn der Still-
stand des kapillaren Wasserhubes an der betreffenden Schicht kann auch
durch deren schlechte Wasserleitungsfähigkeit verursacht sein.

Bei Zutreffen der oben angegebenen Bedingungen (nämlich einer

verhältnismäßig guten und nicht extrem verschiedenen Wasserleitungsfähigkeit der Einzelschichten) ist bestimmend für das Ausmaß der kapillaren Weiterleitung des Wassers aus einer unteren Schicht zur darüberliegenden Schicht das Verhältnis der wirksamen Kapillaritäten der beiden Bodenschichten an ihrer Übergangsstelle.

β) Abhängigkeit des Kapillarhubs von der Lage des Schichtenübergangs zum Grundwasser.

Die gesetzmäßige Abhängigkeitsbeziehung zwischen Kapillarhub und Entfernung des Schichtenübergangs vom Grundwasser zeigen bei verschiedener Kombination der Schichten und damit auch in verschiedener Auswirkung die in den Abb. 19, 20, 21 und 22 dargestellten Versuche mit Bodensäulen, die aus heterogenen Schichten aufgebaut waren.

β₁) Versuchsanstellung mit zwei Schichten.

In Abb. 19 veranschaulichen die mit den Buchstaben a, b, c, d, e, f und h bezeichneten Kurven den kapillaren Aufstieg beim Schichtenwechsel der Sande E und F in den Abständen 150, 300, 450 und 600 mm vom Wasserspiegel. Die Kurve g der Abb. 19 zeigt den Kapillaraufstieg in einer Bodensäule, die bis zu 400 mm Höhe aus dem Versuchsboden B und darüber aus der größeren Körnung E besteht.

Aus den Kurven der Abb. 19 läßt sich deutlich sehen, daß der Verlauf des kapillaren Wasseraufstiegs in hohem Maße von der Entfernung der Übergangsstelle der Schichten zum Grundwasser abhängt, und zwar ist der Weiteraufstieg an der Übergangsstelle umsomehr erschwert, je entfernter diese zum Grundwasser liegt, oder, was dasselbe ist, je mehr sie sich der maximalen kapillaren Hubhöhe in der betreffenden Schicht nähert. Besonders deutlich zeigt dies ein Vergleich der Kurven b und c bzw. der Kurven a, d, e und h. Wenn die Entfernung der Übergangsstelle vom Grundwasser über der maximalen Steighöhe, die in der unteren Schicht erreichbar ist, liegt, dann hat selbstverständlich die Schichtung auf den Kapillarhub keinen Einfluß, weil dann der ganze Vorgang in der unteren Schicht verläuft. Diesen Fall zeigt die f-Kurve, wo die Entfernung der Übergangsstelle vom Grundwasser die 378 mm hohe maximale Steighöhe in der Körnung E um 72 mm übersteigt.

Wenn das gröbere Material über dem feineren liegt, so wird der Kapillaraufstieg am Schichtenübergang erschwert und kann auch vollständig verhindert werden. Die Stärke dieser Behinderung hängt wiederum von der Entfernung der Übergangsstelle vom Grundwasser ab. Wir sehen, daß beim Versuch a, wo die Übergangsstelle 150 mm vom Grundwasser entfernt liegt, der maximale Wassersog (370 mm) die maximale Kapillar-

grenze (378 mm) des gröberen Materials nahezu erreicht. Beim Versuch d dagegen mit einer vom Grundwasser 300 mm weit abliegenden Übergangsstelle stockt der Wasseraufstieg an der Trennungsfäche zwischen der feineren und der gröberen Schicht anfangs ganz und kommt erst nach 13—15

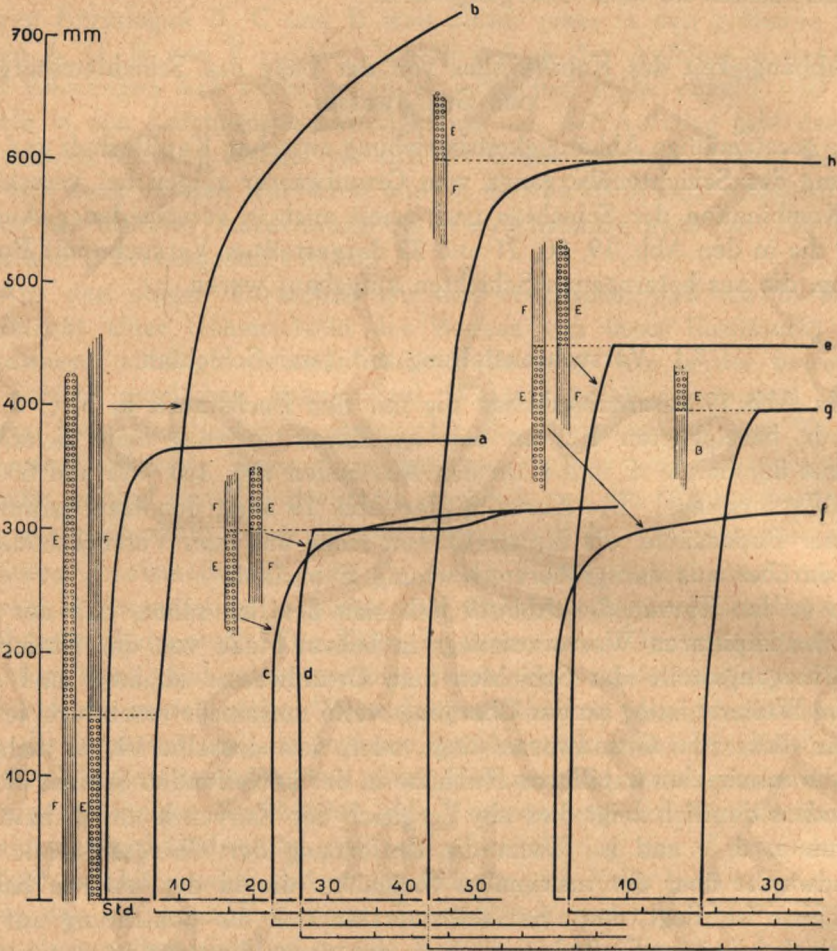


Abb. 19.

Kapillarer Wasseraufstieg in zweischichtigen Sandsäulen verschiedener Schichtenfolge bei verschiedener Mächtigkeit der mit dem Grundwasser in Berührung stehenden Schicht.

Stunden allmählich wieder in Gang, jedoch mit einer so geringen Geschwindigkeit, daß sein Endwert wegen der dazu erforderlichen überlangen Versuchsdauer nicht bestimmt wurde. Bei noch höher liegender Übergangsstelle, wie bei den Versuchen e und h hört an der groben Oberschicht der kapillare Wasseraufstieg vollständig auf. Die Erklärung für diese Erscheinung geben wir später.

Von den zwei in der Abb. 20 dargestellten Versuchsreihen soll zunächst die den Kurven a, b, c, d, e und i entsprechende ausgewertet werden. Auch bei dieser Versuchsreihe liegt (wie bei den Versuchen b, c und f der Abb. 19) über einer Schicht mit geringerer eine solche mit

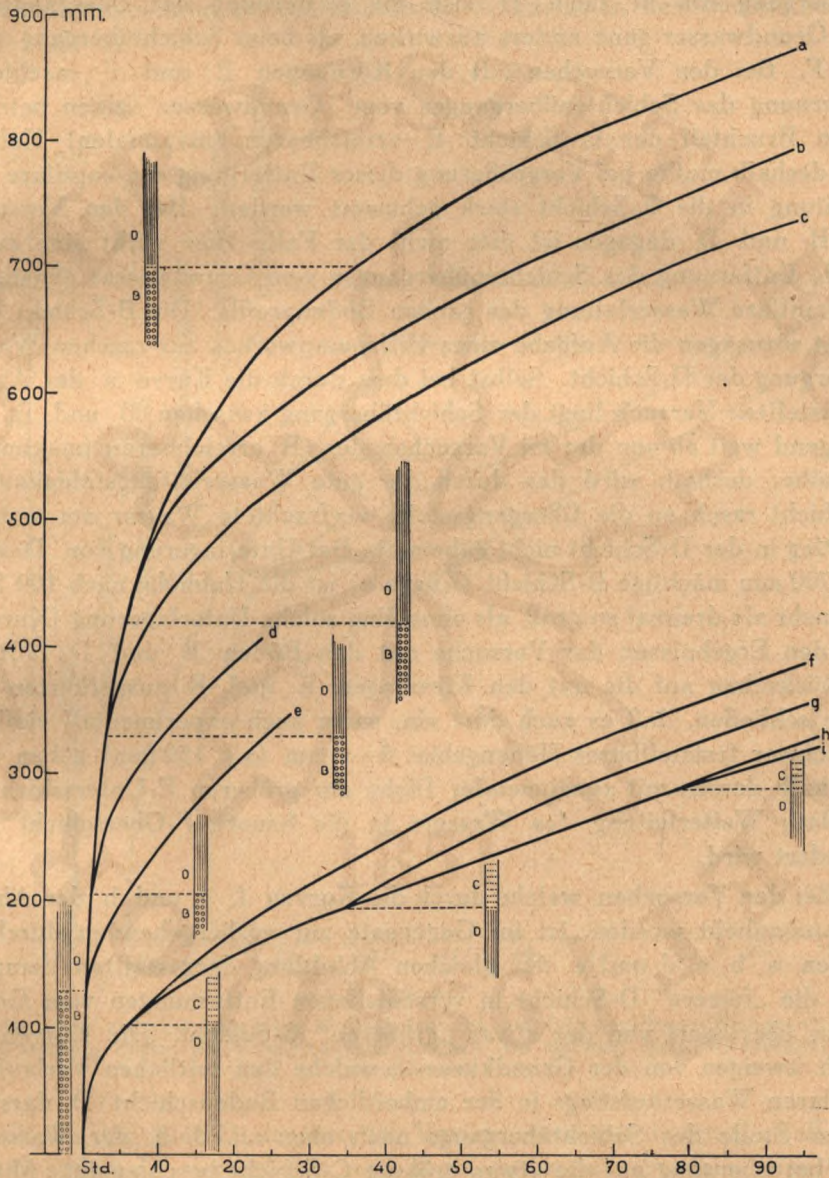


Abb. 20.

Kapillarer Wasseraufstieg in zweischichtigen Bodensäulen größerer Kapillarität bei verschiedener Schichtenfolge und verschiedenem Abstand des Schichtenüberganges vom Grundwasser.

größerer Kapillarität. Weil jedoch die Kapillaritäten der jetzt verwendeten Versuchsböden B und D nicht nur beide an sich größer, sondern auch unter sich verschiedener sind, als jene der groben Körnungen E und F, was ein Blick auf die Abb. 18 sofort erkennen läßt, so muß beim Schichtenübergang von B nach D sich die Entfernung der Übergangsstelle vom Grundwasser ganz anders auswirken, als beim Schichtübergang von E nach F. Bei den Versuchen mit den Körnungen E und F machte die Entfernung des Schichtenüberganges vom „Grundwasser“ einen beträchtlichen Bruchteil der in Schicht E erreichbaren (maximalen) Hubhöhe aus; deshalb mußte bei Vergrößerung dieser Entfernung die kapillare Weiterleitung in die F-Schicht stark gehemmt werden. Bei den Versuchen mit B und D dagegen ist dies nicht der Fall. Hier wirkt eine zunehmende Entfernung des Schichtenüberganges vom Grundwasser günstig auf die kapillare Wasserleitung des ganzen Bodenprofils. Die B-Schicht übernimmt sozusagen die Aufgabe eines Hilfspumpwerkes zur raschen Wasserversorgung der D-Schicht. Selbst bei dem durch die Kurve a der Abb. 20 dargestellten Versuch liegt der Schichtübergang zwischen B und D noch genügend weit ab von der im Versuchsboden B erreichbaren (maximalen) Hubhöhe; deshalb wird das durch die gute Wasserleitungsfähigkeit der B-Schicht rasch an die Übergangsstelle verfrachtete Wasser am weiteren Aufstieg in der D-Schicht nicht gehemmt. Bei Unterlagerung von D durch eine 700 mm mächtige B-Schicht (Kurve a) ist die Hubhöhe nach 100 Stunden mehr als dreimal so groß, als ohne eine solche Unterlagerung (Kurve i). Aus den Ergebnissen der Versuche mit den Böden B und D läßt sich bei Rückschau auf die mit den Körnungen E und F ausgeführten Versuche schließen, daß es auch dort ein, wenn auch experimentell vielleicht nur schwer feststellbares Höhengebiet $0-x$ mm ($x < 150$ mm) geben muß, innerhalb dessen mit zunehmender Dicke der gröberen E-Unterschicht die kapillare Weiterleitung des Wassers in die feinere F-Oberschicht nicht behindert wird.

Bei den Versuchen, welche durch die Kurven f, g und h der Abb. 20 veranschaulicht werden, ist im Gegensatz zur vorhergehenden durch die Kurven a, b, c, d und e der gleichen Abbildung dargestellten Versuchsreihe die „feinere“ D-Schicht in verschiedenen Entfernungen vom Grundwasser überlagert von der etwas „gröberen“ C-Schicht. Die Kurven f, g und h zweigen von der Grundkurve i, welche den zeitlichen Verlauf des kapillaren Wasseraufstiegs in der einheitlichen Bodenschicht D darstellt, an der Stelle des Schichtübergangs nach oben ab, d. h. der Wassersog wird bei Übergang auf die etwas gröbere C-Schicht beschleunigt. Mit zunehmender Entfernung des Schichtenüberganges vom „Grundwasser“ nimmt jedoch diese Beschleunigung ab (die Abzweigungen f, g und h erheben sich immer weniger über die Kurve i). Würde die Entfernung des Schicht-

tenüberganges vom Grundwasser noch weiter vergrößert, so würde von einer bestimmten Grenze ab an der Übergangsstelle überhaupt keine Beschleunigung der Aufstiegs geschwindigkeit mehr zu beobachten sein. Diese Grenz Entfernung der Übergangsstelle ist ausgezeichnet durch die gleiche Momentangeschwindigkeit des kapillaren Aufstiegs in den beiden Schichten D und C.

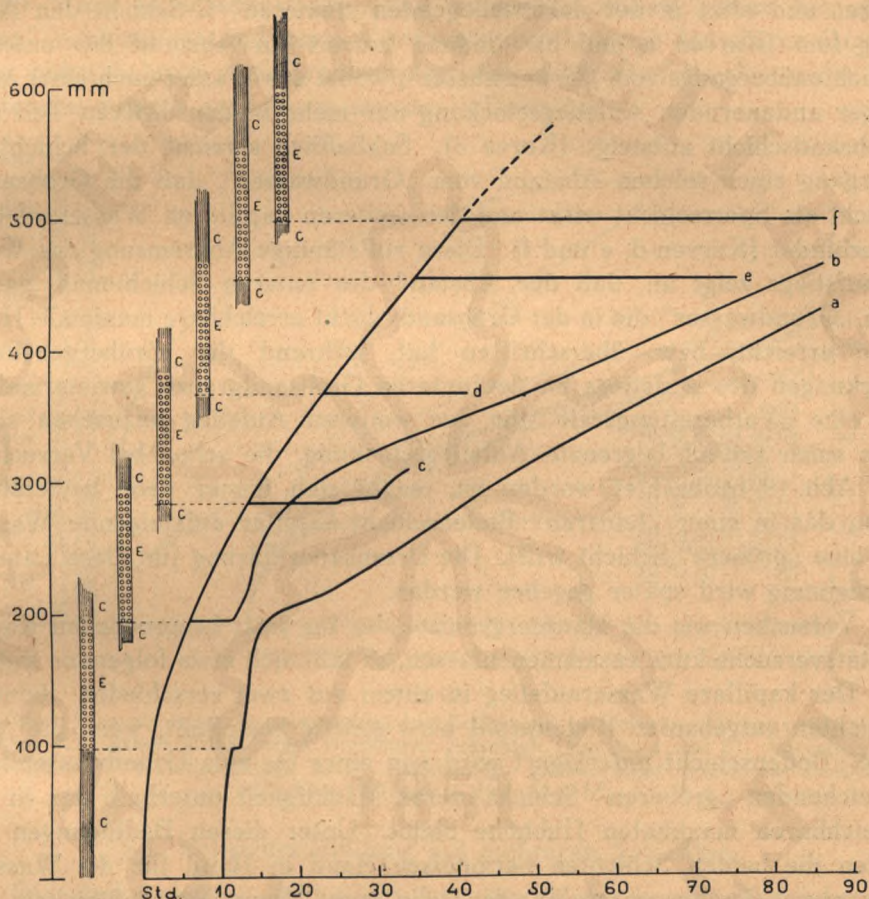


Abb. 21.

Wirkung einer zwischengelagerten Grobsandschicht auf den kapillaren Wasseraufstieg in einem feineren Boden bei verschiedenem Abstand des unteren Schichtenübergangs vom Grundwasser.

Die in der Abb. 21 dargestellte Versuchsreihe zeigt den Einfluß einer vom Grundwasser verschieden weit abgelegenen zwischengelagerten Grobsandschicht (E) von 10 cm Mächtigkeit auf den Wasserhub eines verhältnismäßig feinen Bodens (C). Mit Zunahme des Abstandes der Grobsandschicht E vom „Grundwasser“, also mit wachsender Annäherung dieses

Abstandes an die in der E-Schicht erreichbare maximale Hubhöhe, machen sich bei Ankunft des Wassers an der Grobsandschicht zunehmende Stockungen des weiteren Kapillaraufstieges bemerkbar. Bei nicht zu großer Höhenlage des unteren Schichtenübergangs sind diese Stockungen nur vorübergehend; das am Grobsand ankommende Wasser braucht nur immer länger, um darin aufzusteigen, kann aber diese Schicht doch noch überqueren und setzt in der darüberliegenden „feineren“ C-Schicht den Aufstieg fort (Kurven a und b). Sodann kommt ein Abstand des unteren Schichtenübergangs vom „Grundwasser“, wobei das Wasser nach einer noch länger andauernden Aufstiegsstockung nur mehr in den unteren Teil der Grobsandschicht aufsteigt (Kurve c). Schließlich erreicht der Schichtenübergang einen solchen Abstand vom „Grundwasser“, daß die Grobsandschicht als Sperrschicht wirkt und den weiteren kapillaren Wasseraufstieg unterbindet (Kurven d, e und f). Diese vollständige Abbremsung des Wasseraufstiegs zeigt an, daß der Abstand des unteren Schichtenübergangs vom „Grundwasser“ die in der Grobsandschicht erreichbare maximale Hubhöhe erreicht, bzw. überschritten hat, während die vorübergehenden Stockungen des Aufstiegs an der unteren Grobsandgrenze gewissermaßen als eine „Vorbereitungszeit“ für den weiteren Aufstieg anzusehen sind. Eine solch zeitlich begrenzte Aufstiegsstockung, die schon bei Versuch c der Abb. 19 beobachtet worden ist, macht sich immer dann bemerkbar, wenn das in einer „feineren“ Bodenschicht kapillar aufsteigende Wasser auf eine „gröbere“ Schicht trifft. Die Ursachenerklärung für diese Latenzerscheinung wird später gegeben werden.

Versuchen wir die Hauptergebnisse der bis jetzt besprochenen Kapillaritätsversuche kurz zusammenzufassen, so läßt sich etwa folgendes sagen:

Der kapillare Wasseraufstieg in einem aus zwei verschiedenen „feinen“ Schichten aufgebauten Bodenprofil wird *günstig* beeinflusst, wenn die „feinere“ Bodenschicht *unterlagert* wird von einer bis zum Grundwasser hinreichenden „gröberen“ Schicht, deren Mächtigkeit unterhalb der in ihr erreichbaren maximalen Hubhöhe bleibt. Unter diesen Bedingungen arbeiten die beiden Schichten harmonisch Hand in Hand für die Wasserversorgung des Gesamtprofils, denn die gute Wasserleitungsfähigkeit der „gröberen“ Unterschicht unterstützt die gute Kapillarität der „feineren“ Oberschicht. Es werden also in einem derartig geschichteten Bodenprofil als Ganzem wasserherbeischaffende Eigenschaften miteinander vereint, die in einem *einschichtigen* Bodenprofil meist unvereinbar sind. Ist dagegen die Schichtenaufeinanderfolge eine umgekehrte, liegt also die „feinere“ Schicht unter der „gröberen“, so wird die Wasserversorgung des Gesamtprofils *ungünstig* beeinflusst. Die „gröbere“ Oberschicht behindert die „feinere“ Unterschicht in der kapillaren Pumpwirkung, weil ihre kleinere Kapillarität die größere Kapillarität der Unterschicht verdrängt, ohne daß ihre bald

mattgesetzte gute Wasserleitungsfähigkeit hierfür einen Ausgleich schaffen könnte.

Aus den Versuchen mit zweischichtigen Profilen läßt sich die Schlußfolgerung ziehen, daß in Bodenprofilen, die aus einer beliebig großen Anzahl von Schichten aufgebaut sind, der kapillare Wasserhub dann am raschesten vor sich geht und keine Störungen erleidet, wenn die Schichten in der Weise aufeinanderfolgen, daß immer die „feinere“ über der „gröberen“ Schicht liegt, und wenn *gleichzeitig* der Abstand der oberen Grenze einer jeden Schicht vom Grundwasser nicht größer ist als die in der betreffenden Schicht erreichbare maximale Hubhöhe.

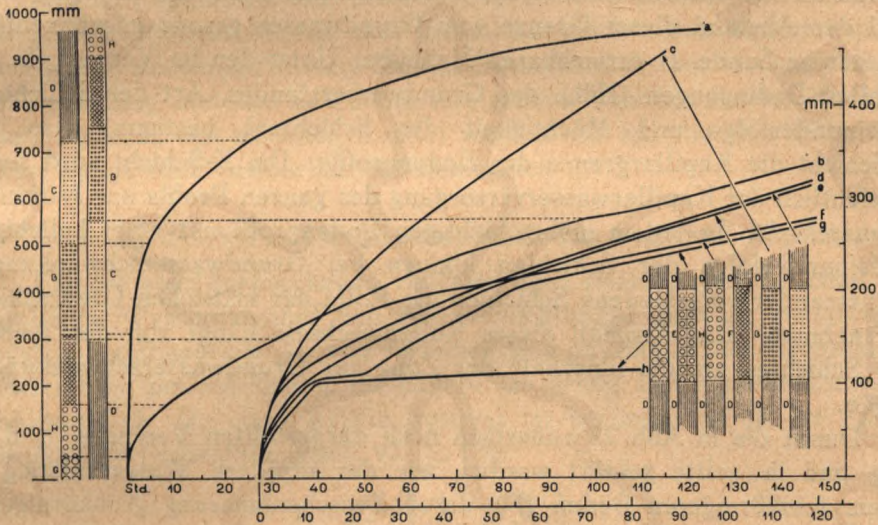


Abb. 22.

Kapillarer Wasseraufstieg in mehrschichtigen Bodenprofilen mit einer Folge immer feinkörniger bzw. immer grobkörniger werdenden Schichten (Kurven a und b). Beeinflussung des kapillaren Wasseraufstiegs durch zunehmend gröbkörniger werdende Zwischenschichten (Kurven c, d, e, f, g, h).

β_2) Versuchsanstellung mit mehreren Schichten.

Die eben gezogene Schlußfolgerung wurde durch zwei Versuche bestätigt, deren Ergebnisse von den Kurven a und b der Abb. 22 veranschaulicht werden.

Kurve a zeigt den zeitlichen Verlauf des kapillaren Wasseraufstiegs in einer sechsschichtigen Bodensäule mit einer Schichtenfolge, die im Sinne der obigen Schlußfolgerung hinsichtlich der Kapillarwasserversorgung des Gesamtprofils „wohlgeordnet“ war: mit zunehmender Entfernung vom „Grundwasser“ wurde der Kornaufbau der Schichten immer feiner und der Abstand der oberen Grenze einer jeden Schicht vom Grundwasser war kleiner als die in der betreffenden Schicht erreichbare (maximale)

Hubhöhe. Bei einer derartigen Schichtenfolge geht tatsächlich der kapillare Wasserhub rascher vor sich und erreicht auch eine größere Endhöhe, als wenn die gleichen Schichten mit gleicher Mächtigkeit, aber in umgekehrter Reihenfolge das Bodenprofil aufbauen, wie ein Vergleich von Kurve a mit Kurve b zeigt, welche für diesen zuletzt genannten Fall gilt. So erreicht z. B. in 10 Stunden die Kurve a eine Höhe von 600 mm, die Kurve b nur eine solche von 200 mm. Bei Versuch a wird der kapillare Wasseraufstieg noch solange langsam weitergehen, bis der Abstand der Kapillargrenze vom Grundwasser so groß geworden ist wie die im Versuchsboden D erreichbare Hubhöhe, während bei Versuch b der Kapillarhub an der unteren Grenze der F-Schicht zum Stillstand kommen wird, weil der Abstand dieser Grenze vom Grundwasser gerade zusammenfällt mit der im Sande F erreichbaren Hubhöhe. Unter den im Versuch b gewählten Bedingungen (Höhe des Grundwasserstandes, Art der Schichtenaufeinanderfolge und Mächtigkeit der Schichten) bestimmt also die F-Schicht die Kapillargrenze des Bodenprofils. Die F-Schicht wird somit hinsichtlich der Kapillarwasserversorgung des ganzen Profils zur *kritischen Grenzschicht*. In jedem mehrschichtigen Bodenprofil mit einer beliebigen Aufeinanderfolge der Schichten können bei Grundwasserschwankungen nacheinander verschiedene Schichten die Rolle der kritischen Grenzschicht übernehmen. Das Ausmaß dieses Rollenwechsels hängt von der Anzahl der Schichten ab, die innerhalb der Zone der Grundwasserschwankungen liegen.

Durch die in Abb. 22 außerdem noch dargestellten Versuche c, d, e, f, g und h sollte geklärt werden, wie der kapillare Wasseraufstieg in einem feinkörnigeren Boden (D) durch Zwischenlagerung grobkörnigerer Schichten (C, B, F, H, E, G) von annähernd gleicher Mächtigkeit*) (10 cm) und gleicher Höhenlage über dem Grundwasser, aber zunehmender Grobkörnigkeit verändert wird. Ein Vergleich der Kurven c, d, e, f, g und h mit der Kurve i der Abb. 20 zeigt, daß durch die C-, B-, F-, H- und E-Zwischenschichten der kapillare Wasserhub verbessert, durch die G-Zwischenschicht aber unterbunden wird. Die Verbesserung des kapillaren Wasseraufstiegs durchläuft mit Zunahme der Grobkörnigkeit der Zwischenschichten ein Optimum, das unter den gewählten Versuchsbedingungen bei Zwischenschaltung der B-Schicht sich einstellt (die B-Schicht ist grobkörniger als die C-Schicht und feinkörniger als die F-Schicht). Links und rechts von diesem Optimum geht die Verbesserung des kapillaren Wasserhubes zurück, jedoch aus verschiedenen Gründen: links vom Optimum (also bei zunehmender Grobkörnigkeit der Zwischenschicht) we-

*) Beim Einfüllen der Rohre gelang es wegen verschieden starken Nachsackens der verschiedenen Körnungen trotz größter Sorgfalt und öfters wiederholter Beschickung der Rohre leider nicht, stets Zwischenschichten von absolut gleicher Mächtigkeit zu erhalten.

gen Abnahme der Kapillarität der Zwischenschicht, rechts vom Optimum (also bei abnehmender Grobkörnigkeit der Zwischenschicht) dagegen wegen Abnahme der Wasserleitungsfähigkeit der Zwischenschicht infolge zunehmender Reibungswiderstände, die sich immer mehr jenen im Versuchsboden D bestehenden annähern. Die Kurven c, d, e, f, g und h sollten erst am unteren Schichtenübergang voneinander abzweigen. Daß dies nicht der Fall ist, muß auf die in der Fußnote erwähnten Einfüllungs-schwierigkeiten zurückgeführt werden. Nebenbei sei noch vermerkt, daß bei Versuch g die schon bei früheren Versuchen öfters festgestellte vorübergehende Stockung des kapillaren Wasseraufstiegs zu beobachten war.

Aus den Kapillaritätsuntersuchungen an mehrschichtigen Bodenprofilen geht zweifelfrei hervor, daß die Bodenschichtungen hinsichtlich der Nutzbarkeit des Grundwassers für das Pflanzenwachstum von entscheidender Bedeutung sind und daß daher ihre genaue Kenntnis für den Praktiker unerlässlich ist. Im nächsten Kapitel werden wir auf die praktische Seite dieser Frage noch ausführlich zurückkommen.

7) Erklärung der Versuchsergebnisse durch den negativen Kapillardruck.

Für die oben besprochenen vielgestaltigen Beziehungen zwischen dem kapillaren Wasserhub und den Bodenschichtungen gibt der verschiedene negative Kapillardruck der von verschiedenen physikalischen Eigenschaften beherrschten Bodenschichten die nähere Erklärung. Der maximale negative Kapillardruck D_m eines Kapillarsystems ist bestimmt durch die Formel von Laplace (siehe *Freundlich*, 93., S. 13):

$$D_m = p \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right],$$

worin p die Kapillaritätskonstante der kapillar aufsteigenden Flüssigkeit und R_1 und R_2 die Hauptkrümmungsradien des Flüssigkeitsmeniskus sind. Aus der Formel geht hervor, daß der maximale negative Kapillardruck umso größer ist, je kleiner die Meniskusradien sind. Der Wert des maximalen negativen Kapillardrucks vermindert sich allmählich mit steigender Höhe über dem Wasserspiegel und kommt bei einer gewissen Grenze mit der durch ihn gehobenen Wassersäule ins Gleichgewicht, wenn:

$$p \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right] = h \cdot \rho \cdot g$$

geworden ist, in welcher Gleichung h die Steighöhe, ρ die Dichte der Flüssigkeit und g die Erdbeschleunigung bezeichnen. Die in einem Boden erreichbare (maximale) Hubhöhe ist also durch dessen *maximalen* negativen Kapillardruck bestimmt. Das kapillare Verhalten der Berührungsfäche zweier physikalisch verschiedenen Bodenschichten hängt davon ab, in wel-

chem Verhältnis die effektiven (d. h. an der Berührungsfläche noch wirksamen) negativen Kapillardrucke der beiden Bodenschichten zueinander stehen. Wenn der effektive negative Kapillardruck der oberen Bodenschicht mit D (eff.) I und jener der unteren Bodenschicht mit D (eff.) II bezeichnet wird, so ergeben sich für das kapillare Verhalten der Berührungsfläche der beiden Bodenschichten drei Möglichkeiten: Wenn D (eff.) I $>$ D (eff.) II ist, so steigt das Wasser über die Berührungsfläche in die obere Bodenschicht auf, u. zw. mit einem Kraftantrieb, welcher der Differenz D (eff.) I— D (eff.) II $= \Delta D$ proportional ist. Dieser Fall war verwirklicht bei jenen Versuchen, bei welchen das Wasser aus einer Schicht in die darüberliegende aufgesaugt wurde. Die Verschiedenheiten des Kurvenverlaufes erklären sich aus der Verschiedenheit des Wertes von ΔD . Eine gute Übersicht hierzu geben die Kurven der Abb. 20. Wenn D (eff.) I \geq D (eff.) II ist, dann haben die Schichtungen auf den kapillaren Wasserhub keinen Einfluß und der Aufstieg bleibt ungestört, wie es z. B. Kurve a in Abb. 20 zeigt. Wenn dagegen D (eff.) I $<$ D (eff.) II ist, dann wird der Kapillarhub an der Berührungsfläche aufhören und die Kurve verläuft waagrecht, wie dies durch die Kurven g, h, e der Abb. 19, d, e, f der Abb. 21 und die Kurve h der Abb. 22 veranschaulicht wird. Aus dem verschiedenen Wert von ΔD erklärt sich die experimentell gefundene Gesetzmäßigkeit, daß *feineres Material aus größerem viel leichter das Wasser aufnimmt als umgekehrt*. Im erstgenannten Falle ist der Wert von ΔD und damit die kapillare Antriebskraft viel größer als im letztgenannten Falle.

Bei Besprechung der Versuchsergebnisse wurde darauf hingewiesen, daß der kapillare Wasserhub an der Berührungsfläche zwischen einer feineren und einer darüberliegenden gröberen Schicht anfangs stockte und die Aufsaugung erst nach einer gewissen Zeit weiterging. Über diese Erscheinung geben die Untersuchungen von *Schumacher* (96., S. 100) und *Edler* (80., S. 42) Aufschluß, wonach die Kapillarwasserleitung in einem Material nur dann eintritt, wenn dasselbe mehr Wasser enthält, als der Hälfte seiner Sättigungskapazität entspricht. Bei zwei miteinander in Berührung stehenden Bodenschichten mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften geht daher der kapillare Wasserhub auch dann, wenn die maximale Aufstiegshöhe noch nicht erreicht ist, nur weiter, wenn der Feuchtigkeitsgrad der oberen Schicht 50% ihrer Wasserkapazität beträgt. Wenn nun die obere Schicht feiner ist als die untere, dann geht wegen des großen ΔD und der dadurch hervorgerufenen großen kapillaren Antriebskraft die Wasserzufuhr so schnell vor sich, daß im Gang des kapillaren Wasseranstiegs keine Störung zu bemerken ist. Wenn dagegen die obere Schicht gröber ist als die untere, so wird von ersterer der notwendige Feuchtigkeitsgrad auf dem Kapillarweg wegen des kleinen ΔD und der deshalb nur geringen kapillaren Antriebskraft sehr viel schwieriger erreicht. In-

folgedessen stockt bei Ankunft des Wassers an der gröberen Schicht der Aufstieg vorübergehend, und zwar während einer umso längeren Zeit, je höher der Schichtenübergang über dem Grundwasser liegt, weil wegen der ständig kleiner werdenden kapillaren Antriebskraft eine immer längere Zeit zur Auffüllung der Übergangszone auf die halbe Sättigungskapazität nötig ist. Hierzu geben die in Abb. 21 dargestellten Versuche ein anschauliches Beispiel. Wenn die Übergangszone den erforderlichen Feuchtigkeitsgrad erreicht hat, dann kommt der kapillare Wasseraufstieg plötzlich wieder in Gang, wie aus den Kurven a und b der Abb. 21 ersichtlich ist.

Diese Latenzerscheinung weist gleichzeitig darauf hin, daß die Kapillarwasseraufsaugung in mehreren Stufen vor sich geht und von verschiedenen Kräften beherrscht wird. Hierauf machte *Nessler* (91., S. 15) als erster aufmerksam. *Liebenberg* (91., S. 17) sieht den Vorgang so: „... daß zuerst der Boden Wasserdampf kondensiert und dadurch seine erste Feuchtigkeit erhält; dann kommt die Flächenattraktion in Verbindung mit den kleinsten Hohlräumen ins Spiel und dann erst treten immer mehr Kapillarräume hinzu, entsprechend dem Abstände von dem Wasserreservoir.“ *Weiland* (95., S. 9) steht auf dem gleichen Standpunkt. Hinsichtlich des stufenartigen Fortschreitens des kapillaren Wasserhubes lassen Versuche *Liebenbergs* (89., Tab. 10) ersehen, daß z. B. der Wassergehalt einer vom „Grundwasser“ 20 cm entfernt gelegenen Bodenschicht nach eineinhalb Stunden 18'68%, nach einem Tag 18'73%, nach einer Woche 20'06% und nach fünf Wochen 20'69% betragen hatte.

Es ist anzunehmen, daß die kapillare Wasserverlagerung in einem Boden solange fortbesteht, als noch *unausgeglichen*e Kapillarkräfte vorhanden sind. Das beweist die schon mehrfach bestätigte Erscheinung, daß in einer schon teilweise mit Wasser gefüllten Bodenschicht das Wasser auch dann noch höher steigen kann, wenn keines mehr von unten her zugeführt wird. So fand *Liebenberg* (89., Tab. 5 und 6), daß die Steighöhe des Kapillarwassers im Boden nach Entfernung des Wasserreservoirs noch zunahm, und zwar in Prozenten der Steighöhe ausgedrückt: bei Melmlehm um 77'8%, bei Lehmboden um 59'4% und bei grobem Diluvialsand um 43'3%. Die Angaben *Liebenbergs* zeigen weiter, daß die nachträgliche Zunahme umso größer war, je größer die ursprüngliche Steighöhe war. Aus dieser nachträglichen Verlagerung des Kapillarwassers ergibt sich: Wenn die oberste Bodenschicht ihres Wassergehaltes infolge Verdunstung oder Verbrauches durch die Pflanzen ganz oder teilweise beraubt wird, dann strömt aus anderen, mit Wasser mehr versehenen Bodenpartien dieses dorthin. Diese Wasserbewegung ist umso intensiver, je größer die Feuchtigkeitsdifferenz ist, und dauert solange, bis letztere ausgeglichen ist.

Wir sehen also, daß bei der Fortbewegung des Wassers im Boden dessen jeweiliger Feuchtigkeitsgrad eine wesentliche Rolle spielt. Zugleich

ergibt sich aus dieser Feststellung aber auch, daß die Ergebnisse von mit lufttrockenem Boden im Laboratorium durchgeführten Kapillaritätsuntersuchungen nur mit kritischen Vorbehalten auf natürliche Verhältnisse übertragen werden dürfen.

d) Sekundäre Einflüsse auf den Kapillarhub.

Die kapillare Wasserführung des Bodens wird von dessen Feuchtigkeit in hohem Maße beeinflußt. Aus den Untersuchungen von *Wollny* (30., S. 277) geht hervor, „... daß das Wasser umso besser kapillar geleitet wurde, je feuchter der Boden war“. In Widerspruch zu dieser Beobachtung steht die folgende von *Krawkow* (83., S. 213, 214): „... daß die Schnelligkeit und die Höhe der Kapillaraufsaugung des Wassers im Boden sich etwa im umgekehrten Verhältnisse zum Gehalte an Feuchtigkeit im Boden verhält.“ Diese Behauptung *Krawkows* widerspricht den Feststellungen von *Schumacher* (96., S. 97), *Briggs* und *Lapham* (18., S. 100) und *Stewart* (79., S. 123) und steht auch in Gegensatz zu *Zunkers* (18., S. 100) mathematisch gestützter Überlegung, daß die kapillare Steighöhe in feuchten Böden deshalb größer sein muß, „... weil die Menisken des Porenwinkelwassers das Weitersteigen des Kapillarwassers in den weiten Porenquerschnitten erleichtern“. Hieraus läßt sich schließen, daß *Krawkow* sich in seiner Feststellung geirrt hat.

Die Untersuchungen *Schumachers* haben ergeben (96., S. 99), daß die Geschwindigkeit der Bewegung des kapillaren Wassers im Boden wesentlich von der Temperatur beeinflußt wird, und zwar nimmt diese Geschwindigkeit mit der Temperatur zu. Im allgemeinen kommen *Klenze* (31., S. 105) und *Wollny* (74., S. 219) zu der gleichen Feststellung, doch geht aus deren Untersuchungen hervor, daß bei den gröberen Bodenarten die Beschleunigung des kapillaren Wasseraufstiegs bei Temperaturerhöhung nur zu Beginn des Aufstiegs zutrifft, weil von einer gewissen Aufstiegshöhe ab die Substanz das Wasser in der Kälte besser leitet als in der Wärme. Die Ursache für die den kapillaren Wasseraufstieg beschleunigende Wirkung der Temperatur ist in erster Linie darin zu sehen, daß Temperatursteigerung die Verdampfung des Kapillarwassers erhöht, dadurch den Feuchtigkeitsgrad der oberen Bodenschichten steigert und so günstigere Verhältnisse für den Wasseraufstieg schafft.

Die bei gröberen Böden festgestellte Umkehrung des Temperatureinflusses von einer gewissen Höhe des kapillaren Aufstiegs ab erklärt *Wollny* (74., S. 220) damit, daß steigende Temperatur die Adhäsion vermindert und daher die Kapillarkraft schwächt. Diese Wirkung tritt bei feinkörnigem Boden nicht in Erscheinung, weil dieser eine so große Kapillarkraft hat, daß deren durch Temperaturerhöhung bewirkte Verminderung praktisch nicht ins Gewicht fällt.

Wir haben schon erwähnt, daß die kapillare Wasserbewegung im Boden nicht nur von dessen Korngrößenaufbau, sondern auch von der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung der einzelnen Bodenteilchen beeinflusst wird. Hierzu stellt *Liebenberg* fest (89., S. 24), daß die kapillare Wasseraufsaugung umso höher, gleichzeitig aber auch umso langsamer vor sich geht, je mehr Ton und Humus im Boden vorhanden ist. *Edler* (80., S. 47) weist darauf hin, daß unter sonst gleichen Umständen ein kalkhaltiger Boden eine günstigere kapillare Wasserführung besitzt als ein kalkfreier Boden. *Wollny* (30., S. 302) sagt das Gleiche. Seine Untersuchungen haben ergeben (S. 300), daß die Wasserführung durch Quarz vorteilhaft beeinflusst wird. Nach *Zunker* (18., S. 119) wirkt der Glimmergehalt des Bodens wegen der Plättchengestalt der Teilchen beschleunigend auf den kapillaren Wasseraufstieg.

Die Strukturverhältnisse und der Steingehalt des Bodens üben auf die kapillare Wasserführung einen großen Einfluß aus. Die Wirkung der Strukturverhältnisse richtet sich darnach, ob „Einzelkornstruktur“ oder „Krümelstruktur“ vorliegt. Wie sich die Einzelkornstruktur auf die kapillare Wasserführung auswirkt, haben wir schon besprochen; wir fügen nur noch hinzu, daß der Kapillarwert eines aus verschiedenen Korngrößenanteilen gemischten Bodens den mittleren Kapillarwert der einzelnen Anteile aufzeigt. Die Wirkung der Krümelstruktur richtet sich nach dem Verhältnis, in welchem kapillare und nichtkapillare Hohlräume im Boden zueinander stehen. Sind letztere überwiegend vorhanden, so wird die kapillare Wasserführung vermindert. Der Steingehalt des Bodens hat, wie *Wollny* (30., S. 296) angibt, eine stark hindernde Wirkung, und zwar ist diese umso stärker, je größer der Steingehalt ist.

4. Wasserhaltende und wasserführende Eigenschaften der Böden.

Von dem in den Boden einsickernden Teil des atmosphärischen Niederschlages wird eine mehr oder minder große Menge vom Boden festgehalten. Diese Fähigkeit des Bodens wird sein Wasserhaltungsvermögen genannt. Jener Teil des Sickerwassers, welcher durch den Boden nicht festgehalten wird, rinnt in die Tiefe und sammelt sich als Grundwasser auf der undurchlässigen Schicht. Das Wasserhaltungsvermögen des Bodens hat auf die Menge des Sickerwassers so lange Einfluß, bis der Boden mit Wasser gesättigt ist. Ist diese Grenze erreicht, dann wird jene Eigenschaft belanglos und an ihre Stelle tritt das Durchlässigkeitsvermögen des Bodens. Während also das Wasserhaltungsvermögen des Bodens für seine Feuchtigkeitsverhältnisse eine Rolle spielt, ist seine wasserführende Eigenschaft für das Grundwasser von Bedeutung. Wenn der Grad der Bodenfeuchtigkeit mit der Zeit durch Verdampfung oder durch den Wasserver-

brauch der Pflanzen unter die Wasserkapazität sinkt, so ist der Boden wieder imstande, Sickerwasser als Bodenfeuchtigkeit aufzunehmen, bis er wiederum seine Wasserkapazität erreicht hat. In diesem Vorgang ist die Ursache dafür zu suchen, daß die Schwankungen des Grundwassers sich nicht immer den atmosphärischen Niederschlägen anpassen, weil für die Grundwasserbildung meist nur ein Teil der Niederschlagsmenge nutzbar ist. Je tiefer der Grundwasserspiegel unter der Erdoberfläche liegt, desto mehr Sickerwasser wird als verschiedene Art von Haftwasser vom Boden zurückgehalten. Bei sehr tiefem Grundwasserstand kann alles Sickerwasser als Haftwasser im Boden verbraucht werden. In diesem Falle weist der Grundwasserstand, wie bereits erwähnt worden ist, keine periodischen Jahresschwankungen mehr auf. So besteht also zwischen dem Grundwasserhaushalt und der Bodenfeuchtigkeit ein sehr enger Zusammenhang. Je größer der Bodenfeuchtigkeitsverlust ist, umso größer ist derjenige Teil des atmosphärischen Wassers, der als Ersatz dienen muß und damit für die Grundwasserspeisung verloren ist. Durch dauernde Dürre oder bei spärlichem Niederschlag kann der Grad der Bodenfeuchtigkeit so weit unter die Wasserkapazität des Bodens sinken, daß die Absickerung ganz aufhört. Dieser Umstand erklärt die aus der Praxis schon genügend bekannte Tatsache, daß ein langanhaltender, großer Niederschlag für das Pflanzenwachstum viel wertvoller ist als die gleiche Niederschlagsmenge in mehreren Teilmengen innerhalb einer längeren Zeit. Die erste Art des Niederschlags vermag tiefer in den Boden einzudringen als die letztere. Je größer die Austrocknung des Bodens war, desto mehr Zeit bzw. desto mehr Niederschlag ist notwendig, um seine Wasserkapazität zu sättigen. Infolgedessen kann auch im allgemeinen das Sickerwasser nur im Winterhalbjahr zur Auffüllung des Grundwassers dienen.

a) Verschiedene Auffassungen über die Wasserkapazität.

Hinsichtlich des Wasserhaltungsvermögens des Bodens zeigt sich in der Literatur eine gewisse Unsicherheit. Nicht allein, daß zur Zeit noch keine allgemein anerkannte Methode zur Bestimmung der Wasserkapazität vorliegt, finden sich auch gegensätzliche Meinungen über den Begriffsinhalt dieser Bodeneigenschaft und ihre Benennung. Nach Mayer (77., S. 755) hat der allgemein gebräuchliche Begriff „Wasserkapazität“ oder „spezifischer Wassergehalt“ einen doppelten Sinn. Dieser Forscher hatte gefunden, daß sich für die Wasserkapazität ein verschiedener Wert ergibt, je nachdem man sie in dem oberen oder in dem unteren Teil einer mit Boden gefüllten langen Röhre mißt. In Berücksichtigung dieser Beobachtung unterscheidet Mayer eine „kleinste“ oder „absolute“ (gemessen in

75 cm Höhe einer 1 m hohen Bodensäule) und eine „größte“ oder „volle“ Wasserkapazität. *Kopecký* (99., S. 147) sagt hierzu: „daß es mit Rücksicht auf die Definition selbst nicht zulässig ist, einen Unterschied zwischen einer „vollen“ und einer „absoluten“ oder „minimalen“ Wasserkapazität zu machen“, weil jene Wassermenge, welche von den Bodenteilchen in ihrer natürlichen Lagerung eine verhältnismäßig lange Zeit zurückgehalten wird, nur ein Wert ausdrücken könne. *Kopecký* läßt entsprechend seiner Grundauffassung bei der Bestimmung der Wasserkapazität des Bodens die ursprüngliche Lagerung der Bodenteilchen unberührt, führt also seine Messungen mit natürlich gelagertem Boden durch und nennt die Wassermenge, welche ein solcher Boden nach 24 Stunden noch zurückhält, „absolute Wasserkapazität“. *Zunker* teilt die Auffassung *Kopeckýs*, daß die Wasserkapazität in einem Boden konstant sein muß, nicht. Wie er sagt (18., S. 131), „... liegt dieser Anschauung eine irrtümliche Auffassung über das Wesen des Haftwassers zugrunde, das, wie schon bemerkt, einer ständigen Umwandlung unterworfen ist“. *Ramann* billigt *Kopeckýs* Ansicht, daß die Wasserkapazität des Bodens konstant sei, fügt jedoch hinzu (101., S. 338): „... Dies kann aber nur statthaben, wenn man unter Wasserkapazität ein ganz bestimmtes Verhältnis des Bodens zum Wasser versteht, im gegebenen Falle kann es sich dabei nur um Feststellung des durch kapillare Kräfte festgehaltenen Wassers handeln“.

Zur Bestimmung des in den feinsten Kapillaren des Bodens festgehaltenen Wassers empfiehlt *Ramann* die Zentrifugierung. Nach *Ramanns* Meinung „gehört den Grundlagen dieser Methode die Zukunft“. *Di Gléria* (71., S. 254) wendet gegen *Kopeckýs* Theorie ein, daß sie nur dann stichhaltig sein könnte, wenn das Bodengefüge in allen Fällen konstant wäre.

Das Wasserhaltungsvermögen eines Bodens ist in erster Linie durch seine mechanische Zusammensetzung und seine Lagerung bestimmt. Je feiner ein Boden ist, desto größer ist seine Fähigkeit, das Wasser zu halten. Weiter hat auf die Wasserkapazität aber auch noch die chemische Verschiedenheit der einzelnen Bodenbestandteile einen Einfluß. *Wollny* (78., S. 196) stellte fest: „Bei fast gleicher Feinheit war die zur Sättigung des Bodens erforderliche Wassermenge bei dem Quarz am geringsten, bei dem Humus am größten, während der Thon in dieser Beziehung in der Mitte stand.“ So steigt die Wasserkapazität des Bodens mit zunehmendem Humusgehalt, während sie in einem Boden, der mehr Steine enthält, sich verkleinert.

b) Rolle der Wasserkapazität bei der Ausnützung des Grundwassers durch die Pflanzen.

Bei der Ausnützung des Grundwassers durch die Pflanzen spielt das Wasserhaltungsvermögen des Bodens eine nicht zu unterschätzende Rolle. Wir haben schon darauf hingewiesen, daß der Boden einen Teil des gebundenen Kapillarwassers auch nach dem Sinken des Grundwassers zurückhält und sozusagen für die Pflanzenwelt aufspeichert. Die gleiche Erscheinung finden wir bei den wasserführenden Bodenschichten; wenn das Grundwasser zurückgeht, hält der Boden einen Teil des sinkenden Wassers auf. Bei diesem Vorgang ist das *abgetrennte Kapillarwasser* von besonderer Bedeutung [nach Engelhardt (82., S. 268) „sejunction-water“]. Diese für das Pflanzenleben so wichtige Erscheinung haben wir in der Abb. 23 zu veranschaulichen versucht. Sie gibt einen Überblick über ein abgetrenntes Kapillarwasser, welches sich in einem willkürlich angenommenen Kapillarsystem bei verschiedenem Senkungsgrad des Grundwassers bilden kann. Bei Fall a) ist eine Grundwassersenkung um 50 cm, bei Fall b) eine solche um 75 cm angenommen. Zwischen den beiden Zeichnungen sind die maximalen kapillaren Hubhöhen in den zugrundegelegten Kapillarelelementen vermerkt. Wenn verschieden weite, also verschiedenen maximalen negativen Kapillardruck besitzende Kapillarröhren in senkrechter Anordnung unter Wasser gebracht werden, so füllen sie sich ohne Rücksicht auf ihre Weite mit Wasser. Nach Senkung des Wasserniveaus wird jedoch ihre Entleerung eine ganz verschiedene sein. Am schnellsten und ausgiebigsten werden sich die weiten und am langsamsten und im geringsten Ausmaße die engen Kapillarröhren entleeren. Der Grad der Entleerung wird durch den maximalen negativen Kapillardruck der einzelnen Kapillarröhren bestimmt.

In der Natur spielt sich der gleiche Vorgang bei einer jeden Senkung des Grundwassers ab. In dem Kapillarsystem eines heterogenen Bodens wird das Grundwasser zunächst aus den großen Poren (mit dem kleinsten Kapillardruck) entleert und dadurch in den benachbarten, einen größeren Kapillardruck besitzenden engeren Bodenporen Wasser abgeschnitten. Das so entstehende „abgetrennte Kapillarwasser“ steht im Gleichgewicht mit dem maximalen negativen Kapillardruck der betreffenden Bodenporen und bleibt vom Grundwasser weiter *unabhängig*. Diese Form des Kapillarwassers kann auch als „hängendes Kapillarwasser“ angesehen werden, das oben von stärker gekrümmten Menisken begrenzt ist als unten und deshalb in den oberen Menisken „hängt“. In vielen Fällen können wir es auch als „aufsitzendes Haftwasser“ bezeichnen. Das abgetrennte Kapillarwasser ist als eine Form des Haftwassers einer dauernden Veränderung unterworfen.

Infolge der periodischen Schwankungen des Grundwassers ist die oben genannte Erscheinung von größter praktischer Bedeutung. Jede wasserführende Bodenschicht, welche in die Zone der Grundwasserschwankung fällt, kommt in einzelnen Abschnitten des Jahres in ständiger Wiederkehr unter das Grundwasser zu liegen und ihre Poren füllen sich mit Wasser.

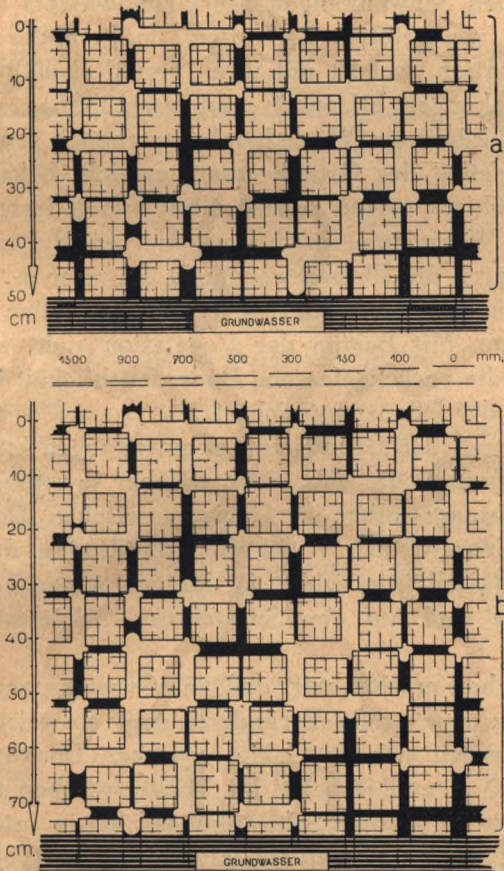


Abb. 23.

Schematische Darstellung des abgetrennten Kapillarwassers bei zwei verschiedenen Senkungsgraden des Grundwassers.

Nach der Senkung des Grundwassers bewahren diese Bodenschichten einen Teil des Wassers als Bodenfeuchtigkeit auf, weil durch die Absonderung auch jene Bodenporen mit Wasser gefüllt bleiben, welche unter anderen Umständen z. B. durch Versickerung oder durch Kapillarwasseraufstieg ungesättigt bleiben würden. Bei Schichtungen, die in der Natur allgemein in Erscheinung treten, ist die Wasseraufspeicherung noch gesteigerter. Es

steht außer Zweifel, daß die auf diesem Wege sich bildende Bodenfeuchtigkeit für das Pflanzenwachstum von außerordentlicher Wichtigkeit ist. Die durch das Grundwasser von unten aus sozusagen begossenen Bodenschichten enthalten, wie dies auch aus der Abb. 23 ersichtlich ist, in ihren Poren eine nicht besser zu wünschende Mischung von Wasser und Luft und sind daher für die Pflanzenwurzeln ein optimaler Wachstumsraum.

Die periodischen Schwankungen des Grundwassers sind also für das Pflanzenwachstum von größter Bedeutung, in besonderem Maße jedoch für die Baumvegetation, welche mit ihren verhältnismäßig längeren Wurzeln diese Schwankungen allgemein viel vorteilhafter auszunutzen vermögen als die mit kürzerem Wurzelwerk versehenen landwirtschaftlichen Pflanzen. Der Aufstieg des Grundwassers erreicht bekanntlich im Spätwinter oder im Frühjahr seinen Höchststand; infolgedessen tritt die Überschwemmung der Wurzelzone in der vegetativen Ruheperiode ein, also dann, wenn der durch die Überschwemmung eintretende Sauerstoffmangel wegen des geringen Sauerstoffbedarfes der Wurzel keine nachteilige Wirkung ausüben kann. Mit Beginn der Vegetation sinkt auch das Grundwasser und durch die zurückgelassene Bodenfeuchtigkeit ist die ungestörte Wasserversorgung der Pflanzen gesichert.

Über das Ausmaß der Grundwasserschwankungen in der Ungarischen Tiefebene gibt Aufschluß die Tab. 15, in welcher jeweils für neun charakteristische Beobachtungsstellen im Gebiete zwischen Donau und Theiß, bzw. im Gebiete jenseits der Theiß die Amplituden der Grundwasserstände zusammengestellt sind (die in Metern angegebenen Höhen der Grundwasserstände sind auf den Spiegel des Adriatischen Meeres bezogen).

Aus den Angaben ersehen wir, daß das Grundwasserspiel in der Ungarischen Tiefebene eine große Veränderlichkeit aufweist. Die jährlichen Schwankungen bewegen sich im Gebiet zwischen Donau und Theiß zwischen 0'48 und 2'40 m und jenseits der Theiß zwischen 0'77 und 2'29 m. Die bisher beobachteten größten Schwankungen liegen natürlich viel höher, so erreichen sie z. B. bei Berettyóújfalu 3'78 m und bei Foktő 4'77 m. Diese extremen Fälle sind auf den Einfluß des Flußwassers zurückzuführen. Die Entfernung des maximalen Grundwasserstandes von der Bodenoberfläche ist im allgemeinen zwischen Donau und Theiß geringer als jenseits der Theiß, aber in beiden Fällen erreicht das Grundwasser zeitweilig die Wurzelregion der Baumvegetation. Hieraus geht eindeutig hervor, welcher großer Wert den Grundwasserschwankungen für die Baumvegetation der Ungarischen Tiefebene beizumessen ist. Wie wir später sehen werden, dringen die Wurzeln einiger Holzarten in die Zone des Grundwasserspiels vor, woraus man den Schluß ziehen darf, daß die zeitweilige Überschwemmung der Wurzelregion sich nicht nachteilig aus-

wirkt. Es ist selbstverständlich, daß man die Schwankungen des Grundwassers, besonders die extremen Fälle, bei der Aufforstung des Tieflandes im Auge behalten muß und diese Tatsache bei der Auswahl der Holzarten, abgesehen von anderen Erfordernissen, in ernsteste Erwägung zu

Tabelle 15.

Grundwasserschwankungen in der Ungarischen Tiefebene während der Beobachtungsperiode 1922—1935 (in Metern).

Laufende Nummer	Nr.	Beobachtungsstelle O r t	Jährlicher Durchschnittswert				Überhaupt innerhalb der Periode 1922—1935 beobachteter Wert			
			der maximalen	der minimalen	der Grundwasseramplitude	des maximalen Grundwasserstandes u. d. Flur	der maximalen	der minimalen	der Grundwasseramplitude	des maximalen Grundwasserstandes u. d. Flur
			Grundwasserhöhe				Grundwasserhöhe			
I. Zwischen Donau und Theiss.										
1	40	Kistelekiszölök	92·67	92·19	0·48	1·15	93·11	91·83	1·28	0·71
2	48	Sári	99·73	99·04	0·69	1·21	99·92	98·54	1·38	1·02
3	22	Pirtó	124·87	124·12	0·75	0·64	125·28	123·75	1·53	0·23
4	82	Szabadszállás	93·52	92·48	1·14	1·04	93·87	92·22	1·65	0·69
5	32	Kiskunfélegyházi- Jakabszállás	106·01	104·73	1·28	1·26	106·33	104·31	2·02	0·94
6	70	Öttömös	120·18	118·74	1·44	1·95	120·60	118·26	2·34	1·53
7	42	Szeged	79·50	78·04	1·46	1·92	80·13	77·41	2·72	1·29
8	17	Solt*)	93·83	91·95	1·88	1·45	94·53	91·46	3·07	0·75
9	63	Foktő*)	90·77	88·37	2·40	3·29	92·35	87·58	4·77	1·71
II. Jenseits der Theiss.										
10	89	Beregdaróc	105·52	104·75	0·77	2·67	106·00	104·58	1·42	2·19
11	6	Mezőberény	84·30	83·43	0·87	5·14	84·86	83·16	1·70	4·58
12	33	Békéscsaba	80·87	79·97	0·90	1·19	81·10	79·28	1·82	0·96
13	101	Rábolytanya*)	88·43	87·49	0·94	2·54	89·50	87·23	2·27	1·47
14	13	Mátészalka	126·62	125·63	0·99	1·68	126·83	125·53	1·30	1·47
15	97	Orosháza	87·19	86·19	1·00	1·89	87·62	85·89	1·73	1·46
16	9	Debrecen-Nyilastelep	111·44	110·32	1·12	3·86	111·70	110·08	1·62	3·60
17	11	Nyíresászári	145·25	143·55	1·70	2·05	145·58	143·07	2·51	1·72
18	91	Berettyóújfalu*)	91·38	89·56	1·82	2·27	92·36	88·58	3·78	1·27
19	16	Báránd*)	88·23	85·94	2·29	1·25	88·78	88·51	3·27	0·69

ziehen ist. Mit Recht sagt Kiss (102., S. 4), daß man auf solchen Flächen, in denen das Grundwasser in gewissen Jahreszeiten bis zur Bodenoberfläche aufsteigt, keine xerophyten Holzarten anpflanzen darf. Wir kommen auf diese Frage noch zurück.

*) Stehen unter Einfluss des Oberflächenwassers.

c) Faktoren, welche die Einsickerung beeinflussen.

Das vom Boden nicht zurückgehaltene bewegliche Wasser sickert in die tieferen Bodenschichten. Der Grad dieser Versickerung hängt von der Durchlässigkeit des Bodens ab. Hierunter verstehen wir nach Mayer (98., S. 157): „... die Filtrationsfähigkeit, welche es verhindert, daß ein Boden sich über seine Wasserkapazität hinaus mit Wasser sättigt“. Diese Eigenschaft hängt mit dem Kornaufbau (der Textur) des Bodens, seiner Lagerung (Struktur), seiner Benetzbarkeit, seiner Hygroskopizität, ferner mit der Kornform, der Kornrauhigkeit usw. zusammen. Kopecký (99., S. 175) sagt hierzu: „Die Durchlässigkeit ist eigentlich nur die Resultierende dieser Eigenschaften.“ Diese ist umso größer, je mehr nichtkapillare Hohlräume oder „Leerraum“ [nach Manegold (235.)] der Boden enthält. So dringt das Wasser am leichtesten in Sandböden und in gekrümmelte Bodenarten ein. Ton- und Humusbestandteile verringern das Durchlässigkeitsvermögen. Zwischen den einzelnen Bodenarten bestehen ganz wesentliche Unterschiede. Die Angaben von Schwarz (103., S. 4) geben hierzu eine gute Übersicht, wonach unter gleichen Umständen Sand 5760 cbcm Wasser, Lehm 1674 cbcm, Moor 1 cbcm und Ton 0'7 cbcm Wasser durchließ.

In praktischer Hinsicht verdienen die Beziehungen, die zwischen den Schichtungen und der Durchlässigkeit des Bodens bestehen, größte Beachtung. Die Versuche von Wollny (103., S. 20) haben ergeben: „... daß für die Permeabilität des Bodens für Wasser jene Schicht ausschließlich maßgebend ist, welche die feinsten Bestandteile enthält, selbst dann, wenn dieselbe nur eine geringe Mächtigkeit besitzt.“ Hieraus geht klar hervor, welche ausschlaggebende Wirkung die Heterogenität der Schichtungen auf die Wasserzirkulation des Bodens hat. Schon eine ganz geringe Mächtigkeit einer undurchlässigen Schicht genügt, um die Durchlässigkeit des gesamten Bodens fast auf Null herabzusetzen. Ein lehrreiches Beispiel hierzu liefern die in der Ungarischen Tiefebene vorkommenden zahlreichen Pfützen und seichten Wasseradern, welche durch verhältnismäßig dünne, durchwegs von kohlenurem Kalk zusammengebackene undurchlässige Schichten veranlaßt werden. Diese Schichten sind an einigen Stellen so dünn, daß es möglich ist, sie mit einem Stock zu durchstoßen, worauf das seichte Wasser sofort in die tieferen Sandschichten versinkt. Bei Mischung gröberer und feinerer Bodenteilchen kann unter Umständen die Wasserdurchlässigkeit des Bodens wesentlich herabgesetzt sein. Die Ursache dieser Erscheinung liegt bekanntlich darin, daß die feinen Bodenteilchen sich in die Hohlräume zwischen den gröbereren Teilchen einlagern und dadurch die Durchlässigkeit außerordentlich vermindern. Solche, von Teilchen aller

Größenklassen in annähernd gleichen Mengen aufgebaute Böden verhalten sich dem Grundwasser gegenüber ähnlich wie Tonschichten. Die Undurchlässigkeit der Ortstein- und Karbonatver kittung ist mit zum Teil auf diese Tatsache zurückzuführen. Im allgemeinen kann man sagen, daß innerhalb gewisser Grenzen Böden mit verhältnismäßig geringer Uneinheitlichkeit des Kornaufbaus für das Wasser gut durchlässig sind. Dagegen sinkt das Durchlässigkeitsvermögen mit zunehmenden Mengen an feinsten Bodenteilchen.

Die Einsickerung des atmosphärischen Niederschlages in den Boden wird durch die Schwerkraft und die Kapillarkraft verursacht. Hierbei unterscheidet *Zunker* (18., S. 178) Sickerwasser und Kapillarsickerwasser. Beim ersten wirkt in der Abwärtsbewegung nur die Schwerkraft, beim zweiten die Schwerkraft in Verbindung mit der Kapillarkraft. Beim Sickerwasser geht die Einsickerung hauptsächlich in den nichtkapillaren Hohlräumen, Spalten und Kanälen usw. vor sich, während sie sich beim Kapillarsickerwasser in den kapillarwirksamen Bodenhohlräumen oder Bodenkanälen abspielt. Mit Recht zieht *Koehne* (104., S. 29) eine Trennungslinie zwischen „einsickern“ und „einsinken“. Das erste Zeitwort verwendet er für die *Einsickerung* des Kapillarwassers, das zweite für die durch die nichtkapillaren Hohlräume vor sich gehende *Absickerung* (104., S. 30): „... und bezeichnen das Wasser, das sich in Filterstoffen in der „belebten“ Zone und dem Zwischenstreifen abwärts bewegt als „luftberührtes“ Sickerwasser (amerikan.: mobile water), oder „Senkwasser““. Die Bezeichnung „Sickerwasser“ ist schon so allgemein gebräuchlich geworden, daß es wünschenswert wäre, sie als Sammelbegriff für die Erscheinung der Abwärtsbewegung des Wassers überhaupt beizubehalten und für den Vorgang der Absickerung nach *Kumm* (119., S. 78) die Bezeichnung „Gravitations-Sickerwasser“ einzuführen, weil diese ebenso wie „Kapillar-Sickerwasser“ auch dem Laien das Wesen der Einsickerung klar vor Augen führt und zugleich die zwei Sickerwassertypen scharf und trotzdem einfach und leicht verständlich voneinander getrennt wären. *Burger* (165.) verwendet fast die gleichen Ausdrucksformen. Er sagt (S. 391): „Von dem eingesickerten Wasser wird ein Teil im Boden gebunden als Benetzungswasser und Kapillarwasser; der Rest sickert als Senkwasser oder Gravitationswasser in tiefere Bodenschichten und bildet später Quellen und Grundwasser.“ *Wyssotzky* (12., S. 8) sagt statt „Sickerwasser“, „Gravitationswasser“. Aus dem oben Gesagten geht hervor, daß dies nicht ganz richtig ist, weil nicht alle Einsickerung ausschließlich von Gravitationskräften beherrscht ist. Auch *Lebedev* (50., S. 24—25) nennt das Gravitationswasser im gleichen Sinne wie *Wyssotzky* und rechnet hierzu alles Bodenwasser, „welches sich unter dem Einfluß der Schwere bewegt“, so auch „Kapillarwasser“ und auch „hängendes Wasser“. *Stiny* (105.), *Freck-*

mann und Baumann (106.) verwenden ebenso wie Koehne die Bezeichnung „Senkwasser“.

Die Widerstände, welche der Einsickerung und der Absickerung entgegenwirken, sind neben Benetzungswiderständen vor allem die *Reibung* des Sickerwassers in den Feinporen des Bodens und die *Grundluftspannung*. Wegen *Vermehrung* der Reibungswiderstände vermindert sich daher mit Zunahme der quellbaren Feinanteile des Bodens (Ton und Humus), wie sich aus den Untersuchungen von Wollny (107., S. 15 und 114., S. 346) ergibt, mengenmäßig die Einsickerung des Wassers und wegen *Verminderung* der Reibungswiderstände geht bei Krümelstruktur des Bodens die Einsickerung mit größerer Geschwindigkeit vor sich, als bei Einzelkornstruktur, und zwar sickert das Wasser umso schneller ein, je gröber die Bodenkrümel sind. Bei *einförmigen* Böden, das sind solche, die nur aus Körnern einer Größenklasse aufgebaut sind, verhalten sich nach Seelheim (252., S. 402) die Durchlässigkeiten wie die Quadrate der Kornradien. In ungleichförmigen Böden geht die Einsickerung anfangs nur in den größeren Kapillaren vor sich, während die feineren mit Luft gefüllt bleiben. Letztere nehmen nur dann an der Wasserführung teil, wenn die Luft auf irgendwelche Art entweicht. Aber auch der Widerstand der Grundluft übt eine starke Hemmung auf die Abwärtsbewegung des Sickerwassers aus. Diese Hemmung kann in einem unaufgeschlossenen, gleichmäßig feinporigen Boden so beträchtlich sein, daß sie die Versickerung vollkommen unterbinden und zu „Hänge-“ oder „Schwebewasser“, wie Mezger (118., S. 351—352) es benennt, d. h. zur Ausbildung sekundärer Grundwasserhorizonte führen kann. Mezger schreibt der Grundluftspannung eine so große Bedeutung zu (81., 118., 246.), daß er ihre dauernde Messung empfiehlt, weil der Wasserstand der Grundwasserbeobachtungsrohre nur dann zuverlässig Aufschluß über den wirklichen Grundwasserstand gibt (118., S. 361), „... wenn man von dem Brunnenwasserstand den Spannungsüberschuß der Grundluft über die Außenluft abzieht“. Auf dem gleichen Standpunkt steht Ototzky (249., S. 207), welcher sagt: „... jeder Brunnen oder jedes gebohrte Loch ist nur eine Art von manometrischer oder piezometrischer Röhre“, deren Spiegelangabe nicht identisch ist mit dem wirklichen Stande des bedeckten Grundwassers. Die Auswirkung der Grundluftspannung auf den Grundwasserstand verlangt noch weitere Nachprüfungen. In grobkörnigen und ebenso in einem gut durchgearbeiteten feinen Boden, welcher nach oben hin von größeren Hohlräumen und Kanälen durchsetzt ist, kann die Grundluftspannung bei gewöhnlichen Niederschlägen keine beträchtlichen Werte erreichen.

d) Feuchtigkeitszonen im Boden.

Die über dem Grundwasser liegende Bodenzone gliedert man allgemein hinsichtlich der Verteilung der Bodenfeuchtigkeit in drei Stufen, welche sich in ihrer Wasseraufnahme und Wasserabgabe durchaus verschieden verhalten. *Meinzer* (119., S. 77—78) unterscheidet von oben nach unten: eine Bodenwasserzone, eine Zwischenzone und eine Kapillarsaumzone. *Koehne* (22., S. 17 und 104., S. 27) verwendet ebenso wie *Meinzer* eine Dreiteilung und unterscheidet a) die belebte Zone, b) den Zwischenstreifen und c) den Kapillarsaum oder Saugsaum. In der *belebten Zone*, welche bis in die allerfeinsten Endfasern der Pflanzenwurzel reicht, wird der Wasserhaushalt durch die pflanzlichen und tierischen Lebewesen beeinflusst. Unter *Saugsaum* versteht *Koehne* die durch das gebundene Kapillarwasser ständig feucht gehaltene Bodenzone, während der *Zwischenstreifen* zwischen diesen beiden Zonen liegt, aber oftmals auch fehlen kann. Eine ähnliche Einteilung gibt *Hofmann* (116., S. 301—302), und zwar lautet diese: „Verdunstungszone“, „Durchgangszzone“ und „Zone des Kapillargrundwasserstandes“. Die Verdunstungszone ist ebenso wie die „belebte Zone“ von *Koehne* gekennzeichnet durch eine dauernde Schwankung des Wassergehaltes, während die Durchgangszzone einen ziemlich konstanten Wassergehalt besitzt. Auch *Wyssotzky* (12., S. 16) hält sich an eine Dreigliederung und benennt die einzelnen Zonen von oben nach unten: Persicum, Uvens und Capillar. *Ismailsky* (11., S. 430) gibt von unten nach oben die Bezeichnungen: „Zone des Einflusses des Grundwassers“, „Zone der beständigen Trockenheit“; die oberste Zone unterteilt er noch weiter. Es ist leicht zu verstehen, daß diese Zonengliederung in der Natur nicht immer durchführbar ist und man würde daher, wie es *Kumm* 119., S. 78) vorschlägt, „... am besten von einer Sickerwasserzone sprechen, in der neben dem Haftwasser zeitweilig auch sich nach unten bewegendes kapillares und Gravitationssickerwasser auftreten können“. Die Natur duldet keine scharfe Grenze; wir finden dort nur allmähliche Übergänge, welche, den jeweilig herrschenden Kräfteverhältnissen angepaßt, einer ständigen Veränderung unterworfen sind.

e) Beziehungen zwischen Sickerwasser und Grundwasser.

Die Ergebnisse von Lysimeterversuchen zeigen, daß das Sickerwasser mit der Niederschlagsmenge steigt und fällt und geringer ist als diese. Nach *Weigmann* (115., S. 64) sickert von 500—600 mm Niederschlag bis zum Grundwasser ab: bei schwerem Boden 28%, bei mittlerem 35%, bei leichterem 50%. Nach den Beobachtungen *Bühlers* (117., S. 61) fließen vom jährlichen Niederschlag im Durchschnitt von 36 Monaten 58% als

Sickerwasser ab. Diese Daten haben jedoch nur einen Orientierungswert, weil das Verhältnis zwischen Sickerwasser und Niederschlag durch so viele Faktoren beeinflusst wird, daß eine allgemein gültige Verhältniszahl nicht zu bilden ist. Die Unterschiede werden hauptsächlich hervorgerufen durch die verschiedene Geländeausformung, durch die verschiedenen physikalischen Eigenschaften der Böden, durch die verschiedene Niederschlagsverteilung und Verdunstung, durch die Jahreszeiten und durch Verschiedenheiten in der Bodenbedeckung. Je nach ihrer Art und Ausbreitung kann die Pflanzendecke die Verdunstung in hohem Maße steigern und dadurch zu einer starken Verminderung der Sickerwassermenge führen. *Wollny*, welcher hierüber eingehende Untersuchungen (107.) angestellt hat, sagt (l. c., S. 68): „In dem mit lebenden Pflanzen bestandenen Boden folgen die Sickerwasser während der Vegetationszeit nicht dem Gange der Niederschläge, sondern werden infolge der bedeutenden Verdunstung seitens der Pflanzen in ungewöhnlicher Weise vermindert.“ Infolgedessen wird auf Flächen mit stark entwickelter Pflanzendecke die Einsickerung in der vegetationslosen Jahreszeit am größten sein. Jeder Faktor, der die Verdunstung verringert, vermehrt die Sickerwassermenge.

Die Auswirkung des Sickerwassers auf das Grundwasser ist desto stärker, je näher dieses zur Bodenoberfläche liegt, je größer die Mächtigkeit des Kapillarsaumes ist, je gleichmäßiger der Boden und je größer dessen Durchlässigkeit ist. Durch Schichtungen verursachte Ungleichmäßigkeit des Bodens wirkt besonders hindernd auf die Einsickerung, weil Schichtungen zu hängendem und aufsitzendem Kapillarwasser führen. Die Lysimeterversuche von *Wollny* (108., 110.) und *Ebermayer* (109.) zeigen, daß die Einsickerung am raschesten in Kies-, Sand- und Lößboden vor sich geht und in Lehm-, Ton- und Humusboden stark herabgesetzt ist. Die Schichtungen haben einen sehr beachtlichen Einfluß auf das Sickerwasser. Eine von oben nach unten feiner werdende Bodenschichtung ist für die Einsickerung günstiger als die umgekehrte Lagerung.

Der auf den Boden gelangende Niederschlag sickert nicht gleichmäßig auf die ganze Fläche verteilt in den Boden ein, sondern häuft sich in kleinen Pfützen in Geländesenken an und sickert von hier aus nach innen. An solchen Stellen entsteht ein tiefgehender Wasserfaden, während andere nur eine Oberflächenbenetzung erhalten. Diese von der Einsickerung bevorzugten Stellen nennt *Wyssotzky* (12., S. 16) „die grundwassernährenden Bildungen“ oder „Potusculum“. Besonders in wasserarmen Klimazonen, wie in der russischen Steppe, sind diese wassersammelnden Mulden eine augenfällige Erscheinung, weil auf solchen Flächen allgemein Wälder vorkommen, die scharf aus der Steppenlandschaft hervortreten. Das Sickerwasser erreicht in diesen Mulden das Grundwasser zuerst und gibt ihm eine charakteristische Aufwölbung. In Abb. 12 ist ein solcher Grundwasser-

typ, der unter wassersammelnden Mulden entsteht (Einsickerungstyp) veranschaulicht.

Der Sickerwasserabfluß kommt in einer Erhöhung des Grundwasserstandes zum Ausdruck, was regelmäßig, wie bereits besprochen worden ist, gegen Ausgang des Winters und im Frühjahr der Fall ist, während im Sommer, Herbst und Anfang des Winters die angesammelten Vorräte wegen des mangelnden Sickerwassers verbraucht werden. In den meisten Jahren schließt jedoch die Bilanz des Grundwasserhaushaltes nicht mit einem völligen Ausgleich, sondern mit einem Fehlbetrag, bzw. einem Überschuß ab. Es kann vorkommen, daß der Wiederanstieg des Grundwassers beginnt, bevor der Fehlbetrag ausgeglichen ist. So entstehen *langfristige* Schwankungen des Grundwasserstandes, welche anzeigen, daß der Bilanzausgleich erst innerhalb mehrerer Jahre erfolgt. Einige Forscher wollen die langfristigen Grundwasserschwankungen über die *Brücknerschen* Klimaschwankungen auf die periodischen Schwankungen der Sonnenfleckenhäufigkeit zurückführen. Aber so bestrickend auch der Gedanke an solch kosmische Zusammenhänge ist, die bis jetzt vorliegenden Beobachtungsreihen des Grundwasserstandes sind zeitlich noch zu wenig ausgedehnt, als daß sie für derartige Korrelationsuntersuchungen eine sichere Zahlengrundlage bieten könnten. Diese Erörterungen haben daher vorerst mehr spekulativen Wert. *Grahmann* (229., S. 448) sagt: „Klare Perioden sind kaum zu erkennen, doch scheinen Anklänge an die drei- bis vierjährige, die elfjährige und die sechzehnjährige Klimaschwankung vorhanden zu sein.“

B. Chemische Eigenschaften des Grundwassers.

Das Wasser im Boden enthält feste und gasförmige Stoffe gelöst, die sowohl anorganischer als auch organischer Natur sind, und deren Art und Menge durch die im Boden sich abspielenden physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge bestimmt wird. Da im „lebenden“ Boden diese Vorgänge nie zur Ruhe kommen, so ist die Bodenlösung dauernden Veränderungen unterworfen, und zwar nicht nur hinsichtlich der Konzentration an gelösten Stoffen, sondern auch hinsichtlich der chemischen Beschaffenheit dieser Stoffe. Dies führt dazu, daß die chemischen Eigenschaften des Grundwassers auch dann mehr oder weniger große Schwankungen aufweisen, wenn das Grundwasser dem gleichen Boden entstammt. Aus dem geologischen Aufbau und der mineralischen Zusammensetzung der geologischen Schichten eines Wassersammelgebietes dürfen daher keine zu weitgehenden Folgerungen auf die chemischen Eigenschaften des Grundwassers gezogen werden. Dies gilt besonders für die diluvialen und alluvialen Ab-

lagerungen des ungarischen Tieflands, deren Materialien aus den verschiedensten Gebieten stammen und daher auch die verschiedenste mineralische Beschaffenheit haben. Für den dauernden Wechsel der chemischen Zusammensetzung der Bodenlösung im ungarischen Tiefland spielen noch eine besondere Rolle die klimatischen und auch die Untergrundverhältnisse.

a) Auswirkung der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers auf Boden und Pflanzen.

Die chemische Beschaffenheit des Grundwassers wird unmittelbar durch die Löslichkeit der im Boden vorhandenen Stoffe beeinflusst. 'Sigmond (71., S. 342—343) teilt die im Boden vorkommenden Salze nach ihrer Löslichkeit in drei Gruppen ein: a) in Wasser gut lösliche (die Nitrate und Chloride der Erdalkalien und Alkalien, die Sulfate des Magnesiums und der Alkalien und die Karbonate und Bikarbonate der Alkalien), b) mittelmäßig lösliche (Gips und die Bikarbonate der Erdalkalien) und c) schwerlösliche (die Karbonate der Erdalkalien und die Phosphate der Erdalkalien, des Eisens und Aluminiums). Szilágyi (111., S. 155) stellt vier Gruppen auf, die zum Teil mit jenen von 'Sigmond übereinstimmen, nur zieht er die Gruppen a) und b) zusammen und fügt die Gruppen „austauschbare Materialien“ und „unlösliche Stoffe“ hinzu. Die Einteilung Szilágyis ist für die praktische Wasserwirtschaft von Vorteil, weil der Basenaustausch (Ca, Mg gegen Na, K) auf die Durchlässigkeit des Bodens einen größeren Einfluß hat. Wie schon im Kapitel I. 2. erwähnt worden ist, hängt die Lösungsfähigkeit des Wassers in erster Linie mit seiner Temperatur und mit seinem Kohlensäure- und Sauerstoffgehalt zusammen. Besonders die Kohlensäure ist ein bedeutender Lösungsfaktor, weil kohlensäurehaltiges Wasser fast alle gesteinsbildenden Materialien bis zu einem gewissen Grade löst. Auch die widerstandsfähigsten Silikate haben eine geringe Löslichkeit in kohlensäurehaltigem Wasser. Die Vorgänge bei der Lösung fester Bestandteile sind ziemlich verwickelt und sind von der Konzentration der Lösung und von dem Vorhandensein anderer gelöster Stoffe abhängig. Bei diesem Vorgang spielt, wie Ramann (101., S. 21) eingehend ausführt, das „chemische Massenwirkungsgesetz“ eine wichtige Rolle. Jede Konzentrationsveränderung kann die Auflösung oder Ausscheidung eines neuen Stoffes veranlassen.

Von den Kationen kommen im Grundwasser hauptsächlich vor: Ca, Mg, Na, K und von den Anionen: HCO_3 , Cl, SO_4 , NO_3 , HPO_4 und SiO_3 . Außer diesen können selbstverständlich auch noch andere Ionen auftreten, wie z. B. Eisen (II), Mangan, Aluminium. In einigen Fällen können im Grundwasser gelöste Zersetzungsprodukte organischer Stoffe auf das Pflanzenleben eine schädliche Wirkung ausüben. In erster Linie verderblich sind

die bei der Fäulnis der Eiweißstoffe entstehenden Schwefelverbindungen. Mit Recht weist *Lührig* (112., S. 129) darauf hin, „... daß der Schwefelwasserstoff als die primäre Ursache der Gefährlichkeit von Moor- und Schlickboden angesehen werden muß“. Gesteigert wird die Gefährlichkeit des Schwefelwasserstoffes noch dadurch, daß er als wasserlöslich durch das Wasser vom Orte seiner Entstehung an entferntere Stellen gebracht werden kann.

Die chemische Beschaffenheit des Grundwassers ist bestimmend für seine Wirkung auf den Boden und für seine Eignung zur Bewässerung von Kulturflächen. Mit diesem ausgedehnten Fragenkomplex, der für die Wissenschaft und für die Praxis gleichermaßen von höchstem Interesse ist, können wir uns nur soweit befassen, als er auf unser Arbeitsgebiet übergreift. *Klenze* (31., S. 110) stellte fest, daß die kapillare Wasserführung durch die chemische Beschaffenheit der Bodenlösung stark beeinflusst wird. Im Wasser gelöste Salze vermindern sowohl dessen kapillare Steighöhe, als auch dessen Aufstiegs geschwindigkeit. *Wollny* (30., S. 308) fand, daß die „nicht absorbierbaren“ Salze (Natronsalpeter und Kochsalz) die Geschwindigkeit des kapillaren Aufstiegs in höherem Maße beeinträchtigen, als die „absorbierbaren“ (wie z. B. primäres Kaliumphosphat). Die Verzögerung nimmt zu mit dem Salzgehalt des Bodens. Die Versuche *Krawkows* (83.) führten zu ähnlichen Ergebnissen. Die Erklärung hierzu liegt darin, daß die „nicht absorbierbaren“ Salze (vor allem die Hydroxyde, Karbonate und Chloride der Alkalien), wie aus den Untersuchungen von *Mayer* (120.) und *Hilgard* (121.) hervorgeht, den Boden verdichten und die „absorbierbaren“ Salze (vor allem die Hydroxyde, Sulfate und Chloride der Erdalkalien und die Sulfate und Chloride des Eisens und des Aluminiums) den Boden auflockern, was im Grunde auf einem elektrokolloidchemischen Vorgang beruht. Mit diesen Ergebnissen stimmen im wesentlichen überein jene von *Ulrich* (122), welcher den Einfluß verschiedener Elektrolytgruppen auf die Wasserkapazität des Bodens untersucht hat. Nach den Versuchsergebnissen *Ulrichs* vermindern die Hydrate, Karbonate und Phosphate der Alkalien die Wasserkapazität des Bodens, während das Kalhydrat und die Nitrate und Chloride sie steigern und die Sulfate sie unverändert lassen oder nur schwach erhöhen. *Ulrichs* Versuche zeigen weiter, daß die Einwirkungen dieser Salze auf die Wasserkapazität (S. 53.) „in umso stärkerem Grade hervortreten, je größer die Menge ist, in welcher sie dem Boden beigemischt werden“. Die Ursache dieser Einwirkungen liegt in der durch die Elektrolyte veränderten Lagerungsweise der Bodenkörner, was auch mit den oben angeführten Beobachtungen von *Mayer* und von *Hilgard* übereinstimmt.

Im allgemeinen wird die *Durchlässigkeit* des Bodens von den verschie-

denen Elektrolytgruppen in ähnlicher Weise beeinflußt wie seine Wasserkapazität. Elektrolyte, welche den Boden mehr verdichten, setzen seine Durchlässigkeit herab und Elektrolyte, welche seine Auflockerung fördern, erhöhen die Durchlässigkeit. Daß besonders Natriumsalze eine starke Verminderung der Durchlässigkeit bewirken, zeigt am besten das allgemein bekannte Verhalten des Szikbodens zum Wasser. *Botkin* (203.) berichtet aus New Mexico, daß die Undurchlässigkeit mancher Böden der dortigen Gegend besonders durch Natriumchlorid, Natriumsulfat und Natriumsilikat verursacht wird und hält es auf Grund von Laboratoriumsversuchen für möglich, undurchlässige Böden in sehr vorteilhafter Weise mit Aluminiumsulfat zu behandeln. Das gebräuchlichste chemische Mittel, die Undurchlässigkeit von Sodaböden zu beheben, ist bekanntlich der Gips, dessen Calciumionen sich gegen die Natriumionen der Bodenzeolithe eintauschen; hierdurch wird eine Entquellung der Sorptionsträger des Bodens erreicht und damit dessen Undurchlässigkeit behoben. Zur Entfernung der schädlichen Natriumsalze muß der Behandlung mit Gips eine Auswaschung des Bodens folgen. Das Irrigationswasser darf natürlich nur wenig Natriumsalze enthalten. Für die bodenbildenden Prozesse ist von Bedeutung, daß der kohlen saure Kalk in Natriumchloridlösungen eine erhöhte Löslichkeit hat. Die Bedeutung dieses Umstandes wird noch dadurch unterstrichen, daß nach der Feststellung von *Herke* (192., S. 47) innerhalb eines weiten Konzentrationsgebietes (nämlich von 0'001 bis 1 normal NaCl) die erhöhte Löslichkeit des Calciumkarbonats die gleiche ist. Es können also schon sehr verdünnte Natriumchloridlösungen, wie sie in der Natur die Regel bilden, eine beträchtliche kalkwegführende Wirkung ausüben.

Der günstige Einfluß des Kalkes auf den physikalischen Bodenzustand ist allgemein bekannt. Von neueren Arbeiten hierüber seien nur erwähnt jene von *Blanck* (129.) und von *Engels* (128.). Die Untersuchungen beider Forscher zeigen übereinstimmend, daß durch Zusatz von Kalk in Form von Ätzkalk die Wasserkapazität und Durchlässigkeit des Bodens erhöht, seine kapillare Hubkraft und seine Hygroskopizität aber vermindert wird. Nach *Engels*, der seine Untersuchungen auf acht Bodenarten von sehr verschiedener Korngrößenzusammensetzung ausgedehnt hat, wobei die Menge an abschlämbaren Bestandteilen zwischen 5'3 und 74'2% der Feinerdetrockensubstanz sich bewegte, treten alle Wirkungen des Kalkes (auch jene des kohlen sauren Kalkes, welcher in gleicher Richtung, aber natürlich schwächer wirkt wie Ätzkalk) umso ausgeprägter hervor, je mehr abschlämbare Bestandteile der Boden enthält. *Wityn* (130.) hat bei einer größeren Anzahl Lehmböden die Durchlässigkeit für verschiedene Elektrolytlösungen zu bestimmen versucht und bei einem und demselben Boden große zeitliche Durchlässigkeitsschwankungen festgestellt, deren Amplituden umso größer waren, je mehr kolloide Bestandteile der Boden enthielt.

Nach *Wityn* kann die Durchlässigkeit eines Bodens durch seine mechanische Zusammensetzung nur wenig gekennzeichnet werden.

Die Bewegung gelöster Stoffe durch das Bodenwasser hat die größte wissenschaftliche und praktische Bedeutung, weil durch die vorherrschende, klimazonal bedingte Richtung und durch die Intensität der Stoffbewegung die Art und die Stufe der Ausbildung des Bodenprofils und damit auch die Art und das Ausmaß der naturgemäßen Nutzbarkeit des Bodens für die Land- und Forstwirtschaft weiter Landgebiete grundlegend bestimmt wird. Die durch das Sickerwasser erfolgende Abwärtsbewegung gelöster Stoffe ist für die humide Klimazone, und die vom Kapillarwasser übernommene aufwärts gerichtete Stoffbewegung für die aride Klimazone kennzeichnend.

Die Intensität der Stoffbewegung in der einen oder anderen Richtung wird unter gleichen klimatischen Verhältnissen sehr stark von den physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens beeinflusst. Nach den Untersuchungen von *Puchner* (123., S. 16) ist sowohl die Anhäufung von Salzen in den oberen Bodenschichten (bei der Wasserbewegung von unten nach oben), als auch die Auswaschung der Salze im pulverförmigen Zustand des Bodens beträchtlicher als im krümeligen. Die Krümelstruktur bewirkt also eine bessere Nährstoffverteilung und setzt die Auswaschung herab. Die in wässriger Lösung beweglich werdenden Stoffe lassen sich nach *Puchner* (S. 12) in zwei Gruppen einteilen, „... von denen die eine jene umfaßt, welche mit der Richtung des Wassers fortgeführt werden, und von denen die andere jene in sich schließt, welche sich gerade entgegengesetzt, oder doch nicht regelmäßig verhalten“. In die erste Gruppe gehören die Alkalien, Magnesia, Chlor, Schwefelsäure, Salpetersäure und Kieselsäure; in die zweite Gruppe Aluminium, Eisen, Mangan und Kohlensäure. Calcium ordnet sich beim Aufstieg in die erste Gruppe ein, zeigt aber bei der Abwärtsbewegung ein unregelmäßiges Verhalten. Da die Abwärtsbewegung der gelösten Stoffe vom Sickerwasser und ihre Aufwärtsbewegung vom Kapillarwasser übernommen wird, müssen alle Momente, die auf diese beiden Wasserbewegungen einwirken, auch auf die Salzbewegung, nämlich auf die Salzanreicherung bzw. Salzauslaugung einen maßgebenden Einfluß haben. Hierbei machen sich besonders geltend das Absorptionsvermögen und die Verdunstungsverhältnisse des Bodens. In vielen Fällen führt die Salzbewegung zu einer Neuverkittung der Bodenteilchen, wie z. B. im ungarischen Tiefland zur Karbonatverkittung und im humiden Klima zur Ortsteinbildung. Diese Verkittungen sind schädlich für das Pflanzenwachstum, weil sie die Wasserzirkulation unterbinden und für die Pflanzenwurzeln ein unüberwindliches Hindernis sind. Die zweite extreme Erscheinung bei der Salzbewegung ist die Salzaufspeicherung in der obersten Bodenschicht, was bei Vorkommen von Alkalisalzen zur Szikbodenbildung

führt. Über die Zusammenhänge zwischen Salzbewegung und Szikbodenbildung geben neuere Arbeiten von *Herke* (192.) und von *Arany* und *Bararczy* (193.) guten Aufschluß.

Starke Salzanreicherung kann für die Vegetation eine verhängnisvolle Wirkung haben, weil die Pflanzen über eine gewisse Salzkonzentration der Bodenlösung hinaus aus dieser das zu ihrem Leben notwendige Wasser nicht mehr aufnehmen können und absterben. Im allgemeinen besteht die Auffassung, daß größere Konzentrationen als 1,5–2% Salze in der Bodenlösung von den Pflanzen nicht mehr ertragen werden können. *Szilágyi* berichtet jedoch einen Fall (111., S. 153), wo die Pflanzen auch in einem Boden gut gediehen, für dessen Bodenlösung sich unter der Voraussetzung, daß alle Salze gelöst waren, eine Salzkonzentration von 3,3% berechnete. Die das Pflanzenleben zum Absterben bringende Grenzkonzentration an Salzen in der Bodenlösung muß schon deshalb eine von Fall zu Fall verschiedene sein, weil es nicht allein auf die Gesamtkonzentration, sondern wesentlich auch auf die vorhandene Menge von an sich schädlichen Salzen ankommt. Leider sind die praktischen Erfahrungen auf diesem Gebiete noch sehr lückenhaft. Daher ist auch in der Literatur eine ziemliche Unsicherheit festzustellen. Die Entwirrung dieser für die Praxis so überaus wichtigen Zusammenhänge wird noch dadurch erschwert, daß die verschiedenen Pflanzenarten ein quantitativ und qualitativ sehr verschiedenes Auswahlvermögen für die Aufnahme von Wasser und Salzen aus Salzlösungen verschiedener Konzentration und verschiedener chemischer Zusammensetzung besitzen. Wie neueste Forschungen vermuten lassen, ist dieses Auswahlvermögen nicht nur von Pflanzenart zu Pflanzenart verschieden, sondern schwankt auch innerhalb ein und derselben Pflanzenart, was auf ein gewisses Anpassungsvermögen an höhere Salzkonzentrationen und schädliche Salze hinweist.

b) Praktische Beurteilung der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers im Alföld.

Bei der künstlichen Bewässerung arider Gebiete ist die Anreicherung des Bodens mit den Salzen des Bewässerungswassers die drohende Gefahr, deren Bekämpfung durch rechtzeitige Wegführung der Salze von Anfang an im Auge behalten werden muß, wenn nicht über kurz oder lang die ganze Bewirtschaftung der bewässerten Gebiete *trotz* und *wegen* der Bewässerung zum Stillstand kommen soll. Einprägsame Beispiele großen Stils für derartige bereits bestehende bzw. zu erwartende Bewässerungsschwierigkeiten bringen *Szilágyi* (111., 127.) in Verbindung mit den amerikanischen Bewässerungen, bzw. *Thorp* (126.) in seinem Bericht über die Aussichten des Salachi-Projekts in Nordchina.

Wie aus dem Gesagten klar hervorgeht, spielt in ariden Gebieten die chemische Beschaffenheit des Grundwassers für die Vegetation eine ausschlaggebende Rolle. Es ist daher in diesen Gebieten auch für die praktische Forstwirtschaft die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des unter dem Wald liegenden Grundwassers nicht unwichtig.

Die Ergebnisse chemischer Wasseranalysen werden erst dann miteinander vergleichbar und geben ein von Verzerrungen freies Bild der chemischen Beschaffenheit der Wasserproben, wenn die analytisch gefundenen, meist in mg/ltr angegebenen Mengen der einzelnen Bestandteile in chemische *Wirkungswerte*, d. h. in Ionen-Milliäquivalente umgerechnet werden. Erfolgt ferner eine Umrechnung der einzelnen Ionen-Milliäquivalente in Prozente der Summe aller Ionen-Milliäquivalente (also eine Umrechnung in „Ionen-Milliäquivalentprozente“), so gewinnt man ein von den Schwankungen der Gesamtkonzentrationen unabhängiges Bild der chemischen Beschaffenheit der Wasserproben. Die Umrechnung in Ionen-Milliäquivalentprozente kann auf zweierlei Art geschehen: Die einzelnen Ionen-Milliäquivalentprozente können entweder bezogen werden auf die Summe aller Ionen-Milliäquivalente oder die Berechnung der Ionen-Milliäquivalentprozente kann für die Kationen (K, Na, Ca, Mg) und für die Anionen (CO₃, HCO₃, Cl, SO₄) getrennt in Prozenten der Summe aller Kationen-Milliäquivalente bzw. in Prozenten der Summe aller Anionen-Milliäquivalente vorgenommen werden. Beide Berechnungsweisen sind theoretisch einwandfrei.

Maucha (124.), dem wir eine geistreiche, mathematisch durchdachte Methode der flächentreuen graphischen Darstellung von Wasseranalysen verdanken, wählt die zweite Art der Berechnung. Wir verwenden in Abb. 24 *Mauchas* Darstellungsmethode. Diese beruht auf der Konstruktion eines Sechzehneckes mit einem Inhalt von 200 Flächeneinheiten. Der Radius des Umkreises dieses Sechzehneckes berechnet sich zu 8'082 Längeneinheiten. Die eine Hälfte des Sechzehneckes ist den Kationen K, Na, Ca und Mg, seine andere Hälfte den Anionen CO₃, HCO₃, Cl und SO₄ vorbehalten. Die Darstellung der Milliäquivalentprozente eines jeden dieser Ionen erfolgt innerhalb eines Winkelraumes von 45° durch die Flächensumme zweier aneinander und zur Halbierenden des Winkelraumes symmetrisch liegenden (deckungsgleichen) Dreiecke, von denen je eine Seite einen der beiden Schenkel des 45°-Winkels bildet und dem Umkreisradius des Sechzehneckes gleich ist, und deren gemeinsame Seite *a* sich aus der Gleichung:

$$a \cdot 8'082 \cdot \sin 22'5^{\circ} = M \quad (= \text{Milliäquivalentprozent})$$

berechnen läßt.

Zur Konstruktion der in Abb. 24 dargestellten Analysenpolygone von Fülöpszállás-Nádasrét und Fülöpszállás-Kolomtó haben wir die Daten der

Aufnahmen aus dem Sommer 1931 von *Treitz* und *Timko* benützt. Zu den Analysenpolygonen von Hortobágy-Ohát sind die Aufnahmen von *Scherf* aus dem Sommer 1930 verwandt worden. Die Wasseranalysen sind von

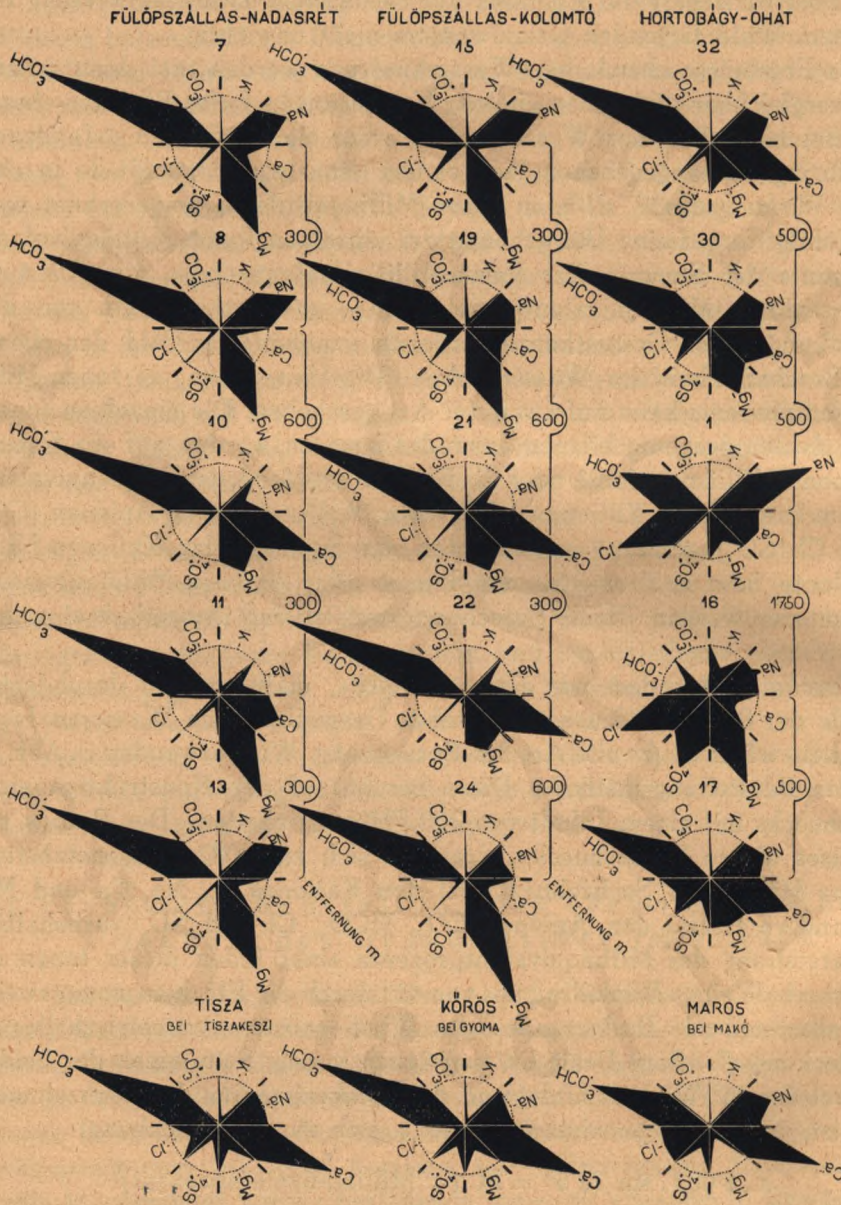


Abb. 24.

Chemische Zusammensetzung von Grundwasserproben, die in geradliniger Reihe und in verhältnismäßig kurzem Abstand von einander entnommen wurden. (Zum Vergleich sind die Analysen des Wassers der Theiß, Körös und Maros beigefügt.)

Sik. Zum Vergleich wurden noch die Analysenpolygone von Wasserproben der drei Hauptflüsse des Tieflandes, der Tisza, Körös und Maros beigegefügt. Zu ihrer Konstruktion nahmen wir die Daten von *Sik* (125., S. 109—112). Die Grundwasserproben der einzelnen Gruppen wurden in gerader Linie und in einem Abstand voneinander entnommen, welcher in der Abbildung durch die zwischen zwei Polygonen rechts stehenden Zahlen angegeben ist.

Die Analysenpolygone lassen auf den ersten Blick die schon erwähnte Tatsache erkennen, daß die chemische Beschaffenheit des Grundwassers in der ungarischen Tiefebene schon auf verhältnismäßig geringe Entfernung größere Schwankungen aufweist. Dies prägt sich besonders in der Polygon-

Tabelle 16.

Angaben zur Gesamthärte des Grundwassers in der Ungarischen Tiefebene.

I. Zám-Hortobágy.										
Nr. der Probe- nahme	106	107	108	110	111	112	113	114	115	115/a
Härtegrade	61·60	163·80	6·72	13·44	23·80	6·30	16·80	19·60	364·00	560·00
II. Szentmargitta puszta.										
Nr. der Probe- nahme	298	300	301	302	303	304	305	307	308	309
Härtegrade	66·4	55·4	39·3	4·9	19·9	26·2	26·0	17·7	123·5	19·5
		III.	IV.	V.	VI.	VII.				
		Kisujzállás.	Kenderes.	Kunhegyes.	Turkeve.	Tiszaroff.				
Nr. der Probe- nahme	174	185	182	183	191	192	160	163	193	194
Härtegrade	26·5	25·4	72·9	176·6	25·9	22·6	15·3	20·7	24·5	28·6
VIII. Kecskemét-Földmivesiskola (in 20—30 m Entfernung von einander !)										
Härtegrade	24·17	19·29	21·87	19·06	19·06	24·28	32·21	11·72	79·82	80·15

gruppe von Hortobágy-Óhát aus, bei der das Grundwasser auf eine Länge von 3250 m eine überraschende Mannigfaltigkeit in der chemischen Zusammensetzung zeigt. Die große Veränderlichkeit des Grundwassers in der Tiefebene wird noch durch die in Tab. 16 zusammengefaßten Daten unterstrichen, welche die Schwankungen der Gesamthärte des Grundwassers in deutschen Härtegraden (1 deutscher Härtegrad = 10 mgr CaO im Liter) angeben. Die unter I, II und VIII aufgeführten Daten sind die Aufnahmen von *Scherf* vom Mai und Juni 1931, die Daten unter III, IV, V, VI und VII stammen von *Sümeghy*.

Daß die starke Veränderlichkeit der chemischen Zusammensetzung des

Grundwassers zuweilen schon innerhalb der kurzen Entfernung von etlichen 10 Metern hervortritt, zeigen die Daten von Kecskemét-Földmívesiskola unter VIII. Die Ursache dieser Verschiedenheit in der Grundwasserzusammensetzung steht in engem Zusammenhang mit den im II. und III. Kapitel besprochenen Untergrund- und Klimaverhältnissen des Tieflandes. *Scherf* (53., S. 296) sagt mit Recht, „daß die Anreicherung des Grundwassers an Salzen überhaupt und insbesondere an Natriumsalzen von den morphologischen Verhältnissen der ersten wasserdichten Schicht im Untergrund, nämlich des blauen Plistocäntones (2 b) abhängt. In den Erosionswannen und Rinnen des Tones, die aus dem Rib-Würm-Interglazial herkommen, finden wir, wie schon erwähnt, Grundwasser, das mehrere Gramme NaCl und Na₂SO₄ enthalten und dessen Härte 100 deutsche Grade übertreffen kann“. Den dauernden Vorgang der Salzanreicherung erklärt das semi-aride Klima der ungarischen Tiefebene und die ungenügende Abflußmöglichkeit. Die Salze können nur in senkrechter Richtung wandern, in den trockenen Sommermonaten steigen sie kapillar auf, in den feuchten Jahreszeiten werden sie wieder nach abwärts gewaschen und sammeln sich in den Vertiefungen des Untergrundes. Hierauf beruht die große chemische Verschiedenheit, die das Grundwasser auf dem Rücken und in den Vertiefungen des Untergrundes zeigt. Dies veranschaulichen die folgenden, uns von *Scherf* zur Verfügung gestellten Daten:

Grundwasserzusammensetzung auf dem Rücken und in einer
Vertiefung des blauen Tons.

	Cl gr/Ltr	SO ₄ gr/Ltr	Alkalität	Gesamthärte
Rücken des blauen Tons	0·082	0·044	16·93	8·41
Vertiefung des blauen Tons . . .	1·970	0·864	19·64	79·82

Aus diesen Daten ergibt sich, daß zwischen der Gesamthärte des Grundwassers auf dem Rücken und jener des Grundwassers im Becken ein zehnfacher Unterschied vorkommen kann. Die gleiche Erfahrung machte *Szilágyi* (111., S. 160) bei Feststellung der Salzveränderlichkeit des Grundwassers im Staate Wyoming (U. S. A.) in der Gegend von Shoshone und im Staate Nevada bei Newlands.

Aus den Untersuchungen von *Herke* (192.) geht hervor, daß zwischen der chemischen Zusammensetzung des Grundwassers und jener des Oberflächenwassers in der ungarischen Tiefebene zwischen Donau und Theiß ein großer Unterschied besteht. So beträgt z. B. (S. 82. Tab. VII.) der Trockenrückstand in 1 l Wasser in Domaszék: bei Oberflächenwasser 1806·0 mg, bei Grundwasser 31,550·0 mg, in Szeged-Bojárhalom (S. 81.

Tab. VI.): bei Oberflächenwasser 2080'0 mg, bei Grundwasser 17,350'0 mg, in Kiskunhalas (S. 83. Tab. IX.): bei Oberflächenwasser 2326'0 mg, bei Grundwasser 10,852'0 mg. Diese Untersuchungen finden ihre Bestätigung durch Arany und Babarczy (193., S. 94), welche in der Gegend von Hortobágy die gleichen Feststellungen machten.

Ein Wasser ist unter ariden Verhältnissen umsoweniger für Bewässerungszwecke geeignet, je größer die Gesamtmenge der in ihm gelösten Salze und je größer das Verhältnis zwischen der Summe der Natrium- und Kalium- und der Summe der Calcium- und Magnesiumäquivalente ist. Dieses Verhältnis wird allgemein als Weichheitsgrad bezeichnet. Man könnte es aber auch mit der Benennung *Schädlichkeitsfaktor* versehen, um damit gleich seine *negative* Bedeutung bei Bewässerungsfragen hervorzuheben. Wenn wir den reziproken Wert des Schädlichkeitsfaktors verwenden, so gewinnen wir den Vorteil, eine Zahl von *positiver* Bedeutung zu erhalten. Bei gleichbleibendem Gesamtsalzgehalt wird mit dem Ansteigen dieses reziproken Wertes, den wir als *Qualitätsfaktor* bezeichnen, die Wasserbeschaffenheit eine bessere. Die Gesamtbeurteilung eines Wassers stößt auf gewisse Schwierigkeiten, weil stets zwei Faktoren miteinander verglichen werden müssen, nämlich der Gesamtrückstand mit dem Qualitätsfaktor. Wir haben für praktische Zwecke den Gesamtwirkungswert dieser beiden Faktoren in eine einzige Zahl zusammengefaßt, indem wir den Qualitätsfaktor durch den Gesamtrückstand dividierten. Für diesen Quotienten möchten wir die Bezeichnung *Bewertungszahl* vorschlagen. Die Bewertungszahl hat positive Bedeutung. Je größer die Bewertungszahl ist, desto besser ist das betreffende Wasser (unter sonst gleichen Umständen) zur Bewässerung geeignet. Praktisch von großer Wichtigkeit ist auch, zu wissen, welche Neigung zur Versalzung, d. h. zur Szikbodenbildung ein für Bewässerungen verwendetes bzw. in Aussicht genommenes Wasser besitzt. Hierfür gibt der reziproke Wert der Bewertungszahl einen guten Anhalt. Wir bezeichnen daher den reziproken Wert der Bewertungszahl als *Versalzungszahl*. Je größer die Versalzungszahl eines Wassers ist, desto ungeeigneter ist es für Bewässerungszwecke, bzw. desto größere Vorsicht ist bei der Verwendung des Wassers geboten. In Tab. 17 haben wir für die in der Abb. 24 graphisch veranschaulichten Wasseranalysen die Bewertungsfaktoren zusammengestellt.

Die Daten der Tab. 17 sprechen für sich. Wir sehen, daß die Grundwasser 21, 11, 10, 22 und 30 die besten Bewertungszahlen besitzen, was bedeutet, daß sie für Bewässerungszwecke besonders gut geeignet sind. Die Bewertungszahlen der Grundwasser 21 und 11 übersteigen sogar jene des Tisza- und Körös-Wassers. Das besagt aber nicht, daß diese Grundwasser für die Bewässerung auch geeigneter als die beiden Flußwässer sind, weil bei der Bewertung der letzteren auch deren Schlammgehalt als positiver

Tabelle 17.

Bewertungsfaktoren verschiedener Grundwasserproben der ungarischen Tiefebene.

Bewertungsfaktoren	Nr. der Grundwasserprobe									
	7	8	10	11	13	15	19	21	22	24
Gesamtsalzgehalt in Gramm/Liter . . .	1'371	1'659	0'345	0'394	2'313	2'864	0'876	0'289	0'764	1'463
Qualitätsfaktor	1'71	1'31	5'41	7'32	1'50	1'42	2'27	7'32	8'38	3'54
Bewertungszahl	1'25	0'79	15'68	18'58	0'65	0'50	2'59	25'33	10'97	2'42
Versalzungszahl	0'80	1'27	0'06	0'05	1'54	2'02	0'39	0'04	0'09	0'41

Bewertungsfaktoren	Nr. der Grundwasserprobe					Tisza	Kőrös	Maros
	32	30	1	16	17			
Gesamtsalzgehalt in Gramm/Liter . . .	0'970	0'322	0'913	9'627	0'448	0'182	0'196	0'216
Qualitätsfaktor	1'57	2'40	0'77	1'59	2'20	2'91	3'20	1'84
Bewertungszahl	1'62	7'45	0'84	0'12	4'91	15'99	16'33	8'52
Versalzungszahl	0'62	0'13	1'19	6'12	0'20	0'06	0'06	0'12

Wert mit in Rechnung zu stellen ist. Die Schlammgehalte betragen nach *Sik* (125., S. 109, 112) im Mittel: in 1 Liter Wasser der Tisza 0'1015 gr, der Kőrös 0'0160 gr und der Maros 0'3720 gr. Die schlechtesten Bewertungszahlen haben die Grundwasser 16, 15, 13, 8 und 1, woraus wir schließen können, daß diese für das Pflanzenleben einen viel geringeren Wert haben. Die in der Tab. 17 angegebenen Bewertungsfaktoren spiegeln sich deutlich in der Polygonarstellung der Abb. 24 wider. Das beweist, daß die *Maucha*-sche Darstellungsmethode zur Veranschaulichung der chemischen Beschaffenheit von Wässern sehr zweckdienlich ist.

Aus den herausgegriffenen Beispielen darf selbstverständlich kein allgemeiner Schluß auf die chemische Beschaffenheit des Grundwassers in der ungarischen Tiefebene überhaupt gezogen werden. Die aufgezeigte Veränderlichkeit verlangt in dieser Beziehung eine gewisse Vorsicht und erfordert weiter, daß jedes Grundwasser, wie wir bereits betont haben, als ein selbständiges Individuum aufzufassen ist. Wir müssen uns also vor allgemeinen Schlußfolgerungen hüten, dies umso mehr, als die Veränderlichkeit des Grundwassers in der Tiefebene nicht nur eine örtliche, sondern auch eine zeitliche Erscheinung ist. Ein gutes Beispiel hierfür geben die Untersuchungen von *Herke* (192.), wonach z. B. (S. 81. Tab. VI.) das Grundwasser in der Gegend von Szeged-Bojárhalom im Juli 1926 (bei hohem Grundwasserstand) in 1 Liter 5412'0 mg, im September dagegen (bei tieferem Wasserstand) 17350'0 mg Trockenrückstand enthielt. Es wäre sehr erwünscht, wenn parallel mit den Grundwasserbeobachtungen regelmäßig Wasser-

analysen ausgeführt würden. Die chemische Untersuchung müßte mindestens zweimal jährlich, nämlich im Frühjahr und im Herbst (bei höchstem und bei tiefstem Wasserstand) erfolgen. Nur auf diesem Wege können wir ein klares, vom Zufall unabhängiges Urteil über die chemische Dauerbeschaffenheit eines Grundwassers und deren Schwankungen gewinnen, was besonders für die bereits im Gang befindlichen ungarischen Bewässerungsarbeiten von großer Bedeutung ist. Außerdem ist aber als gediegene Grundlage für eine rationelle Bewässerung die genaue Kenntnis des Bodens und der Untergrundverhältnisse unerläßlich, weil wir nur dann eine zweckmäßige Wasserwirtschaft betreiben und uns vor späteren unangenehmen Überraschungen bewahren können.

Die chemische Analyse des Grundwassers in der Tiefebene ist auch hinsichtlich der Trinkwasserversorgung von Bedeutung. Vom Königlich Ungarischen Hygienischen Institut werden in vorbildlicher Weise zahlreiche Trinkwasseranalysen fortlaufend durchgeführt. Der hohe praktische Wert dieser Untersuchungen ist aus der Arbeit von *Bolberitz* (176.) zu ersehen.

(Schlußteil folgt.)

Intézeti ügyek.

Ijjász Ervin m. kir. segéderdömérnököt a müncheni egyetemen „Grundwasser und Baumvegetation unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in der Ungarischen Tiefebene“ című doktori dolgozata és kitüntetéssel kiállott szigorlata alapján *summa cum laude* doktorrá avatták.

Ijjász Ervin m. kir. segéderdömérnököt a nagyméltóságú m. kir. földművelésügyi Miniszter Úr Sopronból Budapestre helyezte át és a m. kir. földművelésügyi minisztériumba osztotta be szolgálattételre.

Haracsi Lajos m. kir. segéderdömérnököt a budapesti kir. magyar Pázmány Péter Tudományegyetem bölcsészettudományi karán „Adatok a leveltetvek biológiájához“ c. disszertációja és az állattan, növénytan és kémia tárgyköréből tett szigorlat alapján *summa cum laude* doktorrá avatták.

Az „E. K.” 1938. évi XL. kötetének tartalom- jegyzéke.

Inhaltsverzeichnis.

	Oldal — Seite.
<i>Haracsi Lajos</i> : Adatok a levéltetvek biológiájához	1
<i>Lajos Haracsi</i> : Beiträge zur Biologie der Blattläuse	47
<i>Vági István</i> : Kritikai megjegyzések dr. Fehér kémiai vizsgálataihoz, amelyek az erdei talajokkal foglalkoznak	54
<i>Stefan Vági</i> : Kritische Bemerkungen zu den chemischen Untersuchun- gen Dr. Fehérs, welche sich mit den Waldböden befassen . . .	127
<i>Dipl.-Ing. Erwin Ijjász</i> : Grundwasser und Baumvegetation unter be- sonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in der Ungarischen Tiefebene	159
Intézeti ügyek	269





