

ERDÉSZETI KISÉRLETEK.

A M. KIR. BÁNYAMÉRNÖKI ÉS ERDŐMÉRNÖKI FŐISKOLA ERDŐMÉRNÖKI OSZTÁLYÁNAK ÉS A M. KIR. ERDÉSZETI KISÉRLETI ÁLLOMÁSNAK FOLYÓIRATA.

XXXI. ÉVFOLYAM 1929.

SOPRON

2. SZÁM.

Gyökérvizsgálatok csemetekerti és szikes talajban.

Irtá: *Magyar Pál.*

Mindazok az erdőműveléstani eljárások és felfogások, amelyek a fák térbeli viszonyaival függnek össze, meglehetősen bizonytalanok. Általában minden többé-kevésbé érthető jelenséget a fénnel hoztak kapcsolatba, ami sokszor magyarázat helyett inkább csak zavart hozott. Így pl. teljesen érthetetlen, miért kíván ugyanazon fafaj azonos klíma alatt a gyengébb minőségű talajon sokkal több fényt, mint jó talajon. A magyarázat egészen máshol keresendő, még pedig ott, a fának annál a szervénél, amely a jó és gyengébb minőségű talajjal a legközvetlenebb összefüggésben áll, amely szerv tulajdonképpen a talaj minőségét a fa, az erdő élete, fejlődése szempontjából meghatározza és döntő jelentőségűvé teszi. Ez a szerv a gyökérvizsgálat, melynek rendeltetése vízről, tápanyagról gondoskodni, a fát a talajhoz rögzíteni s a létért folytatott küzdelemben vezető szerepet játszani. Amikor tehát az erdőművelést természettudományi alapokon akarjuk felépíteni, elsődrendű kötelességünkké válik a fák gyökérvizsgálatának a különböző termőhelyeken folytatandó rendszeres vizsgálata. Az azonos mértékű erdőművelési ténykedés ugyanis (pl. gyérités, felszabadítás stb.) a különböző talajviszonyok között más és más eredményt hoz, mert pl. a gyengébb talajokon a fának nem több fényre, hanem gyökérvizsgálatának nagyobb növényre van szüksége, hogy a nélkülözhetetlen vízmennyiséget, illetőleg tápanyagot felvehesse. Gazdag és üde talajon sűrűbb, elágazó, soványon hosszabb s kevésbé elágazó gyökérvizsgálat a jellegzetes. A szárazabb és soványabb talajban aránylag jóval nagyobb tömegű gyökérvizsgálat fejlődik, amely többetnél felhalmozott anyag és energia a földfeletti rész rovására megy, anélkül, hogy az így megnagyobbodott gyökérvizsgálat képes volna a földfeletti

rész veszteségét pótolni. A talaj volúmene csak annyiban bír jelentőséggel, amennyiben a víznek és tápanyagnak hordozója.

Az újabban folytatott vizsgálatok arra kényszerítettek bennünket, hogy a fajoknak a talaj mélységével szemben emelt kívánalmairól szóló ismereteinket, gyökérzetüknek mélység szerinti osztályozását revízió alá vesszük. A gyökérzet ugyanis oly nagy mértékben változik a talaj minősége szerint, hogy teljesen indokoltnak látszik az a megállapítás, hogy bár az egyes fajok gyökérzete mutat faji sajátosságokat, mégis ugyanannak a fajnak gyökerei különböző talajokon jobban különböznek egymástól, mint a különböző fajok gyökerei ugyanazon a talajon. Igen érdekes pl., hogy Vater (Thar. Jahrbuch, 1927) vizsgálatai szerint a „sekély gyökerű” lúccs gyökérmélységeinek átlaga nagyobb volt, mint a „mély gyökerű”-nek ismert erdeifenyőé.

A Schwappach "Illustriertes Forst-Wörterbuch"-jában (1924) még a következő osztályozást találjuk:

Erőtlen karógyökerűk van: erdeifenyő, tölgy, dió.

Erős karó- és oldalgyökerűk van: szelid gesztenye, kőris, hárs, szil, vörösfenyő.

Szívgyökerűk van: jegenyefenyő, tiszafa, boróka, juhar, bükk, éger.

Sekély gyökérzettel bírnak: gyertyán, éger, nyír, akác, nyár, fűz, lúccs, feketefenyő és havasifenyő.

Büsgen szerint a fiatal éger egyszer karógyökeret, máskor szívgyökeret, olykor pedig csak sekély horizontális gyökérzetet fejleszt. Az idősebb bükknél, égernél, nyírnél pedig szívgyökérzetet tapasztalt. — Bernbeck az erdeifenyőt sekély gyökérzetűnek tartja. — Saját eddigi vizsgálataim szerint az erdeifenyő horizontális gyökérzete az alföldi homokon jóval sekélyebben terül el, mint a feketefenyőé, míg a vertikális gyökerek mindkettőnél elérik a pár méter mélyen lévő altalajvizet, tehát itt inkább a feketefenyő mondható mélyebb gyökérzetűnek, mint az erdeifenyő. — Az akác és a nyár sem tekinthető sekély gyökérzetűnek, mint később látni fogjuk. Viszont a kőris sokszor sekélyebb gyökerűnek találjuk, mint pl. a kanadai nyárt. A szilnek szerintem inkább szívgyökerei vannak.

Szinte ahány író, annyiféle osztályozás. Ennek pedig egyszerű magyarázata az, hogy az egyes kutatók más és más viszonyok között vizsgálták a fajok gyökérzetét, így az eredmények is igen eltérők lehetnek egymástól.

A jelen vizsgálatok, bár elsősorban gyakorlati célokat szolgálnak, tekintettel arra, hogy a talajminőségeknek egész skáláját foglalják magukban, általános tudományos szempontból is figyelemre méltók s bizonyos mértékig hozzájárulnak a bonyolultnak látszó kérdés megoldásához:

Ismétlem, vizsgálataimnál mindenekelőtt gyakorlati szempontok érvényesültek. Az Alföldfásítási törvény 1923-ban született meg s többek kö-

zött előírja a szikesek fásítását. Az ezirányban útmutatásra hivatott püspökladányi kísérleti telep csak 1924 őszén kezdte meg működését. Általánosan elfogadott vélemény pedig az, hogy erdőtelepítési kísérletnél csak évtizedek múlva várhatunk megbízható és gyakorlatilag használható eredményeket. Természetesen nekünk évtizedek nem állnak rendelkezésünkre a törvény végrehajtásáig, mely már is sürgős. Módot kellett tehát keresnünk, mely meglehetősen biztonsággal feleletet tud adni a felmerülő kérdésekre, amelynek segítségével többé-kevésbé bele tudunk látni adott viszonyok között a fafajok jövőjébe. Ez az eljárási mód a gyökérvizsgálat.

A következő feltevésből indultunk ki. Alföldünk klimatikus szempontból átmenetet képez a steppe- és erdőklíma között (Waldsteppe). A légköri csapadéknak, különösen szikes talajon, csak egy része jut a talajba s ennek ismét csak egy részét tudja felvenni a fa gyökérzete. Ilyen körülmények között a rendelkezésre álló víz semmi esetre sem elegendő erőteljes fa, még kevésbé erdő tenyésztéséhez. A fának máshonnan kell pótolniok az Alföld eléggé száraz levegője mellett a fokozott párologtatáshoz elengedhetetlen nagyobb tömegű vizet. Ezt csak az altalajvizől pótolhatják. Ha tehát a talajviszonyok lehetővé teszik a gyökérzet lejutását, illetőleg a fafajok gyökerei képesek áttörni a kritikus talajrétegeket s így lehatolnak az altalajvizig, a fa jövője biztosítottak vehető.

Ez képezte vizsgálataink és a belőlük vonható következtetések alapját. Így lesz az Alföld- s különösen a szikesfásítás kérdése talaj-, illetőleg gyökérvizsgálás.

Ezt különösen élesen világítja meg az a feltűnően nagy különbség, mely a normális, jól szellőző és aránylag lazább szerkezetű és pl. a III₁ osztályú szikes talajban fejlett gyökerek között fennáll. A csemetekerti vizsgálatokat programmba vettem és a kísérleti vizsgálatok előtt fogom tárgyalni, egyrészt, hogy erre rámutassak, másrészt nem érdektelen ismerünk és tanulságosnak látszik figyelemmel kísérenünk a kísérleteknél alkalmazott csemeték gyökérzetét a kedvező csemetekerti és a változott kísérleti viszonyok között.

Módszer.

A vizsgálati anyag kiválasztása alkalmazkodott a gyakorlatilag fontos kérdésekhez. Így pl. a *Tamarix tetrandra*-t csak a III₁ osztályú talajnál tettük vizsgálat tárgyává. Egyes kevésbé jelentős fafajból csak 1—2 példányt emeltünk ki, míg másoknál egész sorozatot (pl. celtisz, zöldjuhar, — kanadai nyár, vadrkörte). Minden egyes alkalommal annál gondosabban történt a kiválasztás. Igyekeztem lehetőleg átlagos, vagy annál fejlettebb,

de mindig jellemző csemetéket kiemelni. A feltárás megkezdése előtt a telepítést megelőző és annak idején vázlatban felvett növényzet alapján megállapítottam a talaj minőségét. Felvázoltam a szomszédos csemeték által alkotott hálózatot. Jegyzőkönyvbe vettem a vizsgálat idejét, helyét, a fafajt, a kísérleti módot, a talaj minőségét, majd a feltárás folyamán a talaj jellemzésére lényeggel bíró adatokat s a gyökérzetnek a vázlatban fel nem tüntethető jellegét. Kétféle vázlatot készítettem, oldalnézetit és felülnézetit. Ide felvettem lehetőleg minden, az általános képet nem zavaró gyökérszálat, természetesen az egészen rövid és a néhány centiméter hosszú gyökerek mellőzésével. A csemetekerti vizsgálatoknál azonban még ezekre is figyelemmel voltam. A vázlatok készítése nem történt egy határozott irányból nézve, pl. délről vagy északról stb., hanem mindig attól tettem függővé, honnan mutat többet, honnan jelentősebb az oldalnézet s ehhez igazodott a felülnézet. Felvételi nézőpontom vagy a sor irányába, vagy erre merőleges irányba esett. A vázolat természetesen folytonos mérések kísérték. Az I. számú táblázatban szereplő gyökérhosszak mindig a vízszintes vetületre s nem a gyökér tényleges hosszára vonatkoznak.

A vizsgálatoknál általában teljes gyökérzetet, tehát lehetőleg minden gyökérszálcskát is óvatosan kifejtettünk, mert sohasem lehetett előre tudnunk, hogy meddig terjednek. A feltárás nagy óvatosságot, figyelmet és türelmet igényel s csak igen megbízható, ügyes és begyakorolt munkással végezhető. Különösen a kötött szikes agyagban óriási nehézséggel jár az ilyen vizsgálat, főleg, ha a talaj túlságosan nedves, amikor kezdődik, vagy amikor kökeménnyé száradt. Maga a gyökérfelkutatás a csákkánnyal és ásóval végzett megközelítés után erős pengéjű, hegyes, lehetőleg zsebkéssel történt, mert az aprólékos és különös gondot igénylő munkánál egyébként minduntalan beleszakadt volna a gyökér.

Vizsgálatok a csemetekertben.

Csemetekertünk talaja jobb minőségű s eléggé porhanyó szerkezetű agyag. Az altalajvíz kb. 5 m. mélységben mozog.

A gondosan keresztülvitt teljes gyökérzet feltárása már itt olyan eredményekhez vezet, melyek eddigi ismereteinkkel alig egyeztethetők össze. Így pl. mindjárt az 1. ábránál azt kell látnunk, hogy a sekély gyökérzetnek ismert *akác*, melynek magvát 1927 áprilisában vetettük el s amelyet egy év múlva a következő vegetáció megkezdése előtt szedtünk ki, a mellékelten feltüntetett fejlettséget mutatta. Tehát gyökere, mely a jelen esetben és korban még karógyökér, már az első évben elért 232 cm-es mélységet, míg leghosszabb oldalgyökere 105 cm., amely értékekkel a vizsgált egy éves magágyi csemeték között első helyen áll. Itt hangsúlyoznom

kell, hogy a feltárt példány nem a kimagasló, hanem a jobb közepes fejlettségűek közül való, mint általában a továbbiak is.

A sorban utána közvetlenül az általánosan mély gyökérszövetnek ismert *kocsányos tölgy* következik 142 cm-es legnagyobb mélységgel (5. ábra). Tipikus karógyökér. Érdekes már itt rámutatnom, hogy nem feltétlenül a legmagasabb csemetének van egyúttal a legmélyebb gyökere, mert a csemete magassági növekvésére egyebektől eltekintve a táplálkozási visznyok összessége bír döntő szereppel. A legnagyobb földfeletti résszel rendelkező példánynak (6. ábra) viszont a mellékgyökérszövege a legfejlettebb, bár általában az 1—2 éves tölgycsemete mellékgyökérszövege alig hasonlíthatjuk össze a többi fajéval, melyek rendszeresen aránytalanul fejlettebbek.

Harmadik helyen áll mélység tekintetében 120 cm maximummal a *szofóra* (9. ábra). Közvetlenül a talaj felszíne alatt erősen megvastagodó, de 20—30 cm. mélységben már hirtelen elvékonyodó s többnyire el is ágazó karógyökere aránylag fejlett oldalgyökérszöveggel is bír. Amelyiknek nincs megfelelő oldalgyökérszövege, még ha gyökerei ugyanolyan mélyre hatolnak is, a törzsrész magasságbeli növekedésében lemarad (l. 7. és 8. ábrát).

Ugyancsak 120 cm-es mélységet ért el s igen erőteljes gyökérszöveget fejlesztett az *Amorpha fruticosa* (10. ábra).

118 cm-ig hatolt le az *amerikai kőris*, melynél egyszer szívgyökéret (11., 12. ábra), máskor karógyökéret találunk.

Tipikus karógyökere van a 105 cm-ig lejutó magági *ezüsthának*.

A csaknem ugyanilyen mélységet (100 cm.) elérő *gledicsia* főgyökere 30—40 cm. mélységben többnyire széjjelágazik.

Tehát eddigi vizsgálataink egyik fontos eredményének tarthatjuk, hogy — amint látjuk — már az egy éves magági csemeték gyökérszövege olyan fejlettséget mutat, ami semmiképen nem egyeztethető össze egyes gyakorlati szakembereink olyan irányú kívánságával, hogy a kiültetendő csemetéket a csemetekertben teljes gyökérszöveggel kell kiszedni és az erdősítendő helyen ugyancsak teljes gyökérszöveggel kell elültetni. Csak egy pillantást kell vetnünk az I. táblára s azonnal meg fogunk győződni arról, hogy ez teljesen lehetetlen. Még inkább szembeötlően mutatkozik ugyanez a két éves magági csemetéknél. Itt pl. a *mezei szil* gyökérszövege feltárásánál 5'15 m-ig jutottunk le, ahol azonban a gyökér követésével fel kellett hagynunk az altalajvíz előtörése miatt. A két éves mezei szil tehát 5'15 m-nél mélyebbre hatolt valószínűleg addig a mélységig, melyen az altalajvíz az előző nyár végén, vagy ősszel állott. A feltárás ugyanis kora tavasszal történt, amikor a püspökladányi kísérleti telepen az altalajvíz átlag 1 m-rel magasabban szokott lenni, mint nyár végén.

Különösen figyelemre méltóvá válik ez a jelenség akkor, ha ismerjük *Vater* ama kijelentését, mely szerint összes eddigi vizsgálatainál nem for-

dult elő eset, hogy a gyökér belenyúlt volna az altalajvízbe. Ez annál is inkább feltűnő, mert az én vizsgálataimnál többször is előfordult, ami egészen természetes is, mert hiszen a gyökérzet mindig igyekszik elérni az altalajvizet, amely pedig a vegetáció idejében, némi hullámzástól eltekintve, fokozatosan súlyed öszig, amikor újból emelkedni kezd. Ez a folyamat, amely ma az egész Alföldön tanulmányozás tárgyát képezi, minden valószínűség szerint a csapadék és párolgási, illetőleg párologtatási viszonyokkal, továbbá a talaj vízáteresztő képességével kapcsolatos. — A gyökér tehát követi az altalajvizet súlyedésében, viszont az emelkedés periódusában a gyökérvégek víz alá kerülnek s ha ez sokáig tart, el is pusztulhatnak, úgyhogy az újabb súlyedést már újabb gyökérszálak követik. Ez a jelenség tehát a legszorosabb összefüggésben áll az altalajvíz ingadozásával, észlelése pedig a gyökérfeltárás időpontjával. *Vater* dolgozatában — sajnos — egyikről sem tesz említést.

Visszatérve a két éves magági csemetékre, itt már a mély gyökérzetű *szofóra* messze maga mögött hagyja (266 cm. 134, illetőleg 132 cm-rel szemben) az előző évben alig valamivel megelőzött *köriseket*. Itt már élesebben elkülönülnek egymástól a mély és sekély gyökérzetű fajok.

A két éves iskolázott, tehát egy éves korában a gyakorlatban szokásos gyökércsonkítással kiszedett és újból elültetett csemeték gyökérzetének mélysége nem éri el az egy éves magági csemetéét. A magági csemete átiskolázását megelőző kiszedésnél ugyanis úgy a vízszintes gyökerek nagy része, mint a lefelé irányuló gyökereknek 30—40 cm-en alóli része elvész, tehát mindig erősen megcsonkított gyökérzetű csemetét ültetünk át. A csonkítások felett azután rendszeren több új gyökérszál indul ki, úgyhogy ezáltal az eredetinel jóval sűrűbb, gazdagabb gyökérzetet kapunk úgy vízszintes, mint függőleges irányban. Természetesen az így nagy mértékben megszaprodott lefelé irányuló gyökér nem tudhat oly gyorsan nőni, mintha kevesebb volna, mert szárazságra hajló viszonyok között sem nedvesség, sem tápanyag nem áll oly mértékben rendelkezésükre. Ezt látszanak igazolni a 26., illetőleg 27.—30. ábrák is. Ezek a *mezei szil* csemeték eredetileg nagyon gyomos és kissé szikes talajú csemetekertben sínylődtek két éves korukig. Ekkor, mivel kiültetésre még mindig gyengék voltak, átiskoláztuk 10—12 cm. csemete- és 40 cm. sortávolság mellett. Még a vegetáció megkezdése előtt kísérletképen két kisebb folton (5—6 m²) megritkítottam a sorokat s így a csemetetávolság 24—30 cm-re emelkedett. Ősszel néhány átlagos fejlettségű példány gyökérzetét feltártam s ezekből valók a fenti ábrák. Ezeknek tanúsága szerint a ritkábban álló csemetéknek (27. és 28. ábra) úgy földfeletti, mint földalatti része sokkal fejlettebb, magasabban nőtt, illetőleg mélyebbre hatolt — bár gazdagabban ágazott el —, mint a sűrűn állók (29. és 30. ábra). Itt felvethető a kérdés, mi az iskolázás leg-

fontosabb célja, illetőleg mit érünk el az iskolázással? Mindenesetre a csemete ritkább állásba kerül, nagyobb növőtérhez jut. Minthogy pedig minden egyes egészséges, de megcsonkított gyökérvégből új gyökérágak hajtanak, az egész gyökérzet gazdagabb, elágazásdúsabb lesz. Később az ültetésre kerülő csemetének a kiemeléskor ismételt megcsonkított gyökérzete még több új ágakat hajtó gyökérvéggel fog rendelkezni, aminek következményeként a most még tágabb növőtérrel bíró csemete gazdagon elágazó gyökérzetével intenzívebben képes kihasználni talaját.

Az átiskolázás, illetőleg átültetés után kialakuló gyökérzet épen azáltal, hogy minden gyökérvégből, tehát a karógyökérből is sokszor számos új gyökérszál indul ki, többnyire elveszíti eredeti és esetleg jellegzetes alakját, mert az új gyökérszálak közül ritkán tudja az egyik átvenni a karógyökér szerepét, úgyhogy ilyenkor többnyire szívgyökérszerű alakot kapunk.

Érdekes gyökértípusokat találunk a *dugványoknál*. Amíg a *tamariskák*-nál a dugvány végéből fakadó gyökerek, természetesen többé-kevésbé laza talajt és inkább száraz, mint nedves viszonyokat feltételezve, elsősorban lefelé irányulnak (33., 34. és 42., 43. ábra), addig a *kanadai nyár* először többnyire vízszintes talpgyökereket fejleszt (35.—37. ábra), amelyekből azután számos függőlegesen lefelé haladó gyökérág indul ki, amelyeket *függő gyökereknek* (Senkerwurzel) nevezhetünk. Az *Elaeagnus* a két típus között foglal helyet.

A vizsgált fajok közül leggyorsabban igyekszik elérni a talajvizet a *Tamarix odessana*, mely már az első évben 260 cm. (33. ábra), a második évben 483 cm. (42. ábra) mélységig jutott le. Jóval elmarad mögötte a másik, az általánosan ismert *Tamarix tetrandra* (180, illetőleg 248 cm.; 34., 43. ábra).

Ugyanitt a *kanadai nyár* nem sokkal, az *ezüstfa* lényegesen kisebb mélységet ér el. — A kanadai nyárnál fel kell említenem, hogy az előző évben (1927) a csemetekert más részében szintén szedtem ki gyökérzetét, amely 210 cm. mélységig nyúlt le. Abban az évben ugyanis úgy a gyökérzet, mint a törzsrész lényegesen erőteljesebb fejlődést mutatott, mint 1928 száraz nyarán. Tehát a gyökérzet növekvésére sok minden egyéb tényező mellett a csapadékviszonyok is jelentős befolyással bírnak, aminek azután természetes következménye a törzsrész növekvésének is a klimatikus tényezőktől való közvetett függősége.

A gyökérzet alakjára s egyúttal a szomszédos csemeték hatására jellemző, hogy a 35., 37., 38. és 39. ábrán feltüntetett dugványok a tábla (parcella) széléről, a 36., 40. és 41. a táblák belsejéből kerültek ki, tehát a szomszédos csemeték közelsége már a csemetekertben lényegesen be-

folyásolja a gyökérzet kialakulását, különösen vízszintes irányú terjeszkedését.

Ha figyelemmel nézzük végig az első három tábla ábráit s becsléseket végzünk, hogy a rendszeren szokásos csemetekiemeléseknél az egész gyökérzetből mennyi marad meg, illetve a normális ültető gödrökbe (40—50 cm. felső átmérőt és mélységet véve tekintetbe) milyen terjedelmű gyökérzet fér el, a vizsgált fajokra átlagosan a következő megállapításokat tehetjük.

Kiemelésnél, illetőleg az ültetésig elvész az egy éves magági csemeténél a gyökérzetnek $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$, a két éves magági csemeténél $\frac{1}{2}$ — $\frac{9}{10}$, a gyökereztetett dugványoknál $\frac{3}{4}$ — $\frac{9}{10}$ része.

Ezt a nagyarányú veszteséget látva, jogosan felmerül előttünk a kérdés, nem súlyosan természetellenes-e ilyen csonkított gyökérzetű csemetékkel való erdőtelepítés, illetőleg mesterséges felújítás? Nem érezteti-e ez nagy mértékben káros hatását a fa, az erdő egész életében, fejlődésében? Nem kellene-e ezek szerint minden körülmények között magról telepítenünk, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy az ültetésnél a nem eléggé gondos vagy szakszerű munka és nehéz talajviszonyok mellett a csonka gyökérzet még természetellenes helyzetbe is kerülhet, sőt egészen eltorzulhat? *Vater* és *Wibeck* vizsgálatai megnyugtatóknak bennünket. *Vater* szerint a fa élete folyamán gyökérzetének nagy részét ismételten kicseréli, egy-egy részét eldobja és újat fejleszt. Viszont *Wibeck* ültető vassal telepített s így elnyomított gyökerű erdeifenyőket vizsgált s azt találta, hogy azok a rendelkezésre állott 15 éves korig még szebben fejlődtek, mint a normálisan ültetettek. (Hasonló párhuzamos kísérletek vannak folyamatban a püspökladányi kísérleti telepen is.) Ezek szerint tehát sem a gyökércsonkítás maga, sem az ültetésnél természetellenes helyzetbe került gyökérzet, legalább is az eddigi vizsgálatok alapján, általában nem járnak súlyosabb következményekkel, amire még később is visszatérünk. Viszont a magról való telepítés az Alföldön csak jobb talajon, nagy magvú fajoknál mezőgazdasági köztes használat mellett is nehézségekkel jár, mert csemetekerti gondos munkát kíván, amire alig akad vállalkozó.

Vizsgálatok a szikesfásítási kísérleteknél.

A további vizsgálati anyagot — mint azt a mellékelt táblák ábrái is mutatják — talajminőségek szerint csoportosítottam. Az egyes talajosztályokon belül előbbre vettem a fiatalabb s utánuk az idősebb csemetéket.

Az I. osztályú talajnál igen szép gyökérzeteket találunk. Azonban már itt is vehetünk észre különbségeket a csemetekertiekkel szemben. A *kocsányos tölgy* ott már az első évben eléri a 130—140 cm. mélységet, míg itt a két éves ültetés 160 cm. (44. ábra), a két éves vetés 120—140 cm.

(45. ábra) körül van. — A *kanadai nyár* ott már az első évben meghaladja az 1'5 m. mélységet, itt a második évben kb. 130 cm-t ér el (48. ábra).

Egyéb itt nem szereplő vizsgálataimat is figyelembe véve, táblázatba foglaltam (II. táblázat); hogy az összes feltárt csemete gyökérzetéből hány mélységi maximum esik az egyes talajsziintekbe. Így az I. osztályú talajon feltárt 20 csemetéből 9 bocsátotta 2 m-nél mélyebbre a gyökerét, amelyek egyúttal mind el is érték az altalajvizet. 2 db. volt 151 és 200 cm. között, 6 db. 101—150 cm., 3 db. 51—100 cm. között. Az altalajvizet elért gyökereket nem tekintve, az idáig vezető úton a legtöbb, 6 db. 101 és 150 cm. között található, ami amellettt bizonyít, hogy a gyökér az altalajvízig vezető útjában 100 és 150 cm., közelebből megjelölve 120—130 cm. körül időzik legtovább, amelyen, ha túl van, még hátra lévő útját a vízíg sokkal rövidebb idő alatt, rendszeren egy év alatt teszi meg. Így a három éves tölgy már többnyire lenn lesz az altalajvíznél — mint azt a 49. és 50. ábra is jelzi —, természetesen a csemetéről ültetett (50. ábra) jóval fejlettebb gyökérzetel, mint a makkról vetett (49., továbbá a 93. és 94. ábra). — Ezekkel szemben a gazdagabb gyökérzetű *amerikai kőris* ugyancsak három év*) alatt 190 cm. mélységet tudott elérni, nyilvánvaló bizonyítékát adva annak, hogy lefelé hatoló képessége, az erősen kötött rétegeket áttörő vagy átütő ereje sokkal kisebb, mint a tölgyé.

Valószínű, hogy a további ábrákon szereplő kanadai nyár (52. ábra), vénicszil (53. ábra), mezei szil (54. ábra), szofóra (55. ábra) szintén ültetésük után a harmadik évben elérhették az altalajvizet, mert a negyedik évük végén már igen erőteljesen fejlett s az altalajvízig terjedő gyökérzetel rendelkeznek.

Itt ismételtten rá kell mutatnom arra a téves véleményre, mely a karógyökérnek sérthetlenséget és túlzott jelentőséget tulajdonít. A fenti altalajvízig terjedő gyökérzetek közül egyedül csak a makkról vetett tölgynek (49. ábra) van sértetlen karógyökere. Megcsonkított a karógyökere az ültetett tölgynek (50. ábra) és a szofórának. Ezeknél mindenütt azt látjuk, hogy a vertikális gyökérzetnek, legalább is egyelőre csak egy részét teszi ki a karógyökér, illetőleg a belőle közvetlenül elágazó és lefelé irányuló gyökér, míg a többi, sokszor túlnyomó részét a vízszintes gyökerek által lebocsátott ú. n. függő gyökerek adják. — Szívgyökere van a két szilnek és a kanadai nyárnak.

Nem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy a nyárféléket eddig mint sekély gyökérzetű fákat ismertük s azt kell tapasztalunk, hogy a kanadai nyár nehéz kötött agyagban, mely még egy kevéssé szikes is, négy év alatt olyan

*) Úgy a táblákon (az ábráknál), mint a táblázatokban feltüntetett kor jelzésénél az első szám az ültetés kora, a zárójelben lévő még ehhez magában foglalja a csemete ültetés előtti korát is.

erőtéljes, az altalajvízig (3'35 m.) terjedő vertikális gyökérzetet fejlesztett, amely az összes tanulmányozott fajokat gazdagságban felülmúlja.

A II₁ osztályú talajnál a két éves *kocsányos tölgy* (56. ábra) már csak 95 cm., a *cser* (57. ábra) 70 cm., míg a *celtisz* (59. ábra) 55 cm. mélységet ért el. Ugyanitt a három éves *ezüstfa* (58. ábra) 302 cm-ig hatolt le. A szintén három éves *vadkörte* (60. ábra) 95 cm., a *fehérnyár* (61. ábra) 75 cm-ig jutott. Bár az *ezüstfa* vertikális gyökérzete mögött messze elmarad a többi, mégis a *kocsányos tölgnél* és a *vadkörtnél*, de még a *csernél* is a *gyökerek* növekedésének főleg lefelé irányuló tendenciája arra enged következtetni, hogy előbb-utóbb, ha valami közbe nem jön — pl. elgyomosodás —, *átküzdik magukat a még hátralévő szárazabb rétegeken, mert a legszikebb rétegen többnyire már túl vannak.*

A II₂ osztálynál szintén az *ezüstfa* ért el legnagyobb mélységet, két éves korában 165 cm-t (64. ábra), három éves korában 288 cm-t (101. ábra). Utána közvetlenül az egy éves *Tamarix odessana* (70 cm.; 62. ábra) és *Amorpha fruticosa* (65 cm.; 63. ábra) következnek. A további sorrendet következőképpen lehetne felállítani: *Ulmus glabra* (67. ábra), *Pirus piraster* (68. ábra), *Quercus robur* (65. ábra), *Populus virginiana* (69. és 70. ábra), *Acer negundo* (66. ábra), *Populus alba*. — *Ezen adatok alapján a II₂ osztályú talajon kémiai talajjavítás nélkül csak a következő fajoknak jósolhatunk jövőt: Elaeagnus angustifolia, Tamarix odessana, Amorpha fruticosa, Ulmus glabra és Pirus piraster.*

A III₁ osztályú talajnál a *Tamarix tetrandra* gyökerének mélységi növekvése emelkedik ki a többi faj eredményei között, bár valószínű, hogy az *Elaeagnus* erősen megközelíti, mint azt a két éves *Elaeagnus* 105 cm-es eredménye (73. ábra) mutatja az ugyanilyen korú *Tamarix tetrandra* gyökerének 106 cm-es (72. ábra) mélységi növekvésével szemben. A többi faj azonban annál inkább elmarad. Három év alatt egy sem éri el az 1 m-es mélységet. Még legtöbbit ígér a két éves *Amorpha fruticosa* (60 cm.; 74. ábra), a három éves *mezei szil* (70 cm.) és a rendkívül szívós természetű *vadkörte*, melyet, ha gyökerei igen lassan haladnak is lefelé, xerofita berendezkedése megvéd az elpusztulástól. Ezen a talajminőségen a jelzettek kivül, amelyek közül a három utóbbi (*Amorpha*, *szil* és *vadkörte*) már szintén nem nagyon biztató, más fajnak — mint az elért mélységek igazolják — egyáltalán nincs jövője. Ha az első pár évben kedvező viszonyok, gondos talajművelés mellett törzsük szép fejlődésnek indul is, amit pl. különösen az *amerikai körisnél* (82. ábra) tapasztalhatunk, ez csak addig tart, míg a gyökérzetük által behálózott réteg fejlődésükhöz és párolgatásukhoz kellő mennyiségű felvehető nedvességet tartalmaz. A csemeték fejlődésével azonban vízszükségletük is emelkedik s végül bekövetkezik az az időpont, amikor a gyökérzet teljesen kimeríti a legfelső talajréteg ned-

vességekészletét, minthogy pedig az altalajvízig terjedő vertikális gyökerük nincs, mely alulról pótolná a hiányt, megkezdődik a csemeték sínylődése, illetőleg pusztulása. A szikes talajok száraz viszonyai között a legfelső talajréteg nedvességtartalma egyébként sem volna elegendő a fatenyészet-hez s ezt is még a minimumra szállítja a felverődő fűnövényzet gyökér-konkurrenciája.

Miután végig kísértük a csemetéket a csemetekerttől a III₁ osztályú szikes agyagig, ismét visszatérünk a mély és sekély gyökérzet sokat vitatott fogalmára. A legkülönbözőbb fajokat láttuk azonos és változó viszonyok között, illetőleg más-más talajon. A csemetekert többé-kevésbé laza talajában minden fafaj hajlandó rövid idő alatt mély gyökérzetet fejleszteni. Az I. osztályú szikesen, bár lassúbb a fejlődés menete, mégis általában három év alatt lejutnak a fafajok az altalajvízig, a vizsgáltak közül csak az amerikai kőrís maradt le. A II₁ osztálynál már erősebb a szelekció, három év alatt már csak a *tamariska* és az *ezüstfa* képes elérni, vagy megközelíteni az altalajvizet. Egyes fajok (tölgy, cser, szil, vadkörte, ámorfa) minden valóságosság szerint, ha addig a talaj ápolása tart, megküzdnek a felmerülő akadályokkal és ültetésüktől számított 4—5 év alatt át-török a veszélyes szelvényt s így további fejlődésük már biztosítva lesz. — A II₂ osztálynál, úgy látszik, a tölgyfélék is teljesen lemaradnak, a szil, vadkörte, ámorfa még tartják magukat, de legalább öt, esetleg hat év kell a lejutásig. Az ezüstfa és a tamariska három év alatt itt is megközelítik az altalajvizet. — A III₁ osztálynál a tamariskának és ezüstfának is négy év kell az altalajvízig. A többi fajnál alig van remény, még ellentállóbaknál is, hogy elérjék az altalajvizet.

A csemetekerti lazább talajnál tehát még minden fafaj képes volt mély gyökérzetet fejleszteni. A talajban fokozatosan fellépő akadályok mind több és több fafajt gátolnak meg abban, hogy gyökérzetük mélyebbre hatoljon s végül a III₁ osztálynál már csak két faj maradt, melyek még itt is dacoltak a talajrétegek keménységével, sótartalmával és szárazságával, amelyek tehát még itt is mély gyökérzetűek, míg a többi valamennyi sekély gyökérzetű.

Ezek után megállapíthatjuk, hogy minden gyökérzet, amennyiben a feltalaj nedvességtartalma nem elegendő a fa tenyészetéhez és fejlődéséhez, igyekszik elérni az altalajvizet. Ha a talaj eléggé laza, tehát csekély ellenállást fejt ki s könnyen szellőző, ha az altalajvíz nincsen túlságosan messze, akkor minden fafaj gyökere el is éri a vizet. Ha azonban közben akadályok merülnek fel (szárazabb, sósabb, keményebb, kötöttebb rétegek, O-hiány stb.), már igen eltérő vizsgálati eredményeket kapunk. A fellépő akadályokat az egyes fajok különböző erővel igyekeznek legyőzni. *A fajok gyökérzetének lefelé hatoló erejétől, a talajban felmerülő*

káros behatásokkal szemben kifejtett ellenálló és az akadályokat áttörő képességétől függ, el tudják-e érni az altalajvizet s ezzel mély gyökérzetűek tudnak-e lenni, vagy nem, mert ez a fajok mély gyökérzetű voltának lényege.

A mély gyökérzet fogalma nem feltétlenül kapcsolatos egyúttal a lehatolás gyorsabb folyamatával. Láttuk ugyanis, hogy egyes gyorsnövésű fajoknak laza talajban, kedvező viszonyok között gyökerük is gyorsabban nő lefelé, de azonnal megváltozik a helyzet, ha valami az illető fajok gyökerének ellenálló képességét és lehatoló erejét próbára tevő akadályba ütközik.

Ha valamely fajnak az altalajvizig való lejutás nem sikerül, igyekszik vízszintes gyökérzetét minél erőteljesebben kiképezni, hogy így pótolja a vízfelszívó vertikális gyökérzet hiányát s ekkor sekély gyökérzetű.

Hogy a mély gyökérzet szerepének pótlása mily mértékben sikerül, illetőleg a faj hogyan tud alkalmazkodni a többé-kevésbé kedvezőtlen viszonyokhoz, függ a fatenyészet sorsa. Ha a felső rétegek elég nedvességet tartalmaznak, egyéb kedvező viszonyokat is feltételezve, tehát amikor a fának nincs szüksége az altalajvizre, még az egyébként mély gyökérzetűnek ismert fajok sem fejlesztenek mély gyökérzetet s amellet a legszebb törzsfajlódást mutathatják, így pl. a híres spesszárti tölgyek. Viszont a kellő talajnedvesség hiányát a fajok a legkülönbözőlegesen tűrik és igyekeznek pótolni, illetőleg ellensúlyozni (a vízszintes gyökérzet terjedelme, gazdagsága, nedvességszívó képessége, a levél anatómiai szerkezete stb.).



A vízszintes gyökérzet terjedelme már nem mutat oly nagy eltéréseket talajminőségek szerint, mint a vertikális gyökérzet. Általában mégis azt a megállapítást tehetjük, hogy a vízszintes gyökerek maximális és átlagos hossza (I. táblázat) kötött szikes agyagon a talajminőség csökkenésével esik. Viszont a gyökérzet és a korona sugara, valamint a koronán kívüli (az ábrákon a korona vetületének határvonalát szaggatott vonal jelzi) gyökerek átlagos hossza és a korona sugara közötti arány ($R : r$ és $l : r$ — I. táblázat) a talajminőség csökkenésével nő, tehát a gyengébb szikeseken a vízszintes gyökérzet terjedelme abszolút értékben ugyan nem, de relative növekszik. Ennek valószínű magyarázata, hogy a gyökérzetnek vízszintes irányban is nagyobb akadályokkal kell megküzdeni (erősebb kötöttség, gyorsabb kiszáradás, vagy túlsok nedvesség esetén a szellőzés hiánya), tehát nem fejlődhetik oly mértékben, mint jobb talajon, viszont energiájuknak nagyobb részét fordítják a vízszintes gyökérzet kiképzésére, ezért aránylag jóval kisebb földfeletti növekvést mutatnak, ami kifejezésre jut az $R : r$, illetőleg $l : r$ értékében.

Altalában legterjedelmesebb gyökérzetük van legalább is fiatal korokban a tamariskának, kanadai nyárnak, mezei szilnek és I. oszt. talajon a szofórának.

A vízszintes gyökérzet által behálózott talajréteg vastagsága változó. Eleinte általában igen vékony, majd a korral nő s végül talajminőségek és fajok szerint különbözőképen állandósul. A talaj javulásával vastagszik.

A vízszintes gyökérzet terjedelmére jelentős befolyással bír a hálózat, mely, minél sűrűbb, a gyökérzet terjedelme annál kisebb, viszont az is megállapítható, hogy ezzel párhuzamosan bizonyos határig a gyökérzetnek lefelé irányuló tendenciája is nő (lásd 101. ábra). A gyökérzet vízszintes terjedelmét leginkább korlátozza a megművelt terület nagysága. — Így pl. a 64 ábrán látható két éves *Elaeagnus* csemete vízszintes gyökérzete minimális, alig megy túl a gödör kerületén, de annál erőteljesebb karógyökér halad lefelé. Az ültetés töretlen szikes legelőn történt a normálisnál nagyobb, 50—60 cm. mély gödrökbe. Érdekes itt megfigyelnünk, hogy a vízszintes gyökerek tele vannak bakteriumcsomókkal, míg a teljes talajművelés mellett a terjedelmesebb és gazdagabb vízszintes gyökérzetnél vagy egyáltalán nem, vagy csak igen keveset figyeltem meg. Karógyökér szintén hiányzik, inkább szívgyökerek törnek utat maguknak lefelé.

Ugyanilyen gödörültetést jelez a 91. és 92. ábra, ahol a vízszintes gyökerek szintén alig tudnak behatolni a művelés nélküli s a fű gyökérzetétől átszőtt keményebb és szárazabb talajba. Közben számos szívgyökér igyekszik lefelé, de nem sok sikerrel.

A 86. ábrán feltüntetett négy éves *Ulmus levis*-t az E_4 parcella mellett 1'5 m. széles szántott pásztába ültettük. Vele párhuzamosan az E_4 parcella szélén, amely még a teljes művelésű talajba esik, egy másik sor ugyancsak négy éves vénicszil sor húzódik. A törzsrész fejlődési adatait mindkét sornál az V. táblázat 10. és 11. sora tünteti fel. A pásztás szántás mellett természetesen lényegesen gyengébb a csemete. Ez visszatükröződik a gyökérzetben is, melynek szabad fejlődését erősen korlátozza a teljes művelés hiánya.

Még feltűnőbb ugyanez a 88., 89. és 90. ábránál, ahol az 1 m. széles pásztás ásózás mellett ültetett, illetőleg vetéssel telepített csemeték nem képesek gyökerüket sem vízszintes irányban kellőképpen kifejleszteni (88. ábra), sem a száraz altalajban lehatolni. A *feketefenyő* horizontális gyökérzete ugyanis beleütközik a művelés nélküli altalajba és elhajlik. A *tölgy* természeténél fogva előbb karógyökér akar növeszteni, a száraz és többé-kevésbé szikes altalaj azonban útjába áll, melynek szárazságát és ellenállását a pásztás művelés csak oly minimálisan enyhíti, ami nem elég ah-

hoz, hogy II. osztályú talajon, az *Elaeagnus* és tamariskát kivéve, más faj képes legyen gyökerét az altalajvizig lebocsátani.

Így befolyásolja a talajművelés mértéke közvetve a gyökérzet kialakulását azáltal, hogy többé vagy kevésbé porhanyón tartja, átjárhatóbbá teszi a talajt és konzerválja a nedvességet.

*

Az egyes fajokra vonatkozó vizsgálataim eredményét röviden a következőkben összegezem:

Tamarix tetrandra. — Csak III₁ osztályú talajon tártuk fel mint olyan fajt, melynek jobb talajon úgyszem lehet jelentősége, de a szikesebb helyeken annál inkább s ezt elsősorban gyökérzetének köszönheti. Már az első két évben olyan hatalmas vízszintes gyökérzetet fejleszt, mely hasonló viszonyok között messze felülmúlja az összes többi fajét, akár a számításba vett erőteljesebb gyökerek összhosszát (I. táblázat), akár pedig az átlagos hosszúságot, vagy a leghosszabb gyökeret vesszük tekintetbe. A további adatok azonban azt mutatják, hogy ez a rohamosan megindult fejlődés a második év után teljesen elakad. A két idősebb példánynál (79. és 83. ábra) kisebb értékeket kapunk. Ez talán arra is visszavezethető, hogy mindkettő sűrűbb állásban van, mint a két éves (72. ábra). Mindamellett megállapítható, hogy a *Tamarix tetrandra* vízszintes gyökérzete a szokásos ültetési hálózat mellett (1—1.5 m.) az első két évben záródik s hosszabb gyökereket már alig fejleszt s inkább mélységben terjeszkedik. Így az I. táblázat szerint horizontális gyökérzete két éves korában átlag 25—30 cm., három éves korában 35 cm., négy éves korában 40 cm. mélységben fekszik.

Jellemző, hogy gyökerei általában alig ágaznak el. Inkább hosszú, a legtöbb akadályon keresztül hatoló szívós, erős gyökérszállai vannak. Míg más fajok előszeretettel keresik az oszlopos szikes repedéseit, addig a *Tamarix tetrandra* gyökereinél ez egyáltalán nem tapasztalható. Ha mégis valami olyan akadályba ütköznek, melyet legyőzni nem képesek, többnyire nem kerülnek meg, hanem hirtelen irányt változtatnak, oldalt, lefelé, vagy éppen vissza, hegyes szög alatt, ferdén lefelé tartva. Meglehetősen tipikus képét nyújtja a nedvességben és tápanyagban szegény talajokra jellemző hosszú nyurga, alig elágazó gyökérzetnek, mely egyúttal a talaj extenzív kihasználásának benyomását teszi.

A horizontális gyökérzet és a bokor sugarának arányát kifejező $R : r$ viszony értéke, mely egyébként meglehetősen nagy (több, mint 3), esik a korral, ami amellettt bizonyít, hogy a vízszintes gyökérzet a földfeletti részhez képest hamarabb és sokkal terjedelmesebben fejlődik ki. Tehát azonos körülmények között a *Tamarix tetrandra*-nál mindenekelőtt gyökérzetének vízszintes irányú terjedelme alakul ki. Majd a horizontális gyökérzet záródása után mélységben gyarapszik. Ezzel párhuzamosan fej-

lödik úgy a földfeletti rész, mint a vertikális gyökérzet, úgy mélységben, illetőleg magasságban, mint terjedelemben.

A bokrok itt szereplő magasságai nem nyújtanak eléggé összehasonlítható adatokat, mert a hajtásokat eleinte dugványtermelés céljából levágtuk, másrészt kemény télen el is fagytak s végül mert a felvételek nem egy évből valók.

A *Tamarix tetrandra*-nak elsősorban ott van jövője, ahol fajokkal már nem boldogulunk. Itt hivatása, hogy mint előállomány készítse az utat az utána ültetendő fajok számára az altalajvízhez, hogy keresztül-kasul behálózza talaját s csatornahálózatot létesítsen a más fajok számára áthatolhatatlan, kökemény szikes agyagban, hogy sűrű bokraival beárnyalja, lehulló pikkelyszerű lombozatával és rőzséjével javítsa az eddig minden kultúrát és gondozást nélkülöző silány talajt.

Tamarix odessana. — Csemetekerti viselkedéséből azt lehetne következtetni, hogy gyökérzete talán a mostohább viszonyok között is erőteljesebben tud lefelé hatolni, mint a közönséges tamariskáé. Az eddigi vizsgálatok azonban ezt nem igazolják. Bár horizontális gyökérzete terjedelemben még a *Tamarix tetrandra*-ét is felülmúlni látszik, vertikális gyökerei eddig egyelőre nem tudják áttörni az erősen szikes rétegeket. Mindazonáltal végleges véleményt ezidőszerint még nem alkothatunk. Egyrészt kevés a rendelkezésre álló anyag, másrészt a vele folytatott kísérletek eddig csak két évesek.

Elaeagnus angustifolia. — Ezüstfa. — Gyökérzete rendkívül gazdag, elágazó. Növöterét sűrűn hálózza, úgyhogy szomszédságát megsínyli minden más faj. Aránylag nem foglal el nagy területet, messzefutó gyökerei nincsenek, de növöterét úgy horizontális, mint vertikális irányban alaposan kihasználja. Vertikális gyökerei három év alatt keresztültörnek a II₁ és II₂ osztályú szikes minden kritikus rétegén s csaknem elérik az altalajvizet. A III₁ osztálynál is megvan erre minden valószínűség.

A IX. parcella II₂ osztályú talaján kiszedett példánynak (101. ábra) aránylag magas volta, az R : r kis értéke azzal magyarázható, hogy a feltüntetett másik két ezüstfával szemben itt a szomszédos sorok is ezüstfasorok, míg azoknál legalább az egyik oldalon mindig valami jelentéktlenebb gyökérzetű faj volt, amelytől az ezüstfa gyökérzete szabadon terjeszkedhetett. Ezért legkisebb az R, a gyökérzet sugara is a 101. ábránál (94 cm. — 116, illetve 120 cm-rel szemben. — 58. és 98. ábra).

Az ezüstfának szikes talajainkon feltétlenül megvan a maga létjogosultsága. Más fajjal vegyesen azonban nem szabad ültetni, mert azt elnyomja. Minthogy gyökérzete gazdagon behálózza talaját s a tamariskánál sűrűbb csatornahálózatot létesít a száraz szikes rétegeken keresztül az altalajvízhez, a tamariskával szemben azzal az előnnyel is bír, hogy

harmadrendű fává növe, nagyobb fatömeget szolgáltat. Így előtelepítésre, előállománynak, mely előőrseül szolgál a későbbi és tulajdonképeni fásításnak, minden körülmények között ajánlható.

Pirus piraster. — Vadkörte. — Régen elszikeseedett erdőtalajokon többnyire ott találunk egy-egy öreg vadkörtefát, mint néma tanúját és emlékét a hajdani erdőnek. Ha mesterségesen telepítjük a szikes agyagon, szívósan kitart helyén s rendkívül meghálálja a talaj gondozását. Az 1928. nyári szárazságot nagyszerűen kiállotta, lombozata alig szenvedett valamit. Ezek után azt hihetnők, hogy minderre már az első pár évben mélyre hatoló gyökérzete képesíti, mint azt a *Tamarix tetrandra*-nál láttuk. Ezzel szemben azt kell tapasztalnunk, hogy, bár gyökérzete erősen lefelé irányuló tendenciát mutat, mégis nagyon lassan tud lejjebb hatolni. Viszont horizontális gyökérzete sem oly gazdag és terjedelmes, amely képesítené arra, hogy nagy körzetben felvehesse a rendelkezésre álló vizet, sőt egyenesen gyérnek és szegényesnek mondható, pl. a mezei szilével összehasonlítva, mégis földfeletti része magasabbra nyúlik a szikesebb talajokon. Az azonban kétségtelen, hogy ágazata és lombozata meglehetősen ritka és így bőrnemű, apró, xerofil jellegű leveleivel aránylag keveset párologtat. Valószínűleg ez az egyik tényező, mely lehetővé teszi, hogy dacoljon szikkel és szárazsággal. Vékony, drótszerű gyökereivel előbb-utóbb mégis áttöri a kritikus rétegeket s akkor a megnövekedett vízszükségletet már az altalajból pótolhatja. — Ez az egyedüli erdei fafaj, amelynek telepítését nyugodtan ajánlhatjuk a III₁ osztályú szikesen.

Ulmus glabra. — Mezei szil. — Törzsének fejlődése és csemetekerti két éves gyökérzete (19. ábra) után természetesnek találjuk az I. osztályú talajban fejlett igen szép horizontális és vertikális gyökérzetét. Vízszintes gyökerei messze nyúlnak. A vastag gyökerek elágaznak, a vékonyak alig s hosszú, nyurga fonalakat képeznek úgy itt, de még inkább a gyengébb minőségű talajon. Az R : r viszonyszám a III₁ osztálynál jóval nagyobb. Aránylag kicsi a tamariskák közötti példánynál (XIII. parc.), ami a tamariskák gyökérzetének erős konkurrenciájából magyarázható. — Annál gyengébb a III₁ osztályú talajban nőtt vertikális gyökérzet. A jóval több mint 2 m-es horizontális gyökerekkel szemben mint maximális gyökérmélységet 32—70 cm-t találunk. Az ilyen lefelé igyekvő gyökérszál is aránylag kevés. — Vízszintes gyökérzete csaknem egy síkban, közvetlenül a megmunkált réteg alatt, 20—25 cm. mélységben terül el.

Bár igen szívós faj, mégis nagyobb szárazságban, az állomány fejlődésével bekövetkező nagyobb vízszükséglet mellett nyilvánvalóan jelentkezni fog a kiszáradás veszélye, ha addig valahogy nem lesz képes áttörni a szárazabb és szikesebb talajrétegeket. Mindenesetre a lefelé hatolásnak eddigi menete igen lassúnak mondható. Ma azonban még végleges ítéletet

nem mondhatunk. Esetleg 1—2 év múlva kedvező viszonyok között (nedvesebb időjárás, gondos talajápolás) áttörheti a veszélyes szelvényt s akkor a csemete meg lesz mentve.

Ezek szerint egyelőre a mezei szílnék III₁ osztályú talajon való telepítését kémiai javítás nélkül bármilyen talajelőkészítő és ápoló munka mellet sem hozhatjuk javaslatba.

Ulmus levis. — Vénicszil. — Vízszintes gyökérzete nem oly terjedelmes, mint a mezei szilé. A gyökérfőből számtalan igen vékony gyökérszálacska indul ki, sűrűn behálózva a gyökő közvetlen környékét. Sokszor az erőteljesebb vízszintes gyökerek is ilyen vékony szálakból álló kötegekre oszlanak. Számos ilyen vékony gyökérszál indul lefelé is, néha kötegszerűen valamelyik vízszintes gyökér egy-egy foltjáról. Egyesek belőlük lejutnak az altalajvízig (53. ábra). Vertikális gyökérzete általában a legvékonyabb gyökérszálakból áll valamennyi vizsgált faj között.

Mint hogy a vénicszil eddigi tapasztalataink szerint semmi előnnyel nem bír a mezei szil felett, sőt sok tekintetben hátrányban van, alaposabb vizsgálat tárgyává nem is tettük.

Fraxinus americana. — Amerikai köris. — Aki szikeseken pár éves telepítésnél az amerikai körist más fajok között látja, önkénytelenül az a gondolata támad, hogy itt ez a jövő fája. Úgy a szárazságot, mint az elöntést nagyszerűen tűri s a III₁ osztályú talajon is igen szép fejlődést mutat. Így minden okunk meg volna rá, hogy előbbi gondolatunk meggyőződéssé váljon, — ha ezt a gyökérvizsgálat is támogatná. A fajaj jövője iránt azonban aggodalmaink támadnak már az I. osztályú talajnál, ahol a két éves magágyi csemetével egyidőben s egymás mellett ültettünk egy éves kocsányos tölgycsemetét és vetettünk makkot. A tölgy, úgy a makkról vetett, mint az egy éves csemetéről ültetett, három év alatt már elérte a 3'25 m. mélységben lévő altalajvizet, míg ugyanekkor az amerikai köris csak 1'9 m-ig (51. ábra) tudott lehatolni, bár földfeletti része összehasonlíthatatlanul fejlettebb, mint a tölgyé. — Az ugyanilyen korú csemete III₁ osztályú talajon (82. ábra) pedig csak 40 cm maximális mélységet ért el. Érdekes egyébként, hogy ennek horizontális gyökérzete kb. ugyanolyan terjedelmű, sőt néha még valamivel nagyobb értékeket is mutat (l. az I. táblázatot), mint az I. osztályú talajon nőtt, így: H = 21'69—20'05; h max. = 194—198; h = 155—154; R = 146—151; L = 1598—1488 cm. stb.; míg az R : r viszonyszám a talaj silányabb minőségéhez képest jóval nagyobb, 3'74 — az I. osztályú talajon nőtt amerikai köris 2'75-ével szemben. — Hogy a III₁ osztályon nőtt két éves példány ugyanezen viszonyszáma annyival nagyobb (6'15, illetőleg 5'27), annak az a magyarázata, hogy az amerikai köris koronája, bár valamivel hamarabb, mint a magas köris, de aránylag mégis későn indul fejlődésnek.

Az amerikai kőris gyökérzete nem terjedelmes, inkább gazdagabb. Nincsenek messze elnyúló gyökerei, inkább elágazók, amelyek a talajrepedéseket behálózzák s belterjesen kihasználják a felső talajrétegek nedvesség- és tápanyagtartalmát. Valószínűleg ennek is köszönheti, hogy dacára sekély gyökérzetének, a szárazságot egyelőre minden nagyobb kár nélkül elviseli és az erősebben szikes talajon is még állja a versenyt a mélyebb gyökérzetű fajokkal. Hogy ez meddig tart, a későbbiek fogják eldönteni. Bizonyos, hogy hosszú életű nem lesz s a jövőben szikesen nem is lehet telepítésével más célunk, mint hogy esetleg más fajokkal vegyesen talajárnyalónak, védőállománynak használjuk. Ültetése leginkább előntésnek és hosszabb ideig tartó vízállásnak kitett többé-kevésbé szikes talajon indokolt.

Fraxinus excelsior. — Magas kőris. — Gyökérzete sok tekintetben megegyezik az amerikai kőrisével, de igényesebb, sziket, szárazságot és előntést nem tűr oly mértékben. Vízszintes gyökérzete valamivel kevésbé terjedelmes, míg lefelé szintén nem tud menni. Így jövője csak a legjobb minőségű (I. oszt.) szikesen lehet annál is inkább, mert koronafejlődése igen lassú, csak nagyon későn záródik s minthogy lombozata akkor is laza és talaját nem árnyalja eléggé, csak jól árnyaló fajokkal vegyesen ültetendő, mert egyébként a fű felverődik alatta s elszívja előle a feltataj nedvességét, mely sekély gyökérzetének egyedüli vízforrása.

Quercus robur. — Kocsányos tölgy. — I. osztályú szikesen úgy makkról, mint csemetéről a legjobb eredménnyel ültethető. Ajánlatosabb azonban erőteljes csemetéről összel, esetleg 1—2 biztosan csirázó makkról tavasszal telepíteni, mert a több makkból keletkező csemeték csak egymást akadályozzák a fejlődésben. A makkvetés különben azért is nehezen keresztülvihető szikesen, mert mezőgazdasági köztes használatra nem igen vállalják, máskülönben pedig tisztántartása nagyon költséges.

Először általában karógyökere, vagy az ezt pótló vertikális gyökerek fejlődnek ki. Amíg az altalajvizet el nem érték, addig úgy a földfeletti rész, mint a horizontális gyökérzet fejlődése meglehetősen korlátolt. Úgy a törzsrész, mint a vízszintes gyökérzet az altalajvíz elérése után rohamos fejlődésnek indul. — A talaj minőségének gyengülésével erősen csökken a vertikális gyökerek által elért mélység. Két éves tölgyültetésnél a maximális gyökérmélységet II₁ osztályú talajon 95 (56. ábra), II₂ osztályú talajon 55 cm-nek (65. ábra) találtuk. Valószínű, hogy II₁ osztályú talajon 1—2. éven belül eléri az altalajvizet, míg a II₂ osztályú talajnál ez kétséges. — Így tehát a kocsányos tölgynek a II₁ osztályú szikesek fásításánál megfelelő talajápolás mellett még feltétlenül szerep biztosítandó, II₂ osztályúnál már csak kémiai talajjavítással várhatunk eredményt.

Populus virginiana. — Kanadai nyár. — A csemetekerti ábrák után nem nehéz felismernünk a kanadai nyár tipikus gyökérzetét az I. osztályú

szikesen sem, bár itt a nehéz kötött agyagban lefelé hatolása lassúbb. Ott az első évben több mint 1'5 m. mélységet ér el, itt csak a második évben jut le 130 cm-ig (48. ábra), de már a legnagyobb nehézségeken túl van. A következő évben, ha még nem is érné el, de lényegesen megközelíti az altalajvizet, míg a negyedik évben már egész gyökérkötegek fognak lenyúlni a vízig. Ezzel párhuzamosan vízszintes gyökerei is messze nyúlnak. Két éves korában leghosszabb gyökere 3'57 m, míg az átlagérték 1'86 m. A záródó gyökérzet azonban gátolja a többiekhez képest túl hosszú gyökerek további növekedését s így a négy éves példány (52. ábra) leghosszabb gyökere 4'24 m., tehát csak 67 cm-rel hosszabb, mint az előbbie, az átlagérték ellenben 1'11 m-rel emelkedett (2'97). — A talaj nedvesség- és tápanyagkészletének kihasználására a vízszintes gyökérzet mélységben is gyarapodott, amennyiben átlagos mélysége 30 cm-ről 40 cm-re szállt le. — A gyökérzet átmérője, illetőleg sugara több mint $2\frac{1}{4}$ -szerese a korona átmérőjének, illetőleg sugarának. — A talajminőség romlásával mind feljebb és feljebb szorul az egész vízszintes gyökérzet. Míg az I. osztálynál az átlagos mélységet 30, ill. 40 cm-nek, a II₂ osztálynál 25, ill. 29 cm-nek, a III₁ osztálynál 18 cm-nek találjuk. Még feltűnőbb a talajminőség hatása a maximális gyökérmélységeknél. A két éves csemete I. osztályú talajon — mint láttuk — 130 cm mélységre hatolt le s már áttörte a kritikusabb rétegeket, míg a III₁ osztályú talajnál a 20 cm mélységben fekvő horizontális gyökér (77, 96. és 99. ábra) adja egyúttal a legnagyobb gyökérmélység értékét is és eddig a vertikális gyökérzet alakulásának nyomát sem tapasztaljuk s a jövőben sincs rá remény. — Az I. osztályú talajon a négy éves példánynak nagyon szépen fejlett s az altalajvizig terjedő vertikális gyökérzete van, ezzel szemben a II₂ oszt. talaj négy éves kanadai nyárja csak 70 cm. maximális mélységet tudott elérni. Érdekes megfigyelni e két fa évenkénti magassági fejlődését.

	1925.	1926.	1927.	1928.	összesen
I. oszt.-nál évi hajtás	1'08 m.	1'77 m.	0'60 m.	1'15 m.	4'60 m.
II ₂ oszt.-nál évi hajtás	0'80 m.	1'30 m.	0'45 m.	0'39 m.	2'94 m.

A II₂ osztályú talajon nőtt példány első három évi hajtása — amint látjuk — mindig arányosan kisebb, mint az I. osztályú talajon nőtté, tehát addig az időpontig, amíg ez utóbbi el nem érte az altalajvizet, mire az új hajtás az 1928. évi nagy nyári szárazság dacára messze felülmúlja s majdnem kétszerese a múlt évi hajtásnak, míg a II₂ oszt. talajon a szárazság annál súlyosabban éreztette hatását. A sekély gyökérzetű csemeték ugyanis természetesen kizárólag a legfelső talajrétegek víztartalmára vannak utalva, amely nagy szárazságban részint a rajta élő fiatalos vízelvonása, részint a nehezen záródó fiatalostól gyengén védett talaj párolgása következtében

hamar kimerül. A fenti példánál ugyanis az I. táblázatból azt olvashatjuk ki, hogy amíg az I. osztályú talaj négy éves kanadai nyárjának koronasugara 114 cm., addig a II₂ osztályú talajon csak 67 cm. Viszont az R : r viszonyszám az I. osztálynál 2'28, míg a II₂ osztálynál 3'18, tehát itt is a gyökérszetnek a koronához viszonyított terjedelme jóval nagyobb, mint az I. osztályú talajnál, ami szintén amellettt bizonyít, hogy a gyengébb talajon a fának aránylag nagyobb növértérre van szükségük. — A III₁ osztályú szikes kanadai nyárjainak ugyanezen viszonyszámai szintén nagyobbak, mint az I. osztálynál, de kisebbek, mint a II₂ osztálynál. Ennek valószínű oka a sűrűbb hálózat.

A kanadai nyár I. osztályú szikesen, különösen ha az laposabb fekvésű, feltétlenül alkalmazandó, mert, miután 3—4 év alatt eléri az altalajvizet, hatalmasan nő, nagy tömegű és értékes fát szolgáltat. II. osztályú szikesen, ha talajjavítással és intenzív műveléssel lehetővé tesszük a vertikális gyökérszet kialakulását és lejutását az altalajvízhez, jövője biztosítható. Talajművelés és gondozás javítás nélkül nem látszik elegendőnek. Bár évekig élél kedvező időjárás és talajápolás mellett, azonban hosszú életű sohasem lesz, sem megfelelő fejlődést nem mutat.

Populus alba. — Fehér nyár. — A szikes agyagon még kényesebb, mint a kanadai nyár, tekintettel arra, hogy meglehetősen sekély gyökérszetű s ez sem hálózta be sűrűn talaját, úgyhogy ennek kihasználása még extenzívebb, mint a kanadai nyárnál. Lefelé irányuló gyökerei II₁ osztályú talajon három éves korában 70 cm., II₂ osztályú talajon 42 cm. mélységet értek el, ami igen gyenge teljesítmény. Ez egyúttal azt is igazolja, mennyire érzékeny a talaj szikességével és szárazságával szemben. Csak mérsékelten szikes laposokon ültethető.

Sophora japonica. — Szofóra. — I. osztályú talajon, ha az vízösszetetésnek nincs kitéve, többnyire kiheveri az átültetést, amikor az gondosan kiszedett s nem túlságosan megcsonkított csemetével történik. A kiemelt gyökérszet ugyanis sokszor nem áll egyébből, mint az erősen megsebzett vastag karógyökér csomkjából. A szofóra csemetétet tehát nagy gondal és mélyen kell kiemelni s ugyancsak mély gödörben elültetni, ahol kultiválni akarjuk. Erdészeti jelentősége azonban nincs, különösen szikes agyagon. Az I. osztályú szikesen ugyan kitűnően megy. Gyökérszete hatalmasan fejlett, H = 37'44 m., ami felülmúlja az összes többi faj hasonló értékét. Talaját azonban nem használja ki eléggé. Ugyanitt inkább értékesebb és talaját jobban védő fajokat kultiválunk. A gyengébb minőségű talajokon teljesen csődöt mond. Úgy a vertikális, mint a horizontális gyökérszete egyformán gyenge.

Acer negundo. — Zöldjuhar. — I. és II. osztályú talajon kedvező viszonyok között gyors fejlődésnek indul s hiú reményeket kelt, mert az

első szárazság leperzseli. Ez könnyen érthetővé válik, ha ismerjük gyökérszövetét. Sekély, horizontálisan elterülő gyökérszete aránylag erőteljesen fejlett, rojtosan, gazdagon elágazó, minden kis rést vagy talajrepedést felkeres és sűrűn behálóz. Legyezőszerűen szerteágazó, finom szövevényű vízszintes gyökérszete így a legkisebb csapadékot és tápanyagot is képes kihasználni. Viszont vertikális gyökerei nem tudnak egyenesen lefelé haladni, hanem minduntalan megtörve a talajrepedések és törések között keresik lefelé az utat, meglehetősen sikertelenül. Így tehát a csemete teljesen a talaj legfelső rétegének nedvességére szorul, mely ha kifogy, az épen nem xerofita természetű zöldjuhar is elpusztul, vagy sínylődik.

Gyökérkonkurrencia.

Az erdő, a fa életét számtalan külső és belső tényező befolyásolja. Fejlődése végeredményben ahhoz igazodik, ami az optimális állapottól a legtávolabb áll. Így pl. ha csak a külső tényezőket vesszük figyelembe s talajunk fizikai és biokémiai tekintetben optimális állapotban van, a fa tenyészetét a légköri viszonyok, mint a meleg, a levegő páratartalma stb., de elsősorban a fény fogja befolyásolni. Ilyen körülmények között a fák lombzatát érő fény mennyiség és minőség (szórt és direkt) befolyásolása lesz döntő hatással az egyedek, illetőleg az erdő fejlődésére. Viszont ott, ahol a talaj tényezői, mint pl. a nedvesség, tápanyag, vannak minimumban, az egyes fák részére rendelkezésre álló nedvesség és tápanyagszükséglet szabályozásának kell képeznie az erdőápolási tevékenység alapját. Itt kapcsolódik be a gyökérkonkurrencia kérdése az erdőművelés alapvető kérdéseibe.

Eddig minden erdőművelési ténykedést főleg a fény szabályozása uralt. Az egyes fafajok viselkedését létért folytatott harcban rendszeren fényigényességük alapján igyekeztek megmagyarázni, ami elsősorban *Pfeil* befolyására vezethető vissza. A fénynek tulajdonított döntő szerepre vall a német terminológia „Lichtung“ stb. kifejezése. Kétségtelenül rendkívül fontos tényező, de a számtalan tényezőre visszavezethető biológiai és növény-szociológiai jelenségek, mint a természetes felujulás, vagy az egyes fafajok és egyedek elnyomása, illetőleg uralomra jutása, ennyire egyoldalúan mégsem magyarázhatók. A természetes felujulások tanulmányozásánál hangsúlyozta *Cotta*, majd *Ramann*, *Fricke*, *Borggreve* és egész sor orosz kutató, hogy az anyaállomány nemcsak árnyalja, hanem terjedelmes gyökérszete a talajnedvesség elvonása által károsan befolyásolhatja a felujulást, amit *Fricke* kísérleti úton számadatokkal is igazolt.

Tehát a természetes felujulásnál merült fel először a gyökérkonkurrencia gondolata s az irodalomban található példák és vizsgálatok mind az idősebb állománynak a fiatalabbra kifejtett hatására vonatkoznak.

Minthogy sokan a gyökérkonkurrencia komoly jelentőségét még ma is kétségbe vonják, ezúttal kétségtelen bizonyítékokkal igyekszünk szolgálni azonos korú, különböző és ugyanazon fajú ültetéseknel megnyilvánuló gyökérkonkurrenciára.

Különösen alkalmas ilyen vizsgálatokra az erősebben szikes talaj, amelynek fiziológiai mélysége a legtöbb fafajra nézve meglehetősen korlátolt. Minthogy a sekély gyökérzet a könnyen kiszáradó feltalaj nedveségére van utalva, a nagy szárazságot, mint 1928 nyarán, súlyosan megérzi. Ilyen helyen és ilyenkor érvényesül igazán és válik szembeötlővé a gyökerek konkurrenciája. Ennek kiváló példáit hozzák a XVIII. tábla ábrái, illetőleg a 100. ábra, továbbá a IV. és V. táblázat.

Az 1928 nyarán fellépett szárazságban a XI. kísérleti parcellán feltűnt, hogy egyes *kanadai nyár*-sorok csaknem egész lombozatukat elhullatták és sok csemete teljesen el is száradt, míg más sorokat, amelyek az előbbieket között húzódtak, összehasonlíthatatlanul kevésbé érintett a szárazság. Hamarosan rájöttem a kérdés megoldására.

A szorosan egymás mellett és párhuzamosan futó bakhátakon 3—3 sor két év előtt ültetett csemete sorakozott, középen mindig *kanadai nyár* (100. ábra P), míg két oldalt felváltva az *északi bakháton ezüstfa* (E), a másikon *szofóra* (S).

A IV. táblázat adatai szerint az ezüstfasorok között a kanadai nyárfák elveszítették lombozatuknak 96%-át, míg a szofórák között csak 68%-át.

Ezután vizsgálat tárgyává tettem a fenti sorok fejlődési viszonyait. Így az V. táblázat szerint (5. és 6. sor) különösen az 1928. évi hajtásnál mutatható ki nagy különbség a szofórák közti sorok javára. Kétségtelen tehát, hogy az ezüstfák közötti kanadai nyársorok úgy a lombzat elhullatásában, mint az évi hajtás fejlődésében sokkal súlyosabban szenvedtek a szárazságtól.*)

Ha valamely fafaj elnyomta a másikat, általában fényelvonással, beárnyalással magyarázták. Lássuk, ez itt lehetséges-e? A 100. ábra 7. és 9. sora csakugyan valamivel magasabb, mint a közbeeső kanadai nyársor, de ez minimális, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a sorok észak-déli irányúak. Viszont a 2. sor magasabb, mint a két szomszédos ezüstfasor. (A sorba bele esik egy kisebb lapos, ahol az ezüstfa gyengébb, mert nem tűri az elöntést, míg ugyanitt a kanadai nyár jobb.) Tehát beárnyalásról nem beszélhetünk annál kevésbé, mert először épen a legfelső levelek hullottak le s a legfelső hajtásrészek száradtak el, míg az alsó ágak levelei, melyek elsősorban lehettek volna kitéve a szomszédos csemetének és

*) Az itt feltüntetett hatás megnyilvánulása 1929 tavaszán még fokozódott, amennyiben a szofórák közötti kanadai nyárból megfakadt az eredeti dugványozásnak 44,7%-a, míg az ezüstfák között csak 6,6%-a, a többi elszáradt.

a saját árnyalásának, de a fényvisszaverődésnek is, sokszor teljes épségben megmaradtak (még jellemzőbben mutatkozik ugyanez hasonló esetben a mezei szilnél). — Egyébként a sorok még nem is záródtak.

Ezek után gyökérvizsgálatokat végeztem. A XVIII. tábla ábrái most már kezünkbe adják a megfejtést. Itt látjuk, hogy a szofóra (a 100. ábra 11. és 13. sorából kiemelve) jelentéktelen gyökerei mellett a kanadai nyár (12. sorból — 96. ábra) messzeterjedő hatalmas gyökérzetet fejlesztett, míg az ezüstfák (98. ábra a 100. ábra 7. sorából kiemelt példánnyal képviselve) közötti kanadai nyár (8. sorból — 99. ábra) az előbbihez képest jóval fejletlenebb gyökérzettel bír, mert az ezüstfa gazdagon elágazó gyökerei sűrűn behálózzák talajukat, sőt alája kúsznak a kanadai nyárnak, hogy minden rendelkezésre álló talajnedvességet felvehessenek s így a talajt minél intenzívebben kihasználják. Természetes tehát, hogy szárazságra hajló viszonyok között a kanadai nyár extenzív, lazán hálózó gyökérzete nem veheti fel a harcot küzdőképesebb, erőteljesebb, gazdagabb és mélyebb gyökérzetű fajjal, mint az ezüstfa. Itt előáll az az eset, amikor az egyébként magasabb és gyorsabb növéssű fajt (kanadai nyár) elnyomja egy alacsonyabb és lassúbb növéssű faj (*Elaeagnus*), ami egyedül a gyökérkonkurrenciára vezethető vissza.

Ez igen feltűnő példa mellett kerestem kevésbé szembeötlőt, ami szintén csak a gyökérkonkurrenciával bizonyítható, illetőleg magyarázható. Ismét visszatérve a múlt évi szárazságra, amint láttuk, a kanadai nyár a szofórák között elveszítette lombozatának 68%-át, ugyanekkor a kanadai nyár és szofórasorok közötti kanadai nyársorok lombozatuk 80%-át, kanadai nyár és mezei szil között 86%-át, míg tisztán *Elaeagnus*-ok között 96%-át. Tehát a kanadai nyár gyökérzetére a legkedvezőbb, ha szofórák között van, szenved a mezei szil gyökérzetétől, de leginkább az *Elaeagnus*-étől. Ugyancsak az *Elaeagnus*-gyökerek erőteljes vízelvonó hatására vezethető vissza a mezei szil lombozatának nagyobb mérvű lehullása a IV. táblázat 5., illetőleg 6. sorának tanúsága szerint. Az V. táblázat 1. és 2. sora viszont bizonyítékot szolgáltatnak a mezei szil gyökérzetének a *Maclura aurantiaca* fejlődésére, illetőleg gyökérzetére gyakorolt káros befolyása mellett. Amíg a *Maclura* és szofóra közötti *Maclura*-sor átlagos magassága 122, egy évi hajtása 76 cm., addig a mezei szil melletti sor magassága 97, évi hajtása 50 cm. Ennek magyarázatát itt is csak a gyökér elnyomásában találhatjuk meg, mert a sorok észak-déli irányúak és a záródás még nem következett be.

Az V. táblázat 12. és 13. sora szerint az ültetés utáni első évben még alig mutatható ki a gyökérkonkurrencia, mert a földfeletti törzsrész, illetőleg lombozat párologtatása még csekély, másrészt a gyökerek sem fejlettek annyira, hogy egymásra nézve nagyobb mértékben károsakká lehetnének.

Addig, amíg elegendő növőtér, talán helyesebben elegendő talajnedvesség és tápanyag áll a gyökérzet rendelkezésére, gyökérzetelnyomást nem tapasztalhatunk. Ez csak akkor éreztetheti hatását, ha valamiben hiány lép fel s ekkor az erősebb, küzdőképesebb (esetleg igénytelenebb), vagy amelyiknek pl. egy-egy gyökere a szomszédos gyökerek között rést találva szabad folthoz jutott, amelyet sikerült hamarabb kihasználni s ezzel is megerősödni (lásd ennek jellemző példáját a 20. ábrán), vagy amelyik már eleve nagyobb növőtérrel bír, vagy bármilyen oknál fogva ab ovo erőteljesebben fejlődött, már bizonyos előnnyel megy a küzdelembe s igyekszik a szomszédok rovására terjeszkedni, illetőleg tápanyag- és nedvességszükségletét beszerezni s ezzel a másikat elnyomni. Így a szemünk előtt lejátszódó földfeletti elnyomatást már rendszeren megelőzte a gyökérelnyomás, úgyhogy ilyenkor az előbbi következménye az utóbbinak. Hiszen tudjuk, hogy a gyökérzet és a korona kialakulása és fejlődése szoros összefüggésben állanak egymással. Általában amilyen irányban erőteljesebben fejlődik a gyökérzet, ugyanabban az irányban nő erőteljesebben a korona is, amire számos adatot találhatunk a mellékelt ábrák között.

A gyökérkonkurrencia érdekes esetét mutatja az 50. ábra, ahol az amerikai kőris erőteljes vízszintes gyökérzete arra kényszerítette a kocsányos tölgy vízszintes gyökérzetét, hogy az más irányban keresse fejlődési lehetőségét, ami sikerült is, mert a másik oldalon makkvetéses sor van. A makkvetésből kelő tölgycsemete pedig először főleg csak vertikális gyökérzetét fejleszti ki. A jelen 49., 50., 93. és 94. ábrák abból a kísérletből valók, melynek célja feleletet adni arra a kérdésre, képes-e behozni a makkvetésből keletkező fiatalos az egyidejűleg s vele párhuzamosan és vegyesen ültetett egy éves csemeték korelőnyét azáltal, hogy a makkvetésnek természetesen kialakuló gyökérzete a létért folytatandó küzdelemben felülmúlhatja a megcsonkított karógyökérrel bíró csemetét. Az volt ugyanis a feltevés, hogy a makkvetéses fiatalos karógyökere esetleg hamarabb eléri az altalajvizet s utána horizontális gyökerei erőteljesebben fejlődnek, mint az ültetett csemete, mely erősen megcsínyli a karógyökér megcsonkítását s a mellékgyökereknek az ültetésnél történt esetleges természetellenes helyzetbe kerülését, illetőleg a gyökérzet eltorzítását. Ezzel szemben tény az, hogy az ültetett csemete a kétségtelenül megállapítható gyökértorzítás dacára akár a vízszintes, akár a lefelé irányuló gyökérzetet, vagy a törzs-részt vesszük figyelembe, minden tekintetben jóval fejlettebb. Sőt a legszébb csemeték éppen mind erős gyökértorzulást szenvedtek. Természetesen ebből nem következik feltétlenül, mintha a torzítás serkentőleg hatna a fejlődésre. A jelen esetben talán inkább valószínű az, hogy a teljesen gyakorlatlan munkások egyes, a normálisnál sokkal erőteljesebb gyökérzetet beleerőszakoltak átlagos ültető gödrökbe s így azt természetellenes

helyzetbe hozták, viszont ez nem volt káros hatással a további fejlődésre, sőt a több tartalék tápanyaggal felszerelt csemete felülmúlta a többiekét.

De volt a makkvetésre nézve hátrányos eredmény kialakulásának más okozója is. Egy-egy fészekbe ugyanis 3—6 makkot vetettünk biztonság kedvéért, úgyhogy egy csomóban sokszor 5—6 csemete indult fejlődésnek, ahol természetesen hamar fellépett a gyökérkonkurrencia. A harc néha korán eldőlt annak javára, amelyiknek sikerült karógyökerét gyorsabban lebocsátani az altalajvízig (pl. 93. ábra, balról 2. csemete). Eddigi megfigyeléseink arra engednek következtetni, hogy a tölgy akkor kezdi horizontális gyökérzetét és törzsét fejleszteni, ha vertikális gyökérzete elérte a vizet, vagy pedig valamilyen oknál fogva fejlődésében megakadt. Ilyenkor a vízszintes gyökerek közül igyekszik néhány lefelé haladni, vagy pedig függő gyökereket lebocsátani. Hasonló esetet látunk a 94. ábrán jobbról a 3. csemeténél. Az erőteljesebb törzsről azt következtethetnénk, hogy a későbbiek folyamán elnyomta volna a többit. A gyökérvizsgálat azonban ezt megcáfolja s a harc kimenetelét minden valószínűség szerint jobbról az 1. és 4. csemete további fejlődése döntötte volna el, melyeknek karógyökere már lenn van az altalajvíznél s vízszintes gyökérzetüket és törzsüket ezután kezdték volna intenzívebben fejleszteni.

Végeredményben minden valószínűség szerint a csemetéről ültetett tölgyek, amelyeknek vertikális gyökerei általában hamarabb érték el céljukat s horizontális gyökerei is erőteljesebbek, a gyökérzet záródása után el fogja nyomni a makkról vetett sorokat, sőt a gyengébb vertikális gyökérzettel bíró amerikai kőriszt is, mely pedig, egyelőre úgy látszik, mintha lényegesen fölényben volna.

Összefoglalás.

1. Kedvező viszonyok között többé-kevésbé laza (csemetekerti) talajban minden faj mély gyökérzetet fejleszt, míg erősen szikes (III₁) agyagon még az általában mély gyökérzetűnek ismert tölgy vertikális gyökere sem tud behatolni. Itt már csak a *Tamarix tetrandra* és az *Elaeagnus angustifolia* képesek megbirkózni a felmerülő akadályokkal. — A mély gyökérzet kialakulása tehát elsősorban a talajtól s csak másodsorban függ a fafajtól.

2. A mély gyökérzetűség lényege a felmerülő káros befolyásokkal és akadályokkal szembeni küzdő és ellenálló képességben rejlik. A kifejezetten mély gyökérzetű fajok nem azért tudnak elviselni minden káros hatást (a talaj szárazságát, sótartalmát stb.), mert mély gyökérzetűek, hanem azért mély gyökérzetűek, mert gyökereik ellentállóbbak és küzdőképesebbek. — A fafajok ezirányú képessége nagyon változó s a vizsgált

fajokat figyelembe véve, ideiglenesen a következő fokozatokat állapíthatjuk meg:

- a) *Tamarix tetrandra*, *Elaeagnus angustifolia*.
- b) *Tamarix odessana*, *Pirus piraster*, *Amorpha fruticosa*.
- c) *Ulmus glabra*, *Ulmus levis*, *Quercus robur*, *Sophora japonica*.
- d) *Fraxinus americana*, *Fr. excelsior*, *Populus virginiana*, *Pop. alba*,

Acer negundo.

3. Szárazságra hajló viszonyok között a létért folytatott küzdelem elsősorban a talajban játszódik le s ebben a küzdelemben a győzelemre lényeges befolyással bír a vízszintes gyökérzet erőteljesebb kialakulása, de a döntő mégis az, hogy a vertikális gyökérzet el tudja-e érni az altalajvizet vagy nem.

4. Ezzel a szikesfásítás kérdése gyökérkérdéssé vált, amikor azt a kérdést, hogy valamely szikes területet be tudunk-e eredményesen fásítani, úgy kell átalakítanunk, tudunk-e az illető talajra olyan fafajt hozni, melynek vertikális gyökérzete képes lesz áttörni a kritikus rétegeket, illetőleg tudjuk-e talaját ennek bekövetkezéséig gondozni és művelni, ami fafajok és talajminőségek szerint különböző ideig fog tartani.

5. I. osztályú talajnál 3, II. osztályúnál 4, III. osztályúnál 4—5 évi talajápolásra van szükség, hogy az ott ajánlható fajok elérhessék az altalajvizet.

Irodalom.

1. *Aaltonen*: Ueber die räumliche Ordnung der Pflanzen auf dem Felde und im Walde. — Acta forestalia fennica. 1923.
2. *Bernbeck*: Beiträge zur Physiologie des Bodens. Forstw. Centralblatt, 1914.
3. *Borggreve*: Die Holzzucht. Berlin, 1891.
4. *Büsgen*: Bau und Leben unserer Waldbäume. III. Aufl. Jena, 1927.
5. *Fricke*: Licht- und Schattenholzarten, ein wissenschaftlich nicht begründetes Dogma. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 1904.
6. *Hilf*: Wurzelstudien an Waldbäumen. Hannover, 1927.
7. *Magyar Pál*: Adatok a Hortobágy növényzociológiai viszonyaihoz. Erd. Kís., 1928.
8. *Magyar Pál*: Szikesfásítási kísérletek. Erdészeti Kísérletek, 1929.
9. *Pfeil*: Kritische Blätter, Bd. 25.
10. *Ramann*: Wassergehalt diluvialer Waldböden. Zeitschr. f. Forst- und Jagdw., 1906.
11. *Vater*: Die Bewurzelung der Kiefer, Fichte und Buche. Tharandter Jahrb., 1927.
12. *Wibeck*: Ueber Missbildungen des Wurzelsystems der Kiefer bei der Pflanzung mit dem Stieleisen. Mitt. d. forstl. Vers. Schwedens, 20. Heft.
13. *Wiedemann*: Der Wurzelbau älterer Waldbäume. Forstarchiv, 1927. 229.

I. táblázat.

I. Tabelle.

Adatok a különböző fajok gyökérszeti viszonyaihoz.
Angaben über die Wurzelbildung verschiedener Holzarten.

Kísérleti parcella Versuchparzelle	Abraszám — Ab bildungsnummer	Fafaj Holzart	Talamínőség Bonität	Kor — Alter	Magasság m — Höhe m	A horizontális gyökerek Angaben der horizontalen Bewurzelung										A koronán kívüli horizontális gyökerek — Horizontalwurzeln ausserhalb der Krone					
						száma — Anzahl	összhossza — Gesamtlänge (H) m	legnagyobb hossza — Grösste Länge (h max) cm	átlagos hossza — Durch- schnittslänge (h) cm	átl. mélység Durchschn. Tiefe cm	Az elért legnagyobb talajmélység — Die erreichte grösste Tiefe cm	A gyökérszet sugara — Halbmesser der Bewurzelung (R) cm	Korona sugara — Halb. der Krone (r) cm	R : r	száma — Anzahl	összhossza — Gesamtlänge (L) cm	legnagyobb hossza — grösste Länge cm	átlagos hossza — Durch- schnittslänge (l) cm	viszonya a korona sugarához Verhältnis zum Halb- m. der Krone		
																			L : r	l : r	
III.	66	Acer negundo	II ₂	2(3)	0,92	12	10,94	150	91	12	40	83	19	4,37	12	842	128	70	44,32	3,68	
XVII.	58	Elaeagnus ang.	II ₁	3(4)	1,75	10	11,80	186	118	33	302	116	65	1,78	10	502	112	50	7,72	0,77	
IX.	101		II ₂	3(4)	1,90	11	10,66	160	97	30	288	94	60	1,60	10	413	116	41	6,88	0,69	
XI.	98		III ₁	2(3)	1,34	12	15,38	168	128	28	75	120	60	2,00	12	758	109	63	12,63	1,05	
E ₄	51	Fraxinus amer.	I	3(5)	2,69	13	20,05	198	154	25	190	151	55	2,75	12	1488	172	115	27,05	2,09	
IX.	82		III ₁	2(4)	1,45	12	10,08	114	84	19	30	80	13	6,15	12	848	101	71	65,23	5,46	
IX.	78		III ₁	3(5)	1,90	14	21,69	194	155	21	40	146	39	3,74	14	1598	165	114	40,97	2,92	
IX.	76	Fraxinus excel.	III ₁	2(4)	1,20	9	10,74	164	119	20	35	116	22	5,27	9	891	130	99	40,50	4,50	
IX.	81		III ₁	2(3)	1,10	7	7,14	128	102	20	35	92	10	9,20	7	920	113	89	62,00	8,90	
XVII.	60	Pirus piraster	III ₁	3(4)	1,50	13	13,78	145	106	22	35	100	30	3,33	13	629	104	71	30,97	2,37	
VII.	68		II ₁	3(4)	1,47	8	5,96	102	74	45	95	71	40	1,78	7	263	57	38	6,57	0,95	
II.	80		III ₁	3(4)	1,30	9	10,87	180	121	35	70	114	54	2,11	9	536	110	60	9,93	1,11	
II.	85		III ₁	3(4)	1,50	10	10,49	174	105	30	50	92	60	1,53	8	270	70	34	4,50	0,57	
II.	84		III ₁	4(6)	1,85	8	11,32	170	142	30	80	132	70	1,89	8	539	90	67	7,70	0,96	
XVII.	48	Populus alba	III ₁	4(6)	2,02	8	10,72	167	134	30	90	124	67	1,85	8	410	112	51	6,12	0,76	
D. k.	48	Populus virg.	II ₂	3(4)	1,50	6	6,35	182	106	20	42	95	43	2,21	6	410	126	68	9,53	1,58	
E ₅	52		I	2(2)	1,90	9	16,79	357	186	30	130	169	72	2,35	9	990	292	110	13,75	1,53	
E ₅	69		I	4(5)	4,60	10	29,70	424	297	40	335	267	117	2,28	10	1833	328	183	15,67	1,57	
E ₅	70		II ₂	3(4)	2,12	8	18,77	350	235	25	55	213	72	3,44	8	1428	266	178	23,03	2,87	
XI.	96		II ₂	4(5)	2,94	6	13,24	281	221	29	70	213	67	3,18	6	940	214	157	14,03	2,34	
XI.	99		III ₁	2(2)	1,40	9	15,31	242	170	18	20	149	54	2,76	9	982	202	109	18,18	2,02	
XI.	77		III ₁	2(2)	1,23	14	25,58	210	111	18	20	106	45	2,36	14	876	158	63	19,47	1,40	
E ₄	49	Quercus robur	III ₁	2(3)	1,70	9	14,16	210	157	18	20	146	56	2,61	9	940	162	104	16,79	1,86	
E ₄	50		I	3(3)	0,92	9	8,88	108	99	25	325	97	28	3,46	9	656	92	73	23,43	2,61	
XVII.	56		I	3(4)	1,95	10	15,55	252	156	23	325	150	51	2,94	10	1062	192	106	20,78	2,08	
XVII.	65		II ₁	2(3)	0,47	7	5,25	113	75	—	95	74	21	3,55	7	396	94	57	18,86	2,71	
E ₁	55	Sophora jap.	II ₂	2(3)	0,45	9	8,18	124	91	20	55	88	22	4,00	9	658	108	73	29,91	3,32	
XI.	97		I	4(6)	2,64	14	37,44	436	267	55	330	264	70	3,77	14	2781	366	199	39,73	2,84	
XIII.	72	Tamarix tetr.	III ₁	2(3)	0,80	9	5,02	120	56	22	35	53	34	1,56	6	190	88	32	5,59	0,94	
III.	79		III ₁	2(3)	1,10	14	26,01	310	186	28	106	158	43	3,67	14	2003	260	143	46,58	3,33	
II.	83		III ₁	3(4)	1,20	13	23,36	315	180	35	130	167	55	3,04	13	1560	245	120	28,36	2,18	
E ₁	54	Ulmus glabra	III ₁	4(5)	1,45	13	23,80	263	183	40	390	158	60	2,63	13	1537	198	121	25,60	2,02	
VII.	67		I	4(6)	2,13	10	22,35	293	224	33	330	211	81	2,60	10	1382	216	138	17,62	1,76	
XIII.	75		II ₂	3(5)	1,70	11	21,61	270	196	33	115	90	60	3,17	11	1205	190	110	20,08	1,83	
XI.	75		III ₁	2(4)	1,22	8	7,98	153	100	22	45	90	33	2,73	8	511	108	64	15,48	1,94	
IX.	83		III ₁	2(4)	1,23	10	16,02	220	160	20	40	156	46	3,39	10	1144	174	114	24,87	2,49	
IX.	83		III ₁	2(4)	1,14	9	14,36	240	160	20	32	150	48	3,13	9	875	185	97	18,23	2,02	
IX.	83		III ₁	3(5)	1,44	11	17,78	218	162	22	70	155	55	2,82	11	1147	199	107	20,85	1,95	
E ₁	53	Ulmus levis	I	4(6)	2,15	12	21,44	250	179	30	330	176	66	2,67	12	12,77	190	106	19,35	1,61	
	86		I	4(6)	1,90	10	15,24	194	152	12	322	147	70	2,10	10	7,92	120	79	11,31	1,13	

II. táblázat.

II. Tabelle.

**A fajok maximális gyökérmélységei kor és talajminőség szerint.
Maximale Wurzeltiefe der Holzarten nach Alter und Bodenbonität.**

Fafaj Holzart	Kor az ültetésől — Alter von der Aus- pflanzung gerechnet	Maximális gyökérmélységek cm-ekben az egyes talajminőségi osztályoknál — Maximale Wurzeltiefe in cm bei den verschiedenen Bonitäten			
		I	II ₁	II ₂	III ₁
Acer negundo	2	—	—	40	30
	3	—	—	—	30
Amorpha frut.	1	—	—	65	—
	2	—	—	—	60
Celtis australis	2	—	55	—	—
Elaeagnus ang.	1	—	—	—	50
	2	—	—	165	105
	3	—	302	288	—
Fraxinus am.	2	—	—	—	30
	3	190	—	—	40
Fraxinus exc.	2	—	—	—	35
	3	—	—	—	35
Pirus piraster	2	—	—	65	—
	3	—	95	70	50
	4	—	—	—	85
Populus alba	2	—	65	—	—
	3	—	75	42	—
Populus virg.	2	130	85	—	22
	3	—	—	55	—
	4	330	—	70	—
Quercus cerris	2	—	70	—	—
Quercus robur	2	161	95	55	—
	3	325	—	—	—
Quercus sessil.	2	140	—	—	—
Sophora jap.	2	—	80	—	40
	4	330	—	—	—
Tamarix odess.	1	—	—	70	50
Tamarix tetr.	2	—	—	—	106
	3	—	—	—	130
	4	—	—	—	392
Ulmus glabra	2	—	—	—	45
	3	—	—	115	70
	4	330	—	—	—
Ulmus levis	4	330	—	—	—

III. táblázat.

III. Tabelle.

A maximális gyökérmélységek talajszintek szerinti eloszlása.
Die Verteilung der Maximalen Wurzelntiefen nach Bodenschichten.

Talajminőség Bonitát	A vizsgált anyagból az egyes talajszintekbe eső maximális gyökérmélységek száma — Die Anzahl der Wurzelntiefen nach Bodenschichten					Összesen Zusammen
	0-50 cm db	51-100 cm db	101-150 cm db	151-200 cm db	201 cm-től le db	
I	—	3	6 ¹⁾	2	9	20
II ₁	—	8 ²⁾	—	—	1	9
III ₂	1	7 ³⁾	1	1	1	11
III ₁	13 ⁴⁾	3	3	—	1	20
Összesen	14	21	10	3	12	60

1) Átlag Durchschnitt 127 cm — 2) Átlag Durchschnitt 80 cm — 3) Átlag Durchschnitt 65 cm — 4) Átlag Durchschnitt 35 cm.

IV. táblázat.

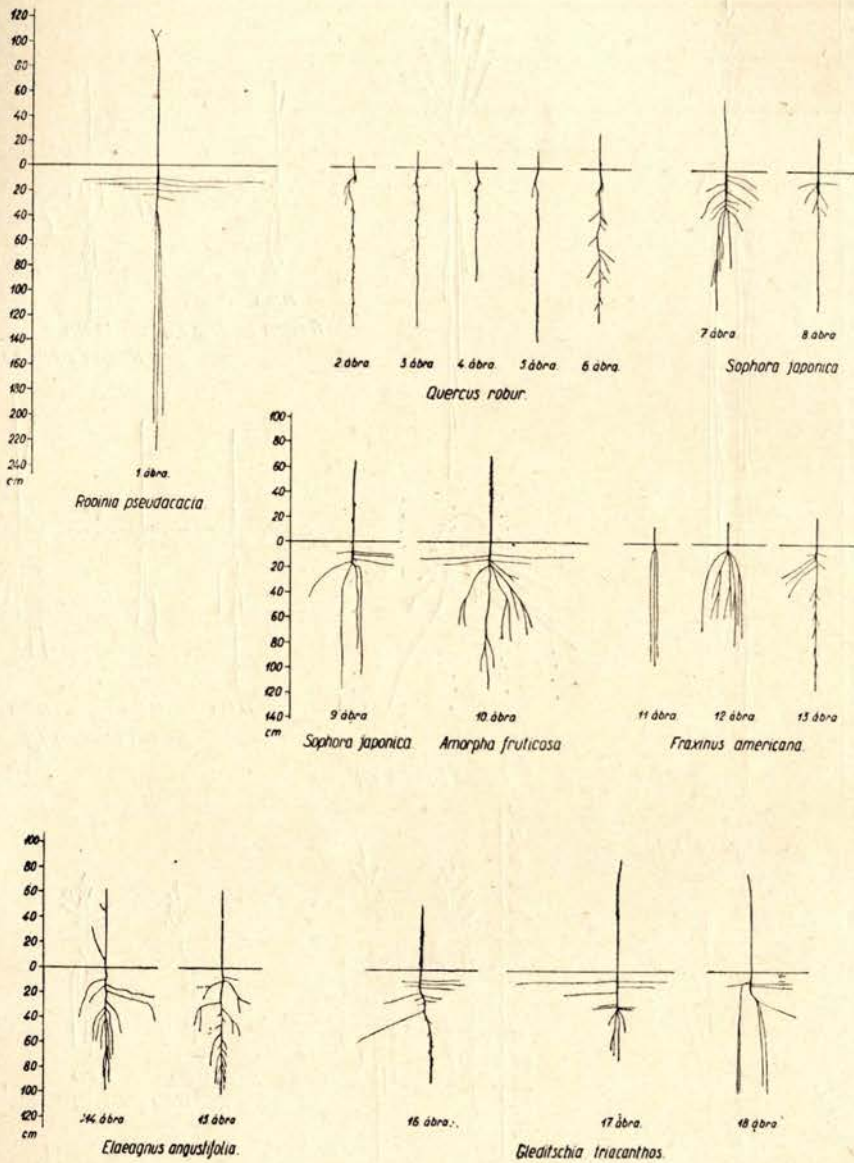
IV. Tabelle.

Az 1928. évi szárazság hatása a lombozatra.
Die Wirkung der Trockenheit vom Jahre 1928 auf die Belaubung.

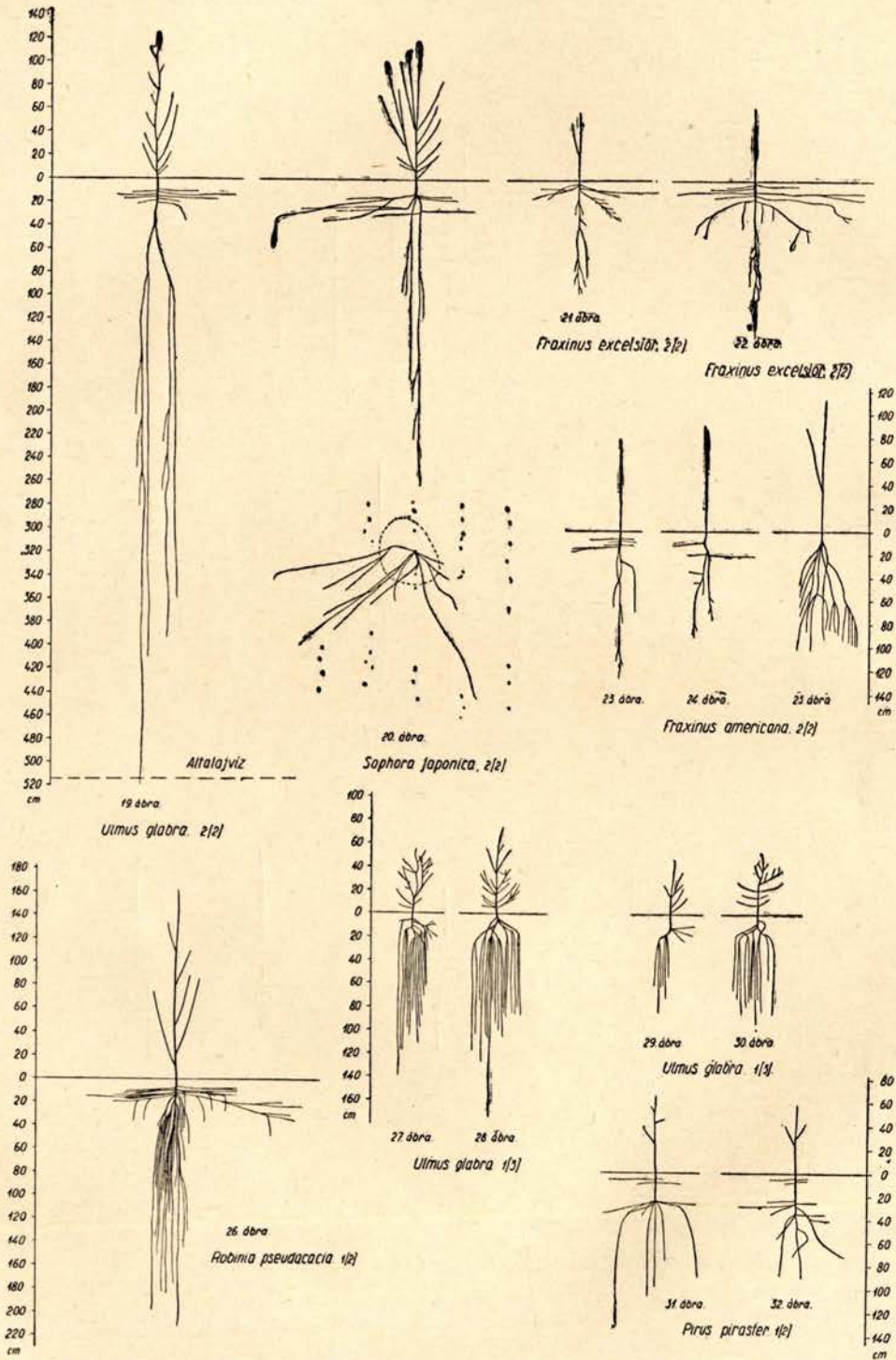
Sorszám Laufende Zahl	Kísérleti parcella száma Versuchparzelle	Talajminőség Bonitát	A telepítési eljárás megjelölése Pflanzverfahren	Fafaj Holzart	A faj kora (év) Alter	A hervadás (lombhullás) foka az összes lombkoronának %-ában kifejezve — Grad des Laubfalles in % der Gesamtkronen				A hervadás (lombhullás) aránya — % Verhältniszahl des Laubfalles	Megjegyzés Bemerkung
						I.	II.	III.	IV.		
1	XI.	III ₁	Bakhatás műv. Rabattenpflanz.	<i>Populus virg.</i>	2(2)	—	19	70	11	68	<i>Sophora</i> -k között Zwischen <i>Sophora</i>
2	"	"	"	" "	2(2)	—	6	61	33	80	<i>Sophora</i> -sor mellett Bei <i>Sophora</i> -Reihe
3	"	"	"	" "	2(2)	—	2	52	46	86	<i>Ulmus glabra</i> -sor mellett Bei <i>Ulmus glabra</i> -Reihe
4	"	"	"	" "	2(2)	—	—	25	75	94	<i>Elaeagnus</i> -ok között Zwischen <i>Elaeagnus</i>
5	"	"	"	<i>Ulmus glabra</i>	2(3)	2	40	57	1	54	<i>Sophora</i> -k között Zwischen <i>Sophora</i>
6	"	"	"	" "	2(3)	1	28	67	4	61	<i>Elaeagnus</i> -ok között Zwischen <i>Elaeagnus</i>

Törzsrész fejlődési adatai.
Angaben über die Schaftbildung.

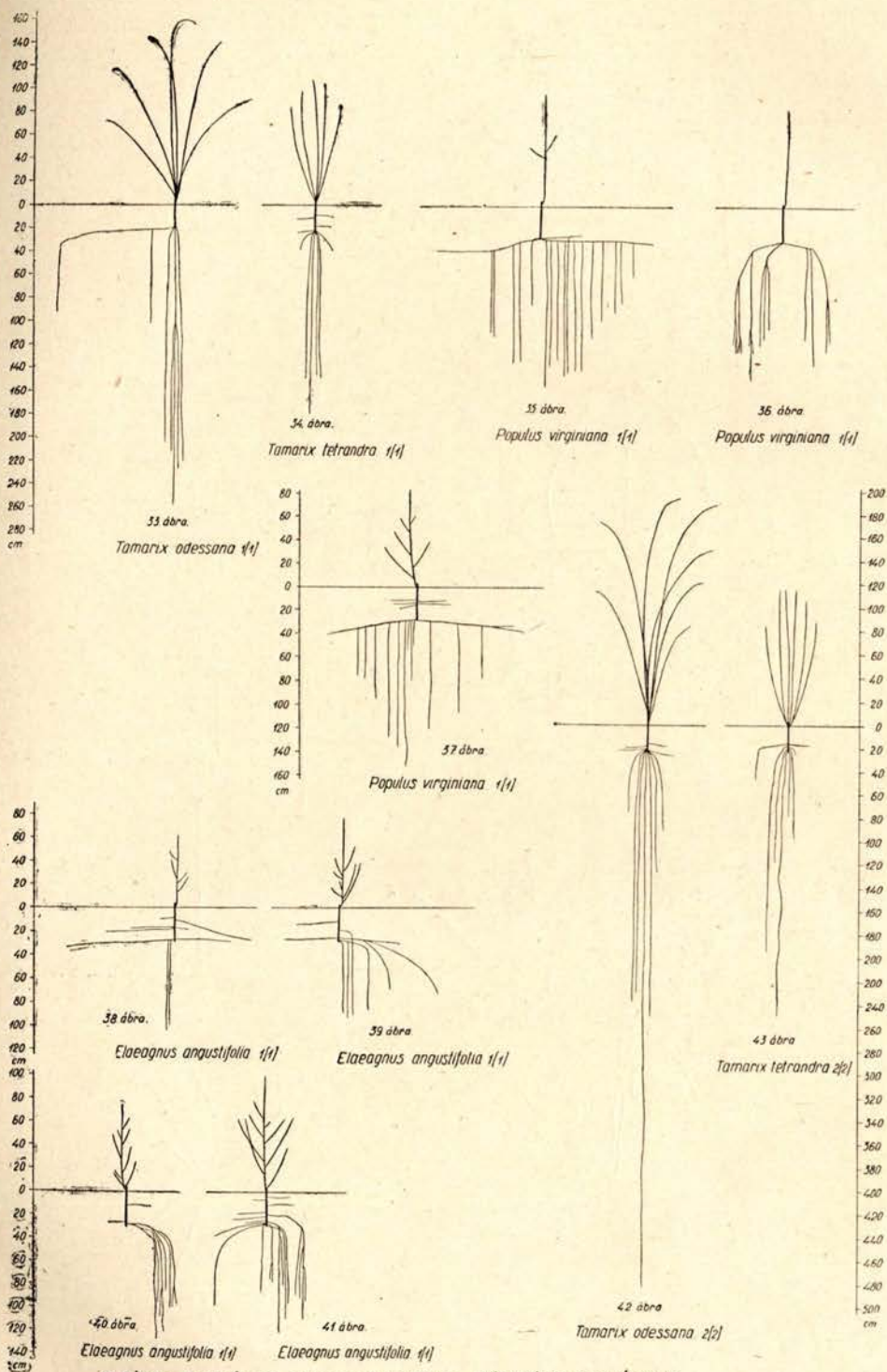
Sorszám	Lauf. Zahl	Kísérleti parcella Versuchsparzelle	Tájmínőség Bonität	A telepítési eljárás megjelölése Pflanzverfahren	Fafaj Holzart	A fafaj kora Alter	Magasság Höhe			1928. évi hajtás Jahrestrieb			Korona át- mérője Kronen- durchmesser			Megjegyzés Bemerkung
							cm			cm			cm			
							max.	min.	közép mittel	max.	min.	közép mittel	max.	min.	közép mittel	
1	E ₁	I-II ₁	Teljes művelés Volle Bearbeitung	Maclura aur.	3(4)	135	43	97	78	18	50	100	10	71	Ulmus glabra-sor mellett Bei Ulmus glabra-Reihe	
2	"	"	"	"	"	3(4)	187	40	122	151	11	76	150	30	93	Az 1-es sor és Sophora-sor között Zwischen der 1. und einer Sophorareihe
3	XI.	III ₁	Bakhátas művelés Rabattenpflanzung	Ulmus glabra	2(4)	162	50	102	76	26	53	135	25	78	Elaeagnus-ok között Zwischen Elaeagnus	
4	"	"	"	"	"	2(4)	167	62	104	101	28	62	125	50	90	Sophora-k között Zwischen Sophora
5	"	"	"	Populus virg.	2(2)	146	57	117	86	32	55	130	25	62	Elaeagnus-ok között, 100. ábra Zwischen Elaeagnus, Abb. 100.	
6	"	"	"	"	2(2)	196	96	121	111	54	67	125	50	92	Sophora-k között, 100. ábra Zwischen Sophora, Abb. 100.	
7	"	"	"	"	2(2)	150	114	132	—	—	—	—	—	—	A 2-ik sor egy szakaszán, 100. ábra In einem Abschnitt der 2. Reihe, Abb. 100.	
8	"	"	"	Elaeagnus ang.	2(3)	159	70	126	—	—	—	—	—	—	A 3-ik sor egy szakaszán, 100. ábra In einem Abschnitt der 3. Reihe, Abb. 100.	
9	"	"	"	"	2(3)	145	77	117	—	—	—	—	—	—	Az első sor egy szakaszán, 100. ábra In einem Abschnitt der 1. Reihe, Abb. 100.	
10	E ₄	1	Teljes művelés Volle Bearbeitung	Ulmus levis	4(6)	312	205	257	125	56	78	230	115	188	E ₄ parcella szélén Am Rande der Parzelle E ₄	
11	"	1	Pásztás szántás Streifenbeackerung	"	4(6)	227	152	193	78	46	63	190	95	143	Az E ₄ parcellán kívül, de mellette Ausserhalb, doch neben Parzelle E ₄	
12	XXXII.	II ₂	Teljes művelés Volle Bearbeitung	Tamarix tetr.	1(2)	144	33	96	144	33	96	140	15	74	Elaeagnus-ok között Zwischen Elaeagnus	
13	"	"	"	"	1(2)	144	48	99	144	48	99	140	20	74	Fraxinus am. között Zwischen Fraxinus am.	



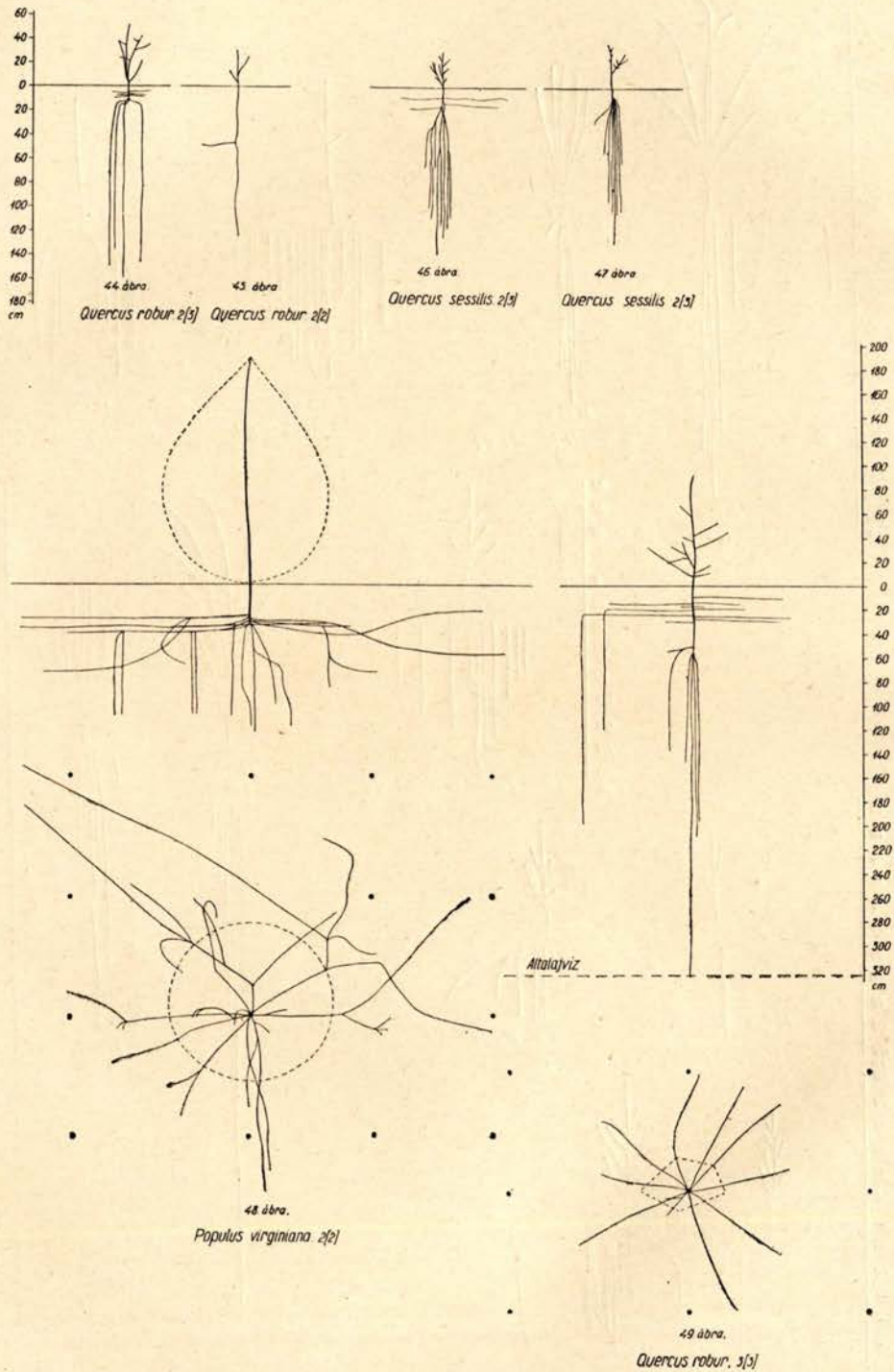
1. tábla. Gyökérvizsgálatok a csemetekertben. – 1 éves maggyi csemeték.



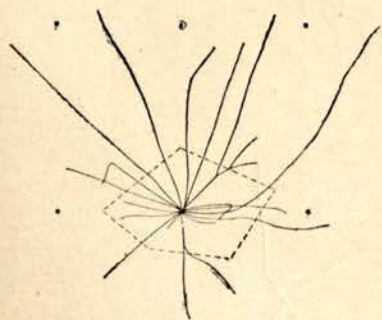
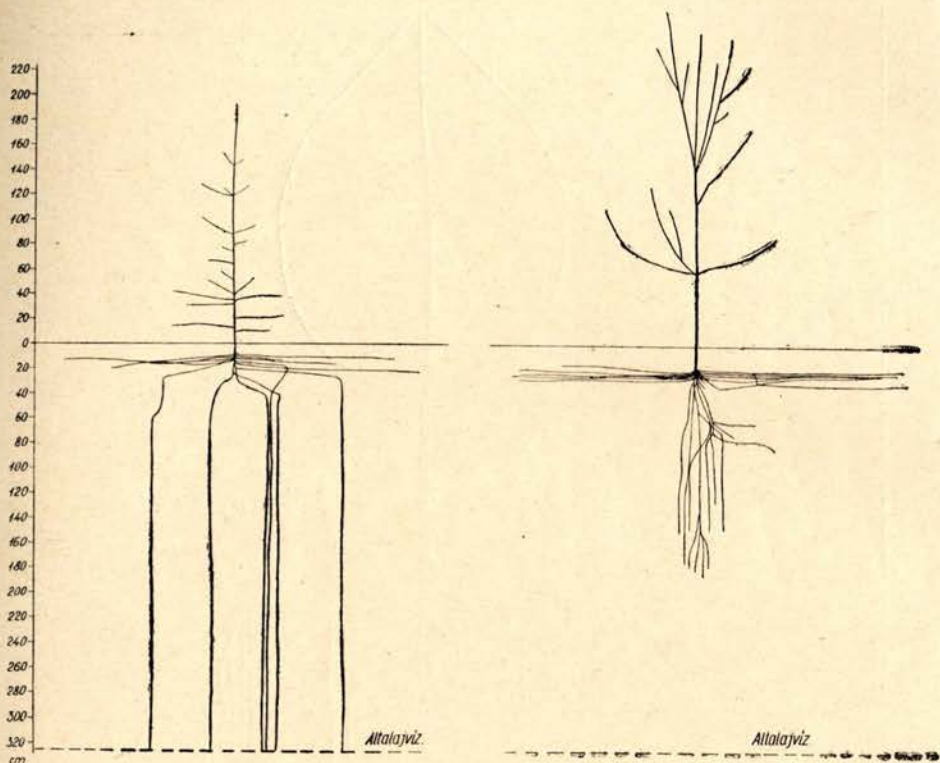
II. tábla. Gyökérzet a csemetekertben. 2 éves magágyi [19-25.á.] és iskolázott csemeték [26-32.á.]



III. tábla. Gyökérvizsgálatok a csemetekertben. 1 és 2 éves dugványok.



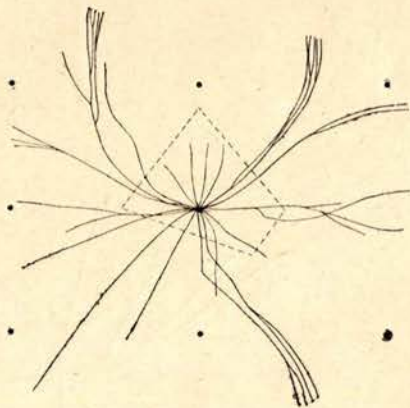
IV. tábla. Gyökérzet I. oszt. szikes talajon.



Fraxinus americana Sár.

50 dbra.

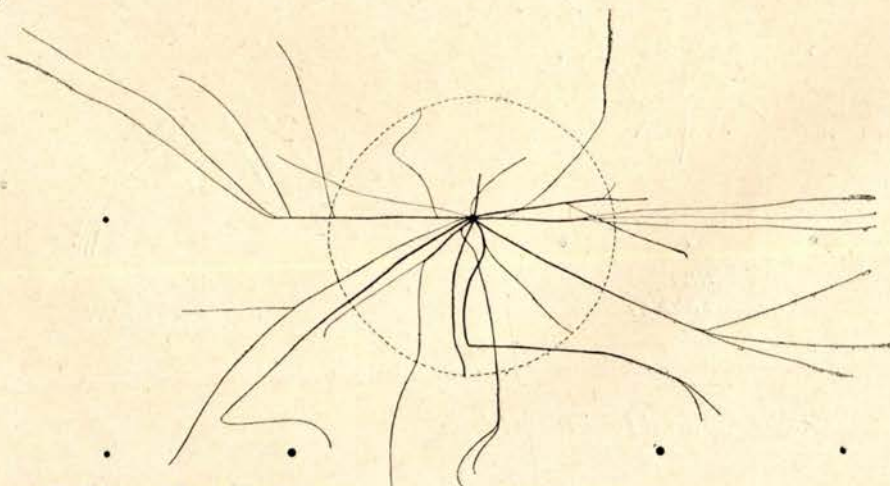
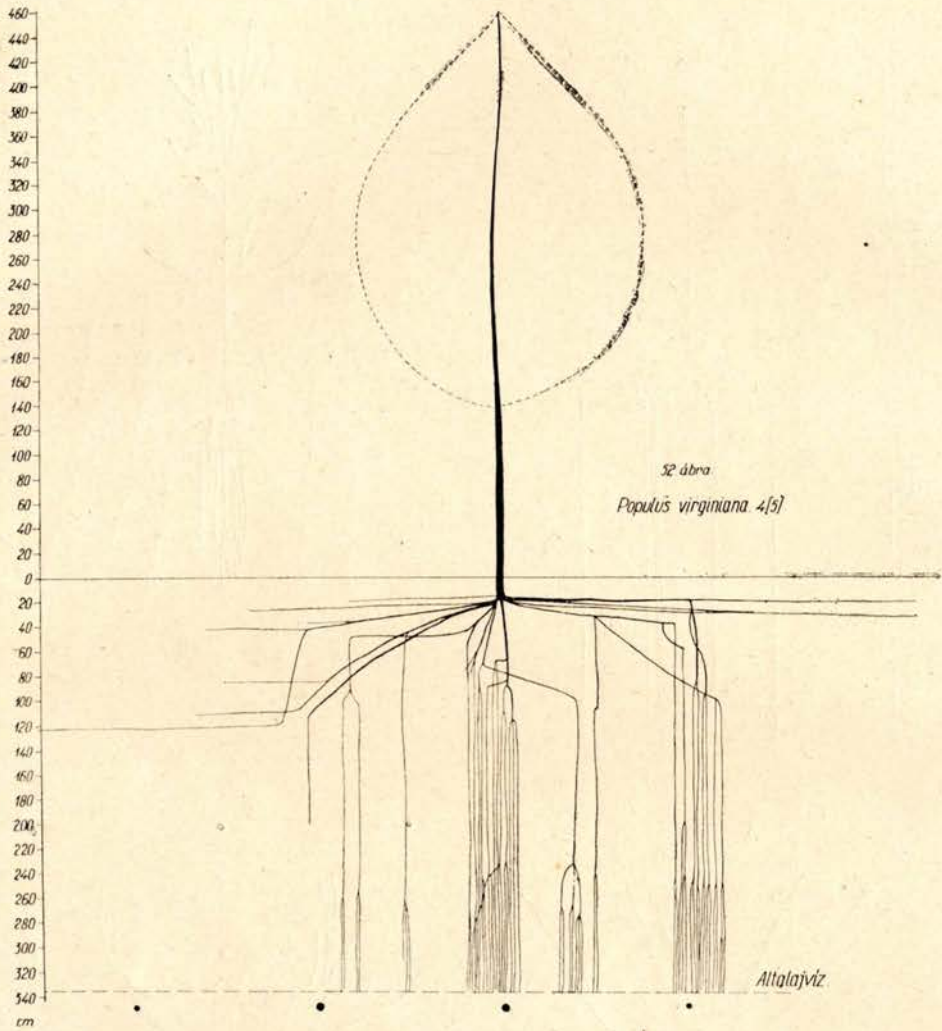
Quercus robur 3/4.



51 dbra.

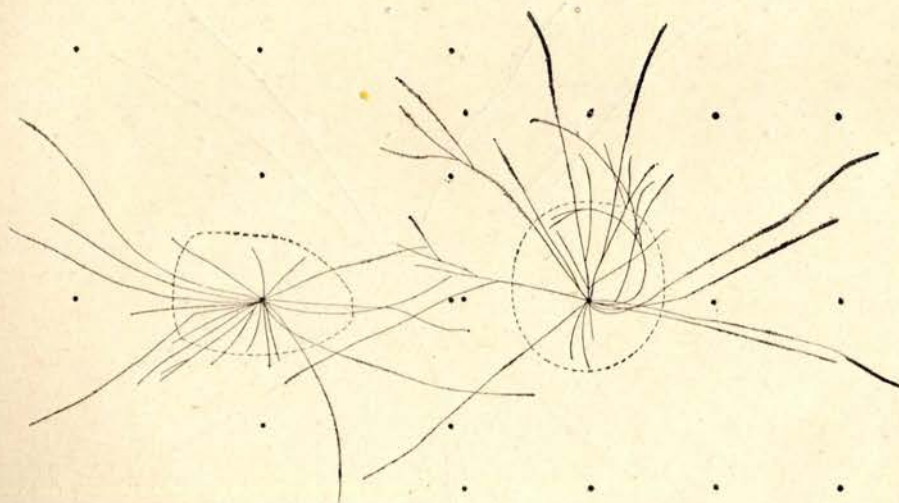
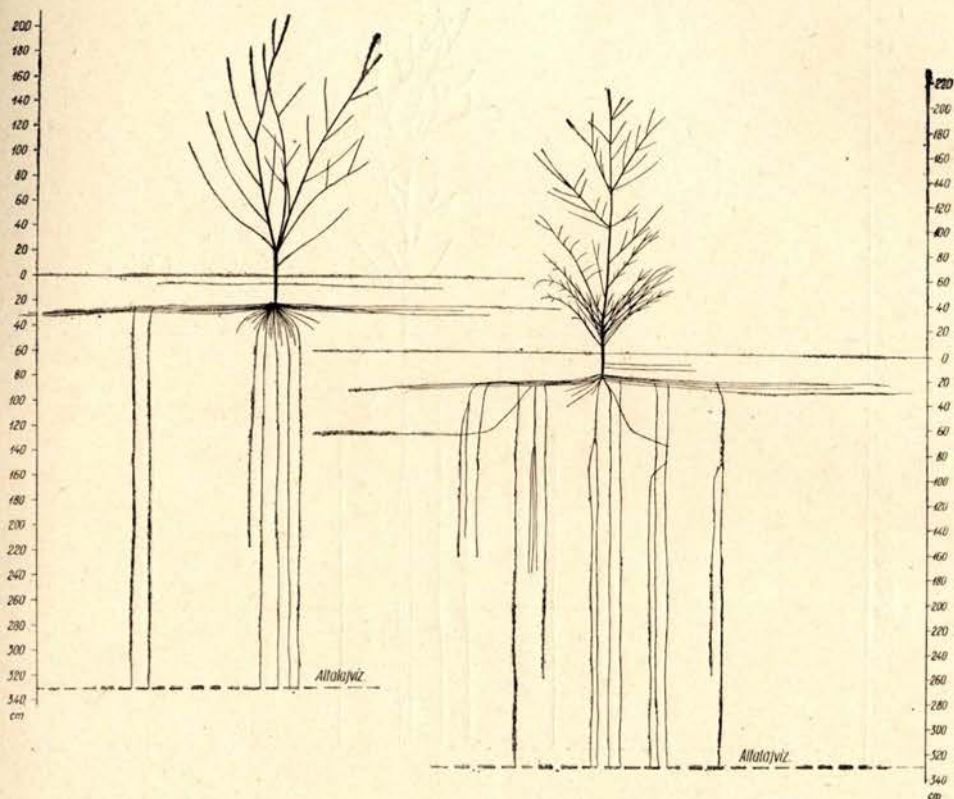
Fraxinus americana 3/4

V. tábla. Gyökérvizet 1. oszt. szikes talajon.



VI. tábla. Gyökérzet I. oszt.

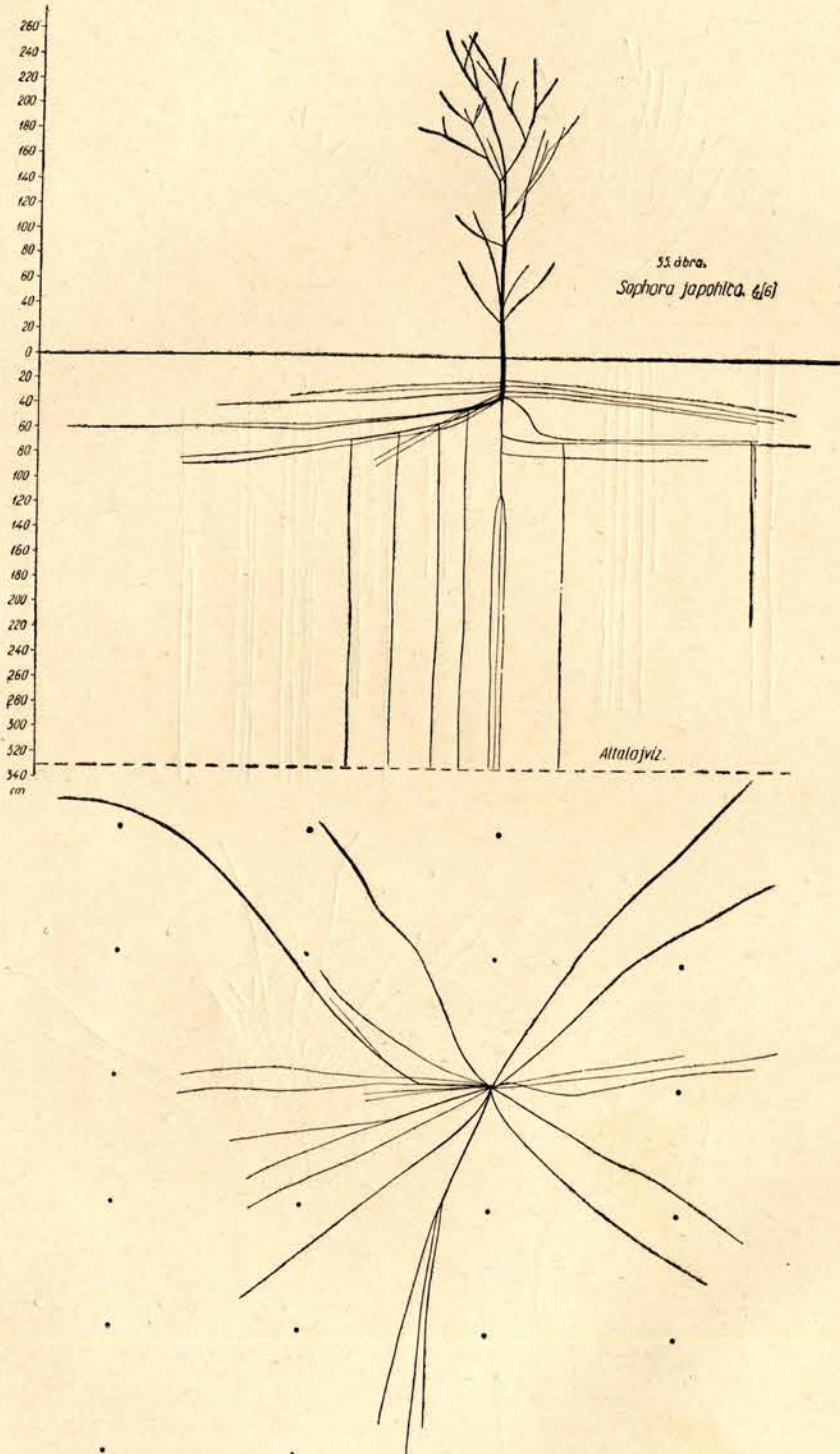
szikes talajon.



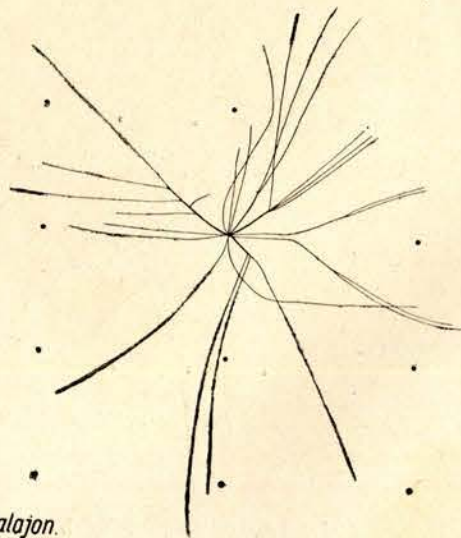
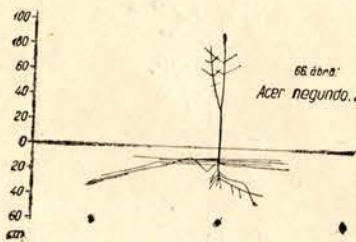
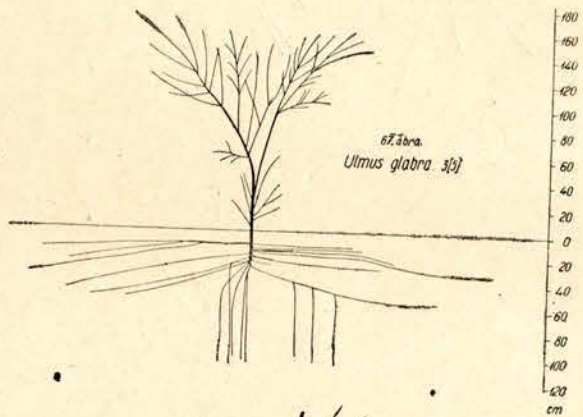
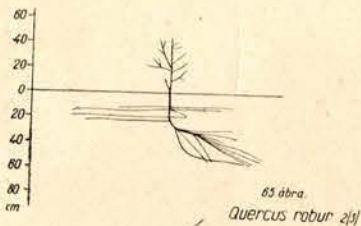
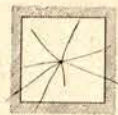
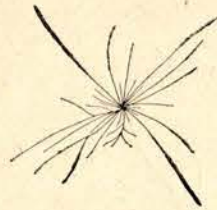
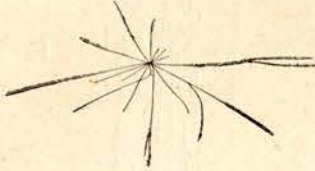
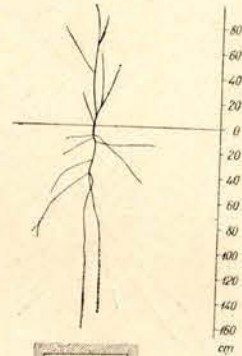
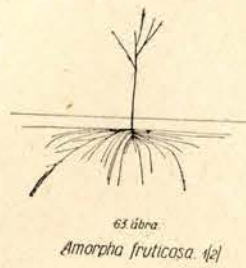
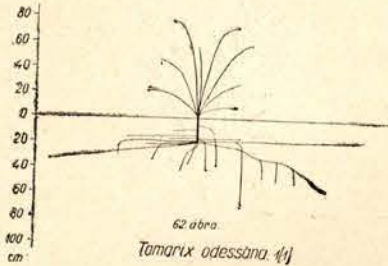
53 ábra.
Ulmus levis. 4[s]

54 ábra.
Ulmus glabra. 4[s]

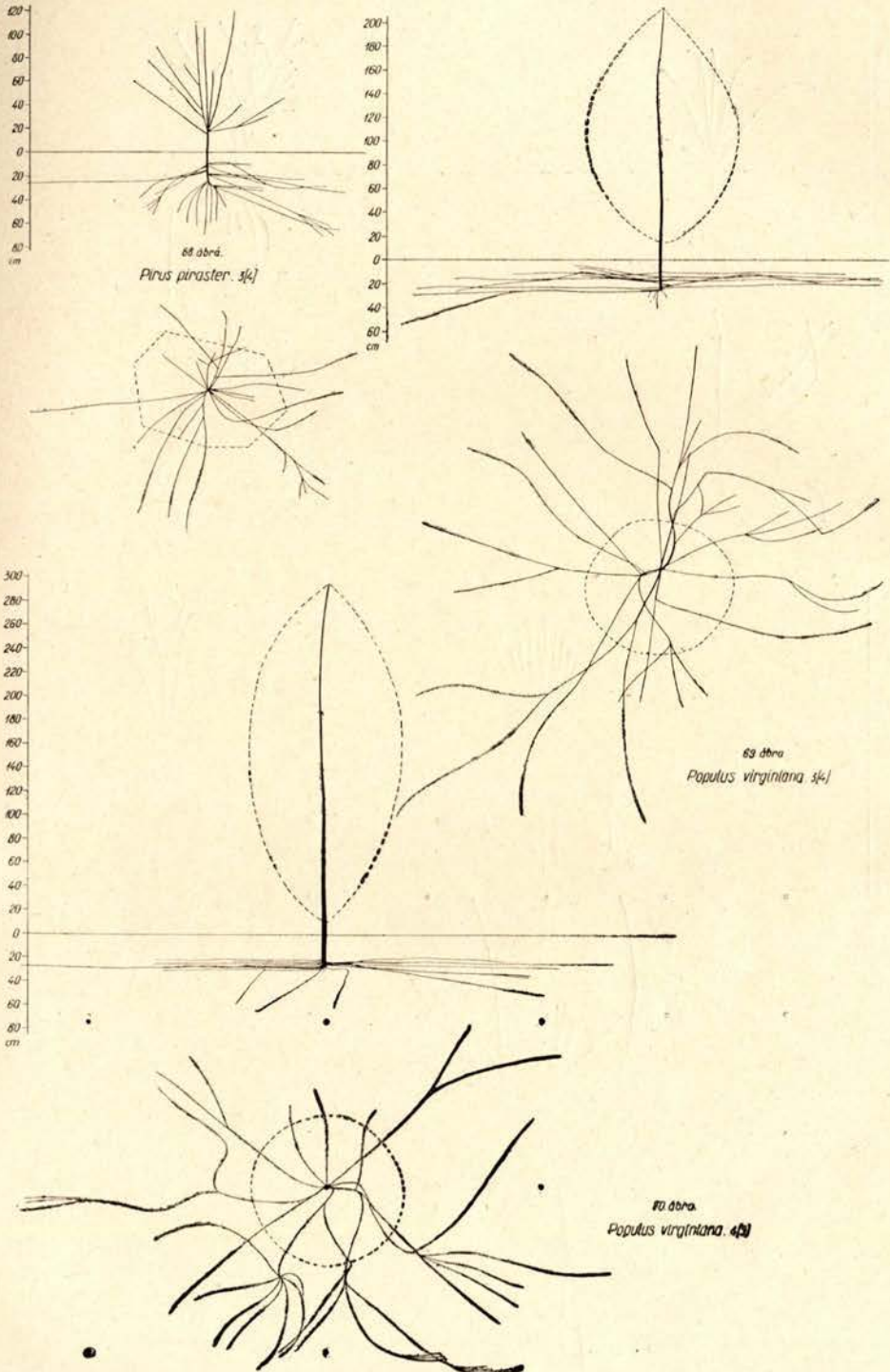
VII. tábla. Gyökérvizet I. oszt. szikes talajon.



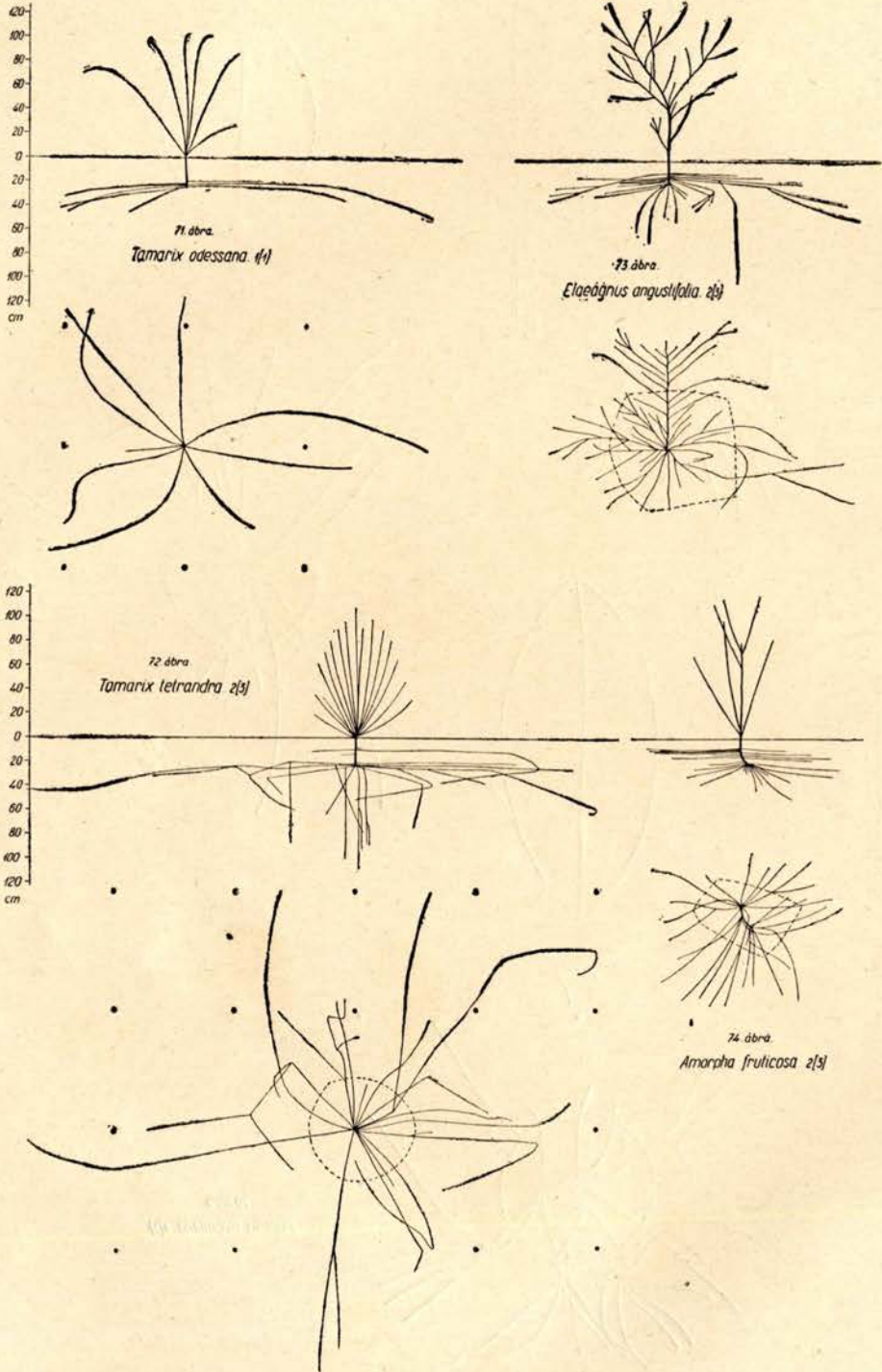
VIII. tábla: Gyökérzet I. oszt. szikes talajon.



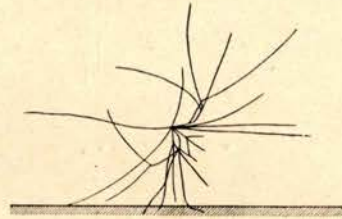
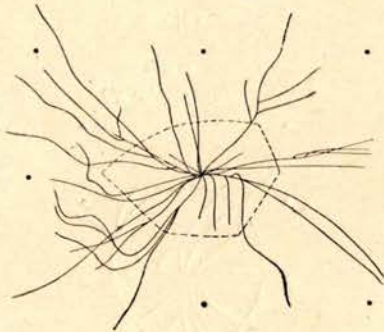
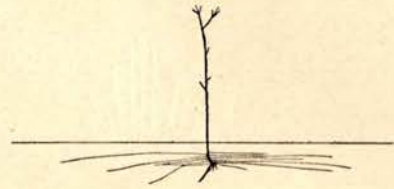
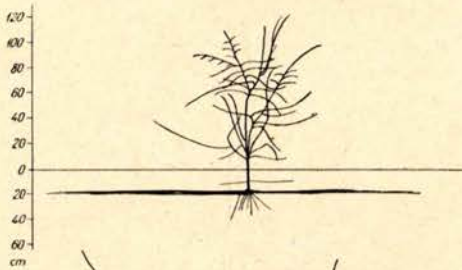
X. fábla. Gyökérzet II. oszt. szikes talajon.



XI. tábla. Gyökérvizsgálatok csemetekerti és szikes talajban.

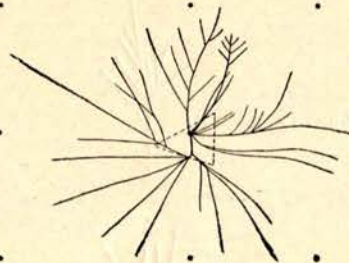
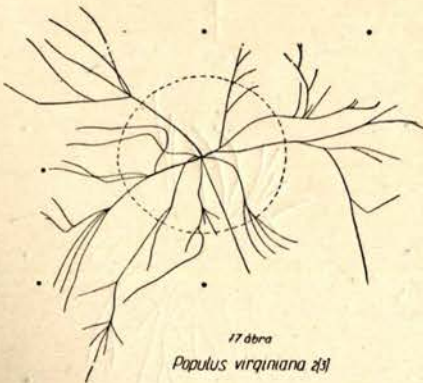
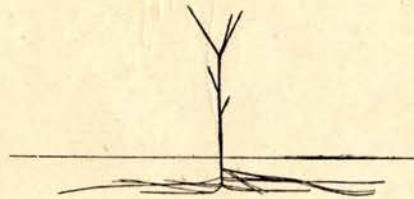
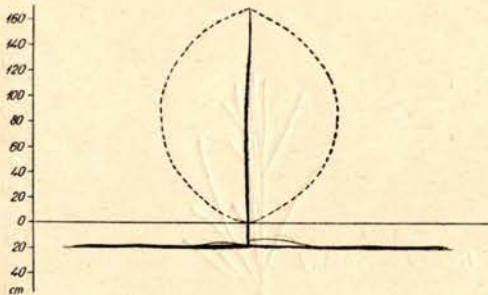


XII. tábla. Gyökérzet III. oszt. szikes talajon.



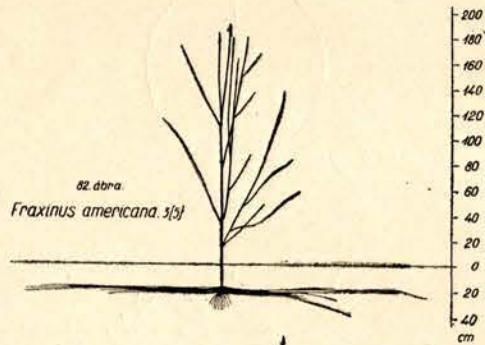
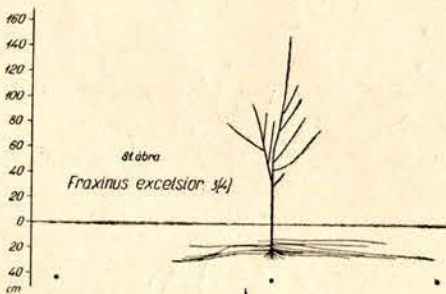
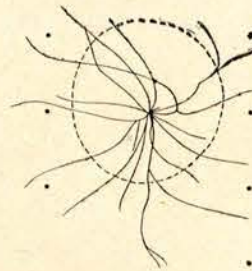
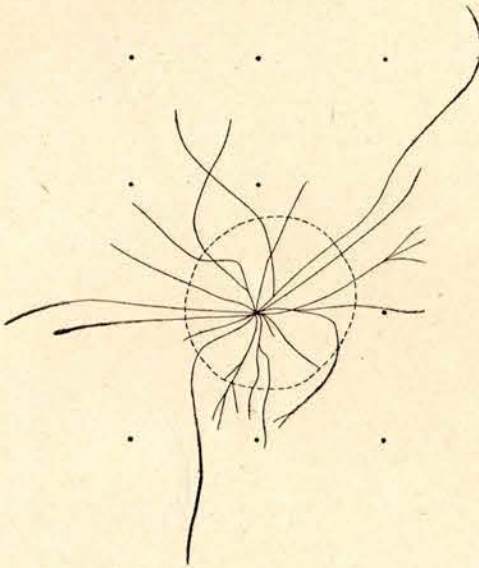
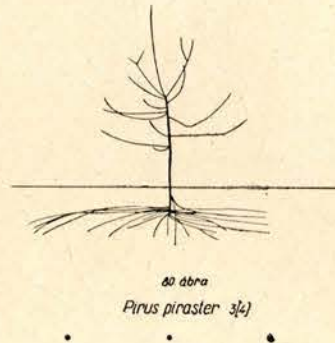
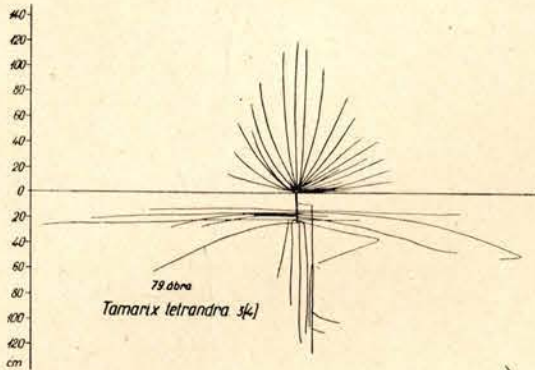
75 ábra
Ulmus glabra 2/4

76 ábra
Fraxinus excelsior 2/3

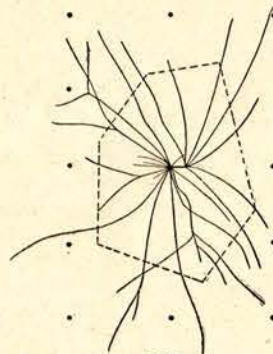
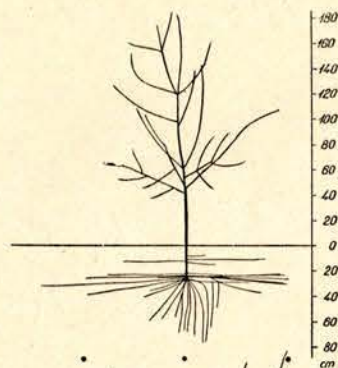
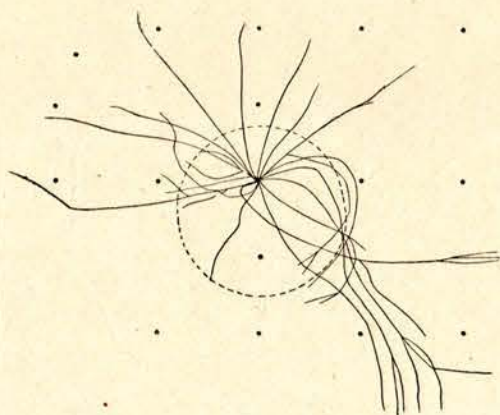
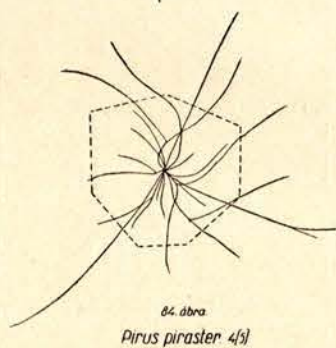
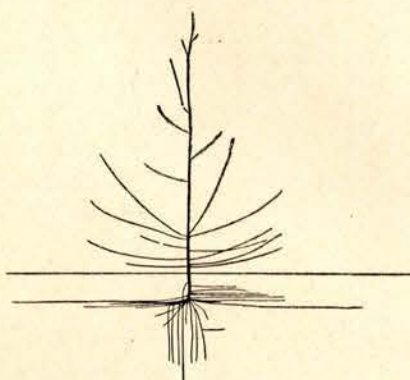
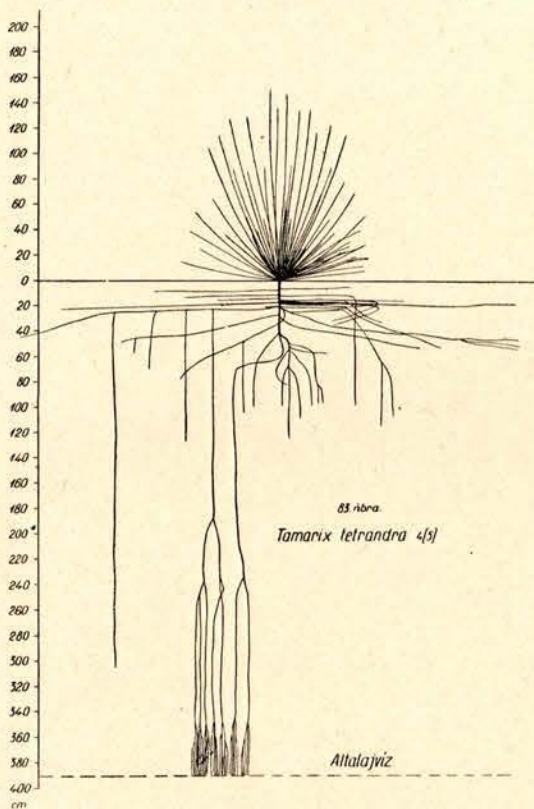


77 ábra
Populus virginiana 2/3

78 ábra
Fraxinus americana 2/4

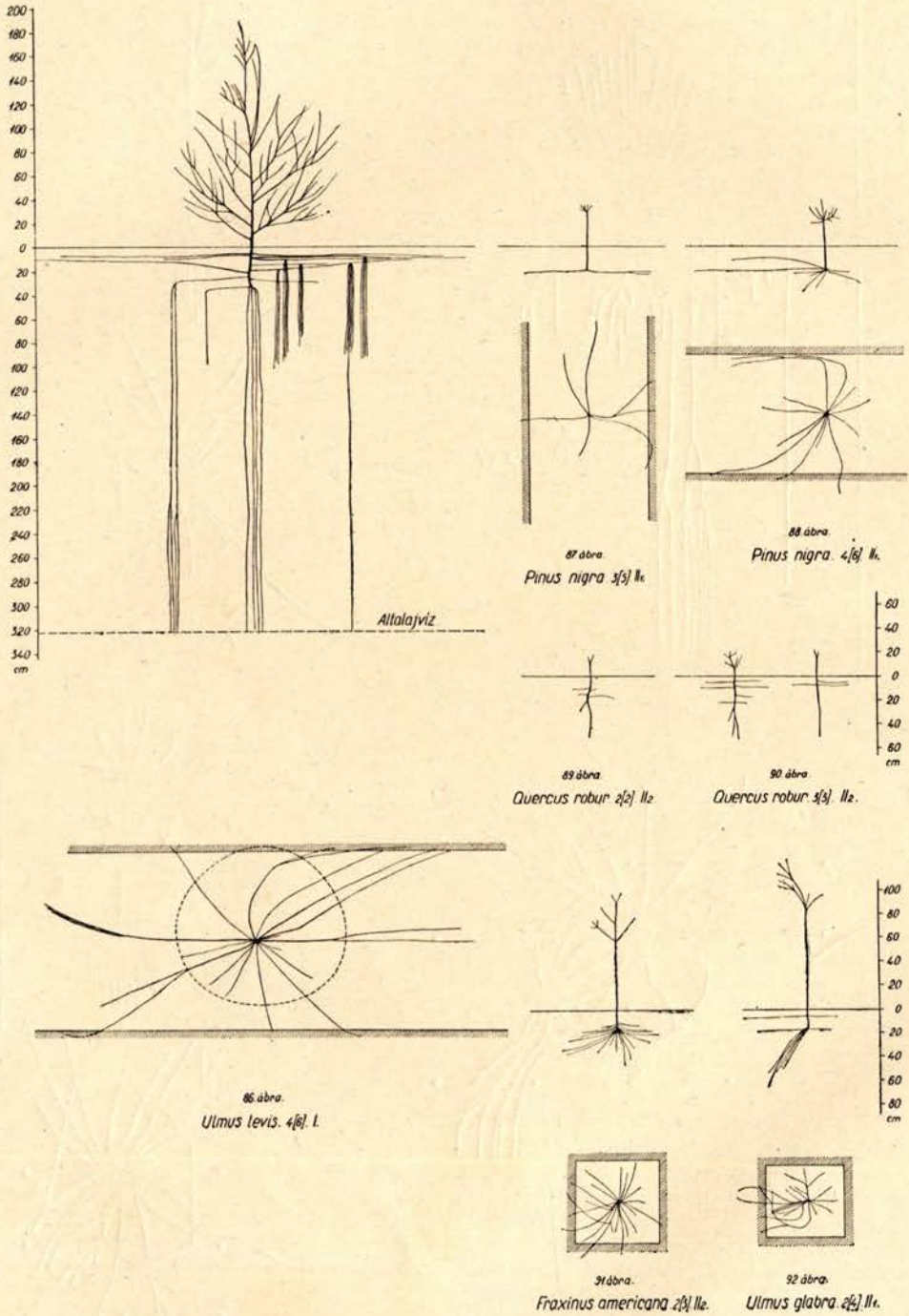


XIV. tábla. Gyökézet III. oszt. szikes talajon.

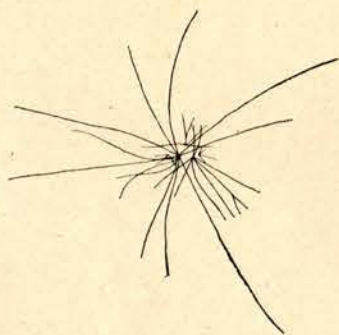
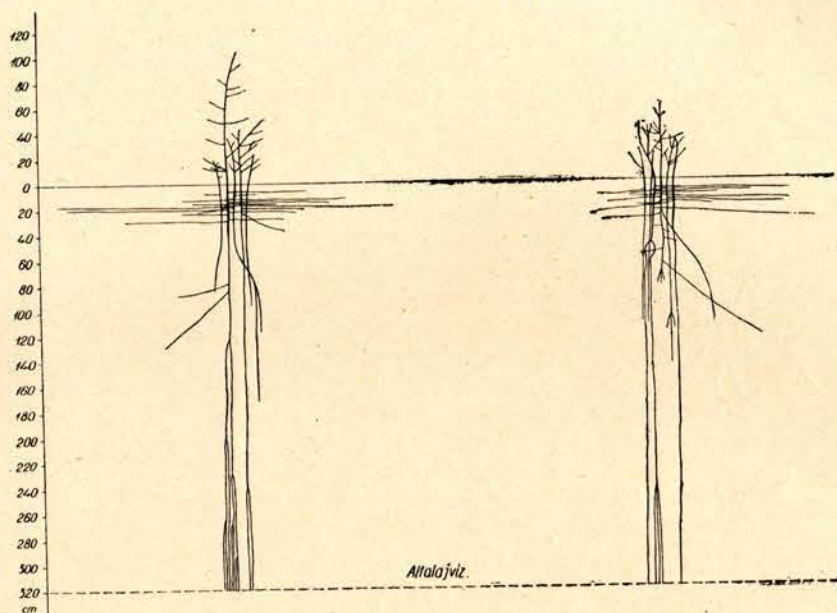


XV. tábla. Gyökérvizsgálatok III. oszt. szikes talajon.

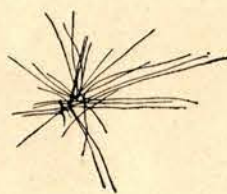
85. ábra.
Pirus piraster 4[s]



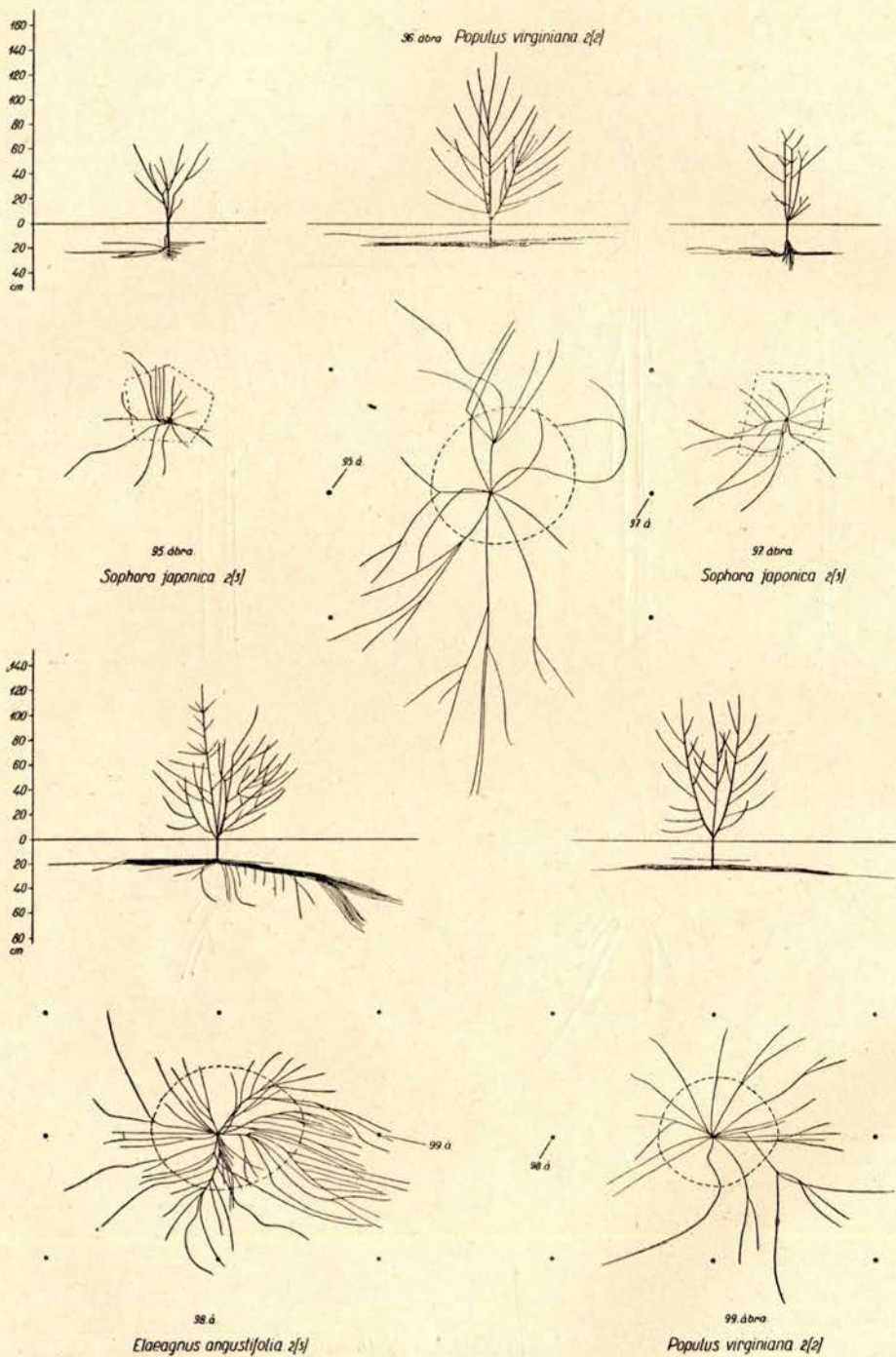
XVI. tábla. A művelés mértékének hatása a gyökérszetre.



93 ábra
Quercus robur. 3/5



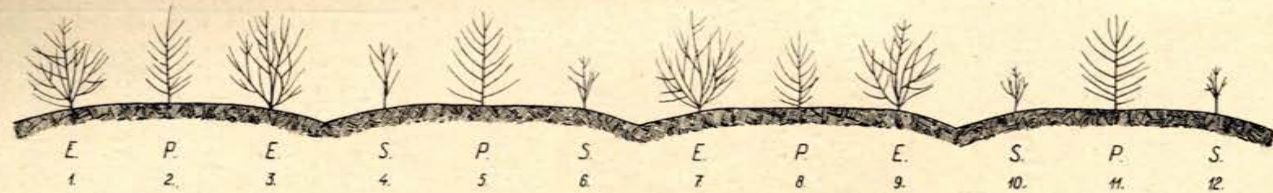
94 ábra
Quercus robur. 3/5



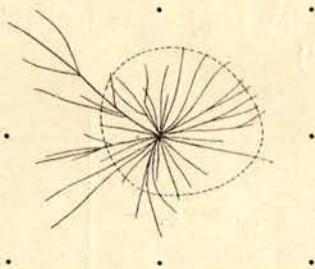
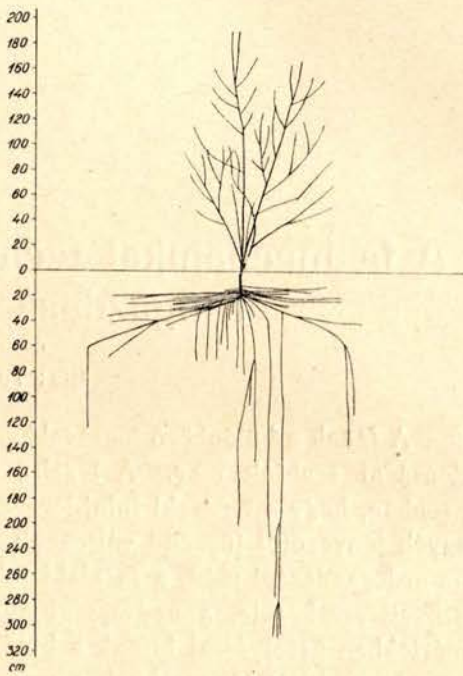
XVIII. tábla. Gyökérzet III. oszt. szikes talajon.

Gyökérvizsgálatok csemetekerti és szikes talajban

165



100. ábra: *Elaeagnus*- és *Sophora*-sorok hatása a *Populus virginiana* fejlődésére.



101 ábra.
Elaeagnus angustifolia 3[4]-II.

Sajtóhibák.

166. oldal táblázat fejrovatában *15% víztartalom mellett helyett 10—15% víztartalom mellett, mely a fajsúlyra is vonatkozik.*
166. oldal táblázat 2. sorában *651—1113 helyett 657—1153.*

A fa mechanikai technológiai vizsgálatának erdőgazdasági jelentősége.

Irta: Török Béla.

A fának a különböző iparágakban való használhatóságát műszaki tulajdonságai szabják meg. A legelső rendszeres anyagvizsgálatok igazolták azonban, hogy a műszaki tulajdonságok az egyes fafajokon belül is számos egyéb tényezőtől függően változnak. Így a származási hely, a termőhely, az erdőgazdasági mód, a fa alaki tulajdonságai, a kor, a döntési idő, a fa szöveti szerkezete, a nedvességi állapot stb., mind kisebb vagy nagyobb mértékben befolyással bírnak a különböző műszaki tulajdonságokra.

Az említett tényezőknek a műszaki tulajdonságokra gyakorolt különböző mérvű befolyása az oka annak, hogy az ide vonatkozó vizsgálatok eredményei oly annyira eltérőek egymástól. Ennek megvilágítására álljon itt néhány fafaj egyes fontosabb műszaki tulajdonságaira vonatkozó határérték.¹⁾

Fafaj	Fajsúly	Összenyomó szilárdság 15% víztartalom mellett kg/cm ²	Hajlító szilárdság kg/cm ²
Tölgy	0·69—1·03	258—511	453—1292
Bükk	0·66—0·83	386—612	651—1113
Erdei fenyő	0·31—0·74	302—444	327— 562
Lúcfenyő	0·35—0·60	296—448	425— 990
Vörösfenyő	0·44—0·80	320—625	351— 883

¹⁾ Az alább közölt határértékek *Dr. Paul Kraus*: „Gewerbliche Materialkunde” című könyvében találhatók meg, amelyeket *Nördlinger, Barlow Ebbels, Tredgold, Mikolaschek, Merin* és *Lange* vizsgálati eredményeinek alapján állított össze.

A fenti táblázat néhány adatából is látható, hogy milyen meglehetősen tág határok között változnak az egyes fafajok műszaki tulajdonságai. A tudományos kutatások eredményeinek eme óriási kilengése — eltekintve egyes vizsgálat-technikai és egyéb okoktól — nagyrészen az erdőgazdasági tényezőknek a fa műszaki tulajdonságaira gyakorolt különböző mérvű befolyásában leli magyarázatát. Tekintettel arra, hogy az erdőgazdaságban a jövedelem fokozása érdekében a mennyiségileg való több termelés mellett, a minőségileg jobb s így kereskedelmileg értékesebb árú előállítására is törekszünk, igen nagy horderejű volna az említett tényezőknek a fa műszaki tulajdonságaira gyakorolt mikénti befolyásának ismerete. Sajnos, azonban az eddig rendelkezésre álló kísérleti eredmények nem elegendők arra, hogy ezekből az említett dolgokat illetőleg kifogástalan következtetéseket vonhassunk le. Ez a körülmény két okban leli magyarázatát. Az egyik az, hogy az anyagvizsgálók nemzetközi szövetségének 1906-ban hozott és a favizsgálatok mikénti végrehajtását szabályozó határozmányai megjelenése előtti időből származó vizsgálatok nélkülözik azt az egységességet, amire az összehasonlításnál támaszkodhatnánk. A másik ok pedig az, hogy az 1906 utáni időből származó vizsgálatok is igen sok esetben kényszerűségi okokból mellőzik az erdőgazdasági tényezőknek a megadását, aminek ismerete nélkül viszont következtetéseinket nem vonhatjuk le.

Ennek az erdőgazdaságot igen közelről érintő fontos kérdésnek a megoldása csak úgy volna lehetséges, ha a vizsgálatokat a legkülönbözőbb viszonyok között nevelt faállományokra kiterjesztenénk, továbbá a végrehajtásnál a legnagyobb egységesség elérésére törekednénk és végül a vizsgálatot végző intézet a gyakorlati erdőgazdasággal a legszorosabb együttműködésben dolgozna. A favizsgálatok eredményeiből csak akkor vonhatunk le az erdőgazdálkodásra következtetéseket, ha ezek csak mint az erdőgazdasági tényezők függvényei szerepelnek. Ennek a nehéz feladatnak az elérése érdekében azonban az egyéb, tehát nem szoros értelemben vett erdőgazdasági tényezőt, legalább a lehetőség határain belül állandósítanunk kell, amit csakis az egységes eljárással érhetünk el. Természetesen maguk az egyes műszaki tulajdonságokra befolyással bíró erdőgazdasági tényezők is különbözők, következésképpen a nyert eredmények még így is több változó függvényei lennének. Az egyes vizsgálatok alá vont próbákat tehát úgy kell megválasztanunk, hogy azok egy-egy tényező kivételével, a többi erdőgazdasági faktort illetőleg azonos származásúak legyenek. Az ilyen elgondolással végrehajtott vizsgálatok eredményei már alkalmasak lesznek azután az összehasonlításra és ennek következtében számtalan eredményből már következtetéseket is vonhatunk az egyes erdőgazdasági tényezőknek a műszaki tulajdonságokra gyakorolt mikénti befolyására.

Ahhoz azonban, hogy a vizsgálatok eredményeiből levonható következtetéseink, legalább a gyakorlati életet kielégítő mértékig kifogástalanok legyenek, több fontos körülményre kell ezeknek végrehajtásánál tekintettel lennünk. Így elsősorban a próbadarabok célszerű és helyes megválasztása, az erdőgazdasági tényezőknek tökéletes felvétele és annak a kérdésnek az eldöntése, hogy mennyiben alkalmasak az egyes vizsgálati eljárások által nyert eredmények céljainkra, azok a fontosabb körülmények, amelyeket megfontolás tárgyává kell tennünk.

A próbadarabok megválasztásánál arra kell törekednünk, hogy azok olyan egészséges törzsekből kerüljenek ki, amelyek a vizsgálat alá vont erdőrészt szerfatermelés szempontjából szóba jövő faállományának átlagát képviselik. Természetesen ezt a célt annál könnyebben elérjük és a nyert eredmények annál megfelelőbbek lesznek, minél több átlag törzset veszünk vizsgálat alá. A próbadarabok mikénti megválasztását illetően különben az anyagvizsgálók nemzetközi szövetségének 1906-ban hozott határozatai részletes előírásokat tartalmaznak. Az átlag törzsek helyes kijelölését illetően pedig az erdőbecslés nyújt kiváló útmutatást. Mindezek dacára itt egy részletkérdésre mégis ki kell terjeszkednem, mert ebben — úgy látom — a nemzetközi szövetség határozmányai nem fedik tökéletesen azokat a követelményeket, amelyeket a vizsgálatok eredményeinek az erdőgazdaság céljaira való felhasználása érdekében fel kell állítanunk. Az említett előírások szerint a próbadaraboknak a már kiválasztott átlagtörzsekből való kivágásánál úgy kell eljárunk, hogy utóbbiak ugyanolyan magasságban fekvő törzsrészekből kerüljenek ki. A törzsrészek magassági fekvését az előírások pontosan meghatározzák, még pedig kerek egész számú méterekben. Ha azonban megfontolás tárgyává tesszük azt a körülményt, hogy a famagasságra azonos kor és fafaj feltételezése mellett is nagy befolyással vannak az egyéb erdőgazdasági tényezők, akkor azt hiszem leghelyesebb volna a próbadarabok fekvését a famagasság százalékaiban megadni. Ebben az esetben ugyanis az összes próbák relatív értelemben azonos famagasságból származnának s így utóbbinak a műszaki tulajdonságokra való befolyásától eltekinthetünk. A próbadaraboknak a már kiválasztott törzsrészekből való mikénti kivágását és kialakítását illetően mindig a vizsgálat célját kell szem előtt tartanunk. A nemzetközi előírások ezeket is részletesen szabályozzák és épen ezért az összehasonlíthatás végetti egységesség kedvéért fontos dolog ezeknek a betartása. Ezzel nem akarom azt mondani, hogy mindig és minden tekintetben ragaszkodjunk a többé-kevésbé elavult előírásokhoz, csupán azt kívánom aláhúzottan hangsúlyozni, miszerint összehasonlításokat csak egységes alapon végrehajtott vizsgálatok eredményeivel végezhetünk. Épen ezért eltéréseket csak abban az esetben tehetünk, ha ennél is meg van az elméleti alap

és gyakorlati jelentőség mellett az összehasonlíthatás lehetősége. Nemkülönben fontos dolog az összehasonlítás szempontjából, hogy a vizsgálat alá vett próbadarabok víztartalmai a lehetőség határain belül azonosak legyenek.

Az erdőgazdasági tényezőknek tökéletes felvétele csak abban az esetben lehetséges, ha a vizsgálatot végző intézet a gyakorlati erdőgazdaság szakembereivel szoros kapcsolatban dolgozik. Természetesen azoknál a vizsgálatoknál, amelyek az ipar részére végeztenek, ez a lehetőség nem igen forog fenn, amennyiben az intézetek sokszor még a származási helyet illetően is tájékozatlanok s így akarva sem állana módjukban az egyéb erdőgazdasági tényezőknek a felvétele. — Épen ez az oka annak, hogy meglehetősen kevés azoknak a kísérleti eredményeknek a száma, amelyekre az erdőgazdaság céljait szolgáló összehasonlításoknál támaszkodhatunk.

Ami az egyes vizsgálati eljárásoknak az említett célra való alkalmasságát illeti, kétségtelenül megállapítható, hogy e téren is még igen sok a tennivaló. Épen ezért, ha a fa műszaki tulajdonságaira vonatkozó eredményeket az erdőgazdaság szolgálatába akarjuk állítani, akkor az ezek megállapítására szolgáló egyes vizsgálatoknál meglehetősen óvatossággal és megfontolással kell eljárunk. A tudományos kutatások eredményeinek kilengése — amint már említettem — sokszor vizsgálat-technikai okokra vezethető vissza s így ezeknek figyelmen kívül hagyása téves következtetésekre vezethetne. Nézzük tehát, melyek azok a fontosabb körülmények, amelyeket az egyes vizsgálatok által nyert eredmények megítélésénél szem előtt kell tartanunk. Vegyük ebből a szempontból a fa fontosabb műszaki tulajdonságainak megállapítására szolgáló eljárásokat egyenként tárgyalás alá. Ezek volnának: a fajsúly, a keménység, a hygroskoposság, a szilárdsági állandók, a technológiai tulajdonságok és a tartósság meghatározására szolgáló vizsgálatok.

A fajsúly megállapítására szolgáló eljárások jelentősége — eltekintve attól, hogy sokszor biztosítja a fának aránylag kis fajsúlya egyes célokra való használhatóságát — nem csekély, amennyiben a fajsúly, a keménység és a szilárdság között bizonyos összefüggés van s így alkalmas arra, hogy belőle az utóbb említett két igen fontos műszaki tulajdonságra következtessünk. Kétségtelen, hogy a fajsúly, továbbá keménység és szilárdság között fennálló függvénykapcsolat változik aszerint, amint a műszaki tulajdonságokra befolyással bíró tényezők különbözők. Ha az erdőgazdasági tényezőknek a fajsúlyra gyakorolt befolyására akarunk következtetni, akkor szükséges, hogy az egyéb tényezők meglehetősen azonosak legyenek. Mindenesetre a legfontosabb kérdés a vizsgálat alá vont próba víztartalma. Tekintettel arra, hogy a légszáradt fa fogalma meglehetősen

Sajtóhibák.

170. oldal 1. sorban legcélszerűbb helyett legcélszerűbb.

relatív, az egységesség kedvéért legcélszerűbb az abszolút száraz fa faj-súlyára vonatkozó adatoknak egymással való szembe állítása. A második fontos dolog, hogy csak azokat az adatokat állítsuk egymással szembe, amelyek a törzsben azonos helyzetű próbadarabok vizsgálatából származnak. A fajsúly megállapítására szolgáló eljárások egyszerűsége, a nyert eredmények pontossága meglehetősen alkalmassá teszik ezen vizsgálatok alapján nyert adatokat az erdőgazdasági tényezők mikénti befolyásának megítélésére.

A fának keménysége — bár a kereskedelmi életben egyik legfontosabb műszaki tulajdonságok egyike — az erdőgazdasági tényezők mikénti befolyásának megítélésére csak bizonyos korlátok között alkalmas. Ennek az oka két körülményben leli magyarázatát és pedig először abban, hogy a keménység meghatározására ma sincsen még egységesen elfogadott eljárás, ami az eredményeknek az említett szempontból való megítélését meglehetősen megnehezíti, másodsor pedig a vizsgálati eljárások nem tekinthetők olyan kifogástalanoknak, amelyek az összehasonlítást általános értelemben lehetővé teszik. A fa keménységének meghatározására szolgáló eljárások közül ma már úgyszólván csak kettőt alkalmaznak, nevezetesen a *Garry*-féle homokfuvó próbát és a favizsgálatok céljaira *Janka* által módosított *Brinell*-féle próbát. Előbbi meglehetősen költséges és körülményes, ezért utóbbi örvend a legnagyobb elterjedésnek. Ezt az eljárást egyes államokban a fa keménységének megállapítására szolgáló vizsgálatként elő is írták, azonban az anyagvizsgálók nemzetközi szövetsége által hozott határozatok közé nem vették fel. Legújabban a berlin-dahlemi állami anyagvizsgáló intézetben Prof. *Johs. Stahmer* végzett kísérleteket²⁾ annak megállapítására, hogy az említett vizsgálatnál nyert eredmények mennyire tekinthetők kifogástalanoknak. Eme kísérletei alapján arra a következtetésre jutott, hogy a keménységi szám — amely tudvalevőleg nem egyéb, mint a golyó benyomásához alkalmazott erő és a keletkezett benyomási felület hányadosa — úgy látszik bizonyos fafajoknál (valószínűleg az összes tűlevelűeknél) csak önkényes érték, mert ezeknél a keménységi szám a benyomási mélység függvénye, viszont más fafajoknál (valószínűleg az összes lombfáknál) a két mennyiség egymástól független. Az a körülmény különben, hogy a keménységi szám értéke, állandó nagyságú erőhatás mellett is változik a benyomás mélysége szerint, már *Janka* előtt is ismeretes volt, amennyiben — mint *Stahmer* közleményében említi — azt találta, hogy a fának az ellenállása kisebb lesz, ha $t > \frac{1}{4} R$ (t = a benyomás mélysége, R = a golyó sugara). Épen ezért a kb. 286 fafajjal végzett számtalan kísérleteit úgy hajtotta végre, hogy $t = R$.³⁾ A vizsgálatok végrehajtásának eme feltéte-

²⁾ Maschinenbau der Betrieb. Band VIII., Heft 7. Seite 215.

³⁾ *Janka*: Die Härte der Hölzer.

Sajtóhibák.

171. oldal 26. sor *méretű* helyett *előírt méretű*.

171. oldal 27. sor *célszerűbb* helyett *célszerűbb ezekből*.

lével természetesen ki volna küszöbölve a benyomás mélységének a keménységi szám értékére való befolyása, ha az említett két mennyiség közötti függvénykapcsolat az összes fafajoknál azonos volna. Prof. *Johs. Stahmer* kísérletei azonban azt igazolják, hogy míg egyes fafajoknál (valószínűleg tűlevelűek) a keménységi szám a $\frac{t}{R}$ viszonyszám növekedésével csökken, addig más fafajoknál (valószínűleg az összes lomblevelűeknél) állandó marad. Mindezeknek következtében a *Janka* által módosított *Brinell*-próbát az erdőgazdasági tényezőknek a fa műszaki minőségére gyakorolt befolyásának megítélésére csak bizonyos korlátok között célszerű alkalmazni. Nevezetesen csak egy és ugyanazon, vagy legalább is egymáshoz igen közel rokonfajoknál nyert vizsgálati eredményeket állítsunk egymással szembe, továbbá a keménységi számot ugyanannak a próbának több helyén célszerű megállapítani s ebből nyert átlagokkal dolgozni, végül nem elégedhetünk meg tisztán ennek a vizsgálatnak eredményeivel, hanem szükséges ezek s egyéb vizsgálatok adatai között való párhuzamvonás. Ez utóbbi annál könnyebb, amennyiben — mint *Janka* kimutatta — a fa keménysége és összenyomó szilárdsága között bizonyos kapcsolat áll fenn.

A fának a hygroszkoposságára szintén befolyással vannak egyes erdőgazdasági tényezők, mint pl. a vágatási kor, döntési idő stb., továbbá a feldolgozási mód. Eme vizsgálatok, bár meglehetősen időt és óvatos végrehajtást igényelnek, egyszerűségüknél fogva mégis igen alkalmasak arra, hogy a nyert eredmények szembeállításával az említett befolyást megítélhessük. Mint minden egyéb vizsgálatnál, itt is a lehetőségig való egységesítésre kell törekednünk az összehasonlíthatás végett. A vizsgálat természeténél fogva tökéletesen mindegy, hogy milyen méretű próbákat veszünk vizsgálat alá, mégis célszerűbb minél kisebb testeket kialakítani, mert így a méretek megállapítására pontosabb műszereket alkalmazhatunk és az esetleg fellépő repedések kisebbek lévén, kevésbé befolyásolják az eredményeket. Nagyon fontos, hogy ezeknél a vizsgálat egyes fázisait óvatos lépésekben vigyük előre, mert ellenkező esetben a fellépő nagyobb repedések már befolyásolnák az eredményeket, már pedig ezeknek visszamérése igen körülményes feladat volna.

A fa szilárdsági állandóinak meghatározására az anyagvizsgálók nemzetközi szövetsége az összenyomó-, húzó-, hajlító- és nyírószilárdsági vizsgálatokat írja elő. Ezeknél a vizsgálatoknál határt kell vonnunk azok között, amelyeknek a rendeltetése az egyes fafajok szilárdsági állandóinak meghatározása a technikai gyakorlat számára, továbbá azok között, amelyeknek rendeltetése az egyes erdőterületeken különböző erdőgazdasági viszonyok között termelt fa mechanikai tulajdonságainak megállapítása abból

Sajtóhibák.

172. oldal alulról a 10. sorban *csak* helyett *a fánál csak*.

172. oldal alulról a 2. sorban *kg/cm* helyett *kgcm*.

a célból, hogy a nyert eredményekből a különböző erdőgazdasági tényezőknek a fa műszaki minőségére gyakorolt befolyására következtessünk. Ugyanis a fának mechanikai vizsgálata ennek szövevényes szöveti szerkezete miatt nem könnyű feladat és ennek következtében a nyert eredmények megítélése meglehetősen megfontolást igényel.

Az első technikai nehézség, amivel a fa mechanikai tulajdonságainak vizsgálatánál találkozunk, hogy az anyagvizsgálógépek befogó szerkezetei nem mindig alkalmasak a terhelésnek a vizsgálat alá vont próbadarabbal való olyan közvetítésére, miszerint azok egyidőben csak egy egyszerű igénybevételnek legyenek kitéve. Ennek következtében azután a próbákban egyes szilárdsági vizsgálatoknál a nem kívánt igénybevételekből származó feszültségek is fellépnek, amelyek az eredményeket befolyásolják. Tekintettel arra, hogy ezeknek a fellépő mellékfeszültségeknek az eredményekre gyakorolt befolyása változó, az összehasonlítás nélkülözne az egységes alapot. — Így pl. a húzószilárdsági vizsgálatoknál csaknem lehetetlen a húzóerőnek a próbadarabbal való olyan közvetítése, hogy a támadási helyen nyírófeszültségek ne lépjenek fel. Tekintettel arra, hogy a legtöbb fafaj nyírószilárdsága lényegesen kisebb, mint a húzószilárdsága, igen természetes, hogy a fellépő nyírófeszültségek következtében, még jóval a törés előtt repedések keletkeznek, amelyek a vizsgálat eredményeit befolyásolják. Ez a vizsgálat tehát kifogástalanoknak tekinthető eredményeket csak akkor ad, ha a nyírószilárdság igen nagy, mint pl. az Eucalyptusoknál. A nyírószilárdsági vizsgálatoknál, bárminő körültekintéssel is hajtjuk végre a kísérleteket, alig kerülhető el a hajlításból származó feszültségek fellépése. A hajlítófeszültség okozta repedések aránylag kis nyírófeszültségek mellett fellépnek s így nem kis mértékben befolyásolják az eredményeket.

A második nehézség, amivel a fa mechanikai tulajdonságainak meghatározásánál találkozunk, hogy az isotrop anyagokra vonatkozó szilárdsági képletek, amelyeket a nyert vizsgálati adatok kiszámításánál alkalmaznunk kell, csak megközelítő eredményeket adnak. Az ennek következtében fellépő hiba nagysága változik a fa szöveti szerkezetének különbözősége szerint, minek folytán az egységes alapú összehasonlítás igen nehéz. Így pl. a hajlítószilárdsági vizsgálat útján nyert adatok feldolgozásánál ki kell számítanunk a hajlítófeszültséget az általánosan ismert *Nawier*-féle forma szerint, vagyis

$$\sigma_h = \frac{M \max}{W}$$

ahol σ_h = a hajlítófeszültség kg/cm^2

M_{\max} = a maximális hajlítónyomaték kg/cm .

W = az ellenállónyomaték cm^3 .

A nemzetközi előírások szerint a hajlítoszilárdsági vizsgálatokat négyzetes keresztmetszetű próbákön kell végrehajtani, még pedig úgy, hogy a két végén alátámasztott próbadarabokra a terhelő erő a középen hasson. Ennek következtében tehát

$$\sigma_h = \frac{P \cdot l}{4 W}$$

P = a terhelő erő kg-ban.

l = az alátámasztási köz cm-ben.

A fánál azonban a *Hooke*-féle törvény csak igen szűk határok között érvényes és így az ú. n. arányossági határ nem élesen megállapítható, továbbá a húzószilárdság csaknem általánosan mindig nagyobb, mint a nyomószilárdság. Ennek következtében a fenti képlettel kiszámított σ_h egy olyan elméleti kerületi feszültséget eredményez, amely a ténylegessel nem egyezik, hanem a hajlított próbadarab nyomott, illetőleg húzott oldalain fellépő szélső feszültségek értékei között fekszik. Több javaslatot tettek a fában keletkező hajlítófeszültség pontosabb meghatározására, azonban ezek közül eddig általános elfogadást egyik sem nyert. Mindezek dacára a hajlítoszilárdsági vizsgálatok mégis fontos eredményeket adnak a fa műszaki minőségének megítéléséhez. Itt azonban a fősúlyt inkább a rugalmas alakváltozás nagyságának megállapítására kell fordítanunk s az így nyert eredményeket állítani szembe egymással. Az összehasonlítás végett fontos, mint mindenütt, az egységesség s ebből a célból különös tekintettel kell lennünk arra, hogy csak u. a. feszültségek, támaszköz, keresztmetszeti magasság és terhelési irányra vonatkozó adatok kerüljenek egymással szembe.

Az erdőgazdasági tényezőknek a fa műszaki minőségére gyakorolt befolyásának megítélésénél igen fontosak azok az eredmények, amelyeket a nyomószilárdsági vizsgálatok szolgáltatnak. Ezeknek az eredményeknek az egymással való szembeállíthatása végett különös gondot kell fordítanunk az egységes végrehajtásra. Itt elsősorban az anyagvizsgálók nemzetközi szövetségének határozataiban foglalt általános előírások, mint pl. a próbadarab víztartalma, a befogás módja, a terhelés növelésének sebessége stb., betartása mellett különös tekintettel kell lennünk a próbadarabok alakjára, az ággöcsök kérdésére és a terhelés irányára. — A próbadarabok alakját illetőleg az anyagvizsgálók nemzetközi szövetsége a nyomószilárdság meghatározására a kockát, míg az ezzel a kísérlettel megállapítható egyéb szilárdsági tulajdonságok vizsgálatánál a négyzetes hasábot írja elő, mely utóbbinál $b : h = 1 : 3$ (b = a keresztmetszvény szélessége, h = a próbadarab magassága). Dacára ennek, ebben a kérdésben meglehetősen eltérők a vélemények, amennyiben

Bauschinger $b : h = 1 : 1.5$

Schüle és Janka $b : h = 2 : 1$

Sajtóhibák.

174. oldal 22. sorban 527 t helyett 527 at.

Lang $b : h = 1 : 2^4)$

arányt tartják a leghelyesebbnek. Az e téren lefolytatott kísérletek eddigi eredményei azt igazolják, hogy a h/b viszonyszám bizonyos korlátok közötti növekedésével a nyomószilárdság értéke csökken, ami természetes is, mert hiszen minél karcsúbb a próba, annál inkább kell számolnunk a visszaható szilárdság befolyásával. Annak a kérdésnek az eldöntésére, hogy az erdőgazdasági tényezőknek a fa műszaki minőségére gyakorolt befolyásának megítélésére melyik volna a legkedvezőbb szélesség-magassági arány, sajnos, elég kevés kísérleti adat áll rendelkezésre. Valószínűnek látszik azonban, hogy az eredmények a megítélhetés szempontjából annál kedvezőbbek, minél kisebb a h és b értékek közötti különbség, aminek különben az elméleti alapja is meg volna, ha a kihajlás kétségtelen befolyására gondolunk.

A második megfontolást érdemlő körülmény volna, hogy vajjon az említett célra szolgáló vizsgálatoknál tisztán ággöcsmentes próbadarabokat, vagy pedig olyanokat alkalmazzunk, amelyek az előbbieken körvonalazott elvek szerint megválasztott törzsrészekből épen kikerülnek. Kétségtelen tény, hogy az ággöcsök a vizsgálatok eredményeit nem kis mértékben befolyásolják. *Lang*⁵⁾ egyik vizsgálatánál azt találta, hogy a bükk nyomó szilárdsága ággöcsmentes próbánál 752 at. a bükk nyomó szilárdsága ággöcsöt tartalmazó próbánál 523 at. a lúcfenyő nyomó szilárdsága ággöcsmentes próbánál 370 ~ 527 t. a lúcfenyő nyomó szilárdsága ággöcsöt tartalmazó próbánál 257 ~ 484 at. Az említett próbadarabok víztartalma 11—12,3% közötti volt. Ebből a kiragadott néhány adatból is látható az ággöcsöknek a nyomó szilárdság nagyságára való nagymérvű befolyása. Ha mindezekhez még meggondoljuk, hogy az ággöcsök száma, ezeknek elhelyeződése, az egyes ággöcsök nagysága a feszültségek megoszlására mind befolyással bírnak, akkor kétségtelen, hogy a mi céljainkra csak göcsmentes próbadarabokat alkalmazhatunk az összehasonlítások megkönnyítése végett.

Tekintettel arra, hogy a fa szövevényes szöveti szerkezete miatt a különböző irányokban fellépő feszültségek igen eltérőek egymástól, természetes, hogy csak az azonos terhelési irány mellett nyert adatok állíthatók egymással szembe. Ezért rendkívül fontos arra ügyelnünk a próbadarabok kialakításánál, hogy ezeknek geometriai tengelye a rostokkal párhuzamos helyzetű legyen. Eme kérdés fontosságának kiemelése végett megemlítem *Föpl* adatait, amely szerint

$$\text{Lúcfenyőnél } \sigma' = \frac{1}{10} \sim \frac{1}{11} \sigma$$

^{4), 5)} *Lang*: Das Holz als Baustoff.

Sajtóhibák.

175. oldal 8. sorban vonatkozóan helyett vonatkozóak tehát.

$$\text{Tölgynél} \quad \sigma' = \frac{1}{3} \sigma$$

ahol σ' = a nyomó szilárdság a rostokra merőleges irányban,

σ = a nyomó szilárdság a rostokkal párhuzamos irányban.

A rostok és az ezekre merőleges irány között fekvő számtalan irányban a fellépő feszültségek tehát igen különbözők a kérdéses iránynak a rostokkal bezárt szögétől függően. Ennek következtében, ha a vizsgálat alá vett próbadaraboknál a rostok a geometriai tengellyel nem fekszenek párhuzamosan, akkor a nyert eredmények más irányra vonatkozóan már nem állíthatók egymással szembe.

A fa technológiai tulajdonságainak megállapítására szolgáló, nemzetközileg előírt vizsgálatként egyedül a hasítási próba tekinthető. Ennek a végrehajtásánál a méretek legmesszebbmenő pontosságig való betartására kell törekednünk, amennyiben a hasíthatóság csak azzal az erővel fejezhető ki, amelynél a próbadarab elhasad. Ennek következtében a különböző eredményeket csak akkor állíthatjuk egymással szembe, ha azok pontosan ugyanúgy kialakított próbákra vonatkoznak. Természetesen igen fontos volna, ha az erdőgazdasági tényezőknek a fa egyéb technológiai tulajdonságaira, mint pl. fűrészelhetőségre, gyalulhatóságra, marhatóságra, esztergályozhatóságra stb. gyakorolt befolyását is megállapíthatnánk. Eme tulajdonságok meghatározásának legbiztosabb módja volna a géppel való megmunkálás esetén a feldolgozás alatt elfogyasztott energiának a mérése s ebből, valamint az egyidejűleg feljegyzett idő és méret adatokból kiszámítani azt az ellenállást, amit a fa különböző famegmunkáló szerszámokkal szemben kifejt. Ezeknek a vizsgálatoknak meglehetősen költséges és időrabló mivolta miatt eme tulajdonságokat illetőleg jóformán csak a gyakorlati életből szerzett adatokra vagyunk utalva, amelyekből csak az egyes fafajoknak a különböző megmunkálásokkal szemben való viselkedését ítélni lehet meg, arra azonban kevésbé alkalmasak, hogy belőlük az egyes fafajokon belül a különböző erdőgazdasági tényezőknek a technológiai tulajdonságokra gyakorolt befolyására következtetéseket vonhassunk.

Nem kevésbé fontosak volnának a fa tartóságára vonatkozó vizsgálatok, azonban dacára az ez irányban történt lépéseknek, az eddig rendelkezésre álló kísérleti eredmények nem elégségesek ahhoz, hogy egy nemzetközileg elfogadott egységes eljárás felállítható legyen. A fának eme tulajdonságánál tehát inkább a tapasztalatra vagyunk utalva.

Míndezekből összefoglalásképpen megállapítható, hogy bár a fa mechanikai-technológiai vizsgálatainak terén még igen sok a tennivaló, mégis egyes eljárások célszerű végrehajtás esetén és bizonyos megfontolások mellett alkalmasak arra, hogy eredményeikből az erdőgazdasági tényezőknek a fa műszaki minőségére gyakorolt befolyását megítélhessük. Ezen célnak

elérése érdekében azonban csak olyan vizsgálati eredményekből szabad következtetést vonni, amelyeknél legalább is a gyakorlat igényeit kielégítő mértékig keresztül vihető a nyert adatoknak a nem erdőgazdasági tényezőktől való függetlenítése. Nemkülönben fontos volna a vizsgálati eljárások további tökéletesítése, valamint az egységesség még messzebbmenő kiépítése. Mindezeknek feltételezése esetén céljainkra kifogástalan eredményeket is csak abban az esetben nyerhetünk, ha a vizsgálatokat a legkülönbözőbb erdőgazdasági viszonyok között lévő faállományokra kiterjesztjük és ezek végrehajtását a gyakorlati erdőgazdasággal való legszorosabb együttműködésben eszközöljük, hogy mindazok az említett szempontok juszanak érvényre, amelyek az erdőgazdaságot legközelebről érdeklik.

Az ilyen elgondolással végrehajtott vizsgálatok eredményei olyan lesznek, amelyek elsősorban kitűnő irányt nyújtanak a fának a tulajdonosági által adott legmegfelelőbb felhasználására, de másrészt fontos útmutatással szolgálnak az erdőművelés terén való tennivalókra akkor, ha célnünk a minőségileg minél jobb s így kereskedelmileg minél értékesebb árú termelése. Összeredményében tehát ezeknek a vizsgálatoknak eredményeiből olyan következtetések vonhatók le, amelyek a nagyobb erdőgazdasági jövedelem elérését célzó törekvéseinket illetőleg megbecsülhetetlen irányelveket nyújtanak.

Irodalom — Literatur.

- Lang:* Das Holz als Baustoff.
Krais: Gewerbliche Materialkunde. I. Band.
Wawrziniok: Handbuch des Materialprüfungswesens.
Janka: Die Härte der Hölzer.
Rudeloff: Aufstellungen einheitlicher Verfahren für die Prüfung von Holz. „Mitteilungen“, 1907. I. S. 52.
Janka: Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs in Mariabrunn.
 Prof. *Stahmer:* Die Kugeldruck-Härteprüfung von Holz. Maschinenbau der Betrieb. Band VIII., Heft 7.
-

Kettősen tájékozott sokszögvonalak kiegyenlítése vektor-analitikus számításokkal.

Dr. Ing. *Ulbrich K.* (Wien) és *Sébor J.* (Sopron).

1. Bevezetés.

A matematika legújabb ága a vektoranalitika. Érdekes megjegyezni, hogy a vektoranalitika, a legutóbbi években megindult erős fejlődését nem annyira az elméleti matematikusoknak, mint inkább az elmélettel foglalkozó mérnököknek és fizikusoknak köszöni. Még az úgynevezett affinor- és tenzoranalitika is, amely pedig a vektoranalitikának teljesen elméleti továbbfejlesztése, szintén a matematikai fizikában érte el használatát és továbbfejlesztését.

Egy időszerű példa ezen érdekes tényre az, hogy *A. Einstein* relativitáselméletének matematikai levezetése, a matematika ezen modern ága a vektoranalitikának segítségével nélkül alig végezhető el.

A vektor egy definíció szerint nem más, mint a térnek egy függvénye, amely szerint a tér minden egyes pontjához egy skaláris érték és egy irányérték tartozik.

Úgy a felső-, mint az alsógeodéziában háromszög- és poligonoldalakkal dolgozunk, melyeknek hosszát vagy számítással, vagy közvetlen hossz-méréssel határozzuk meg, irányértékét pedig vagy azimutszögekkel, vagy pedig valamely tetszőlegesen felvett tengelyrendszerre vonatkozó csapásszögekkel mérjük.

Itt különösen az alsógeodéziában és bányaméréseknél előforduló sokszögvonalakra leszünk figyelemmel. Minden sokszögoldalnak határozott hossza (tehát skalárérték) és határozott iránya van, tehát mint vektor fogható fel. Nem lehet csodálkozni tehát azon, hogy a sokszögvonalak kiegyenlítésénél a *C. F. Gauss* és *Legendre* által levezetett klasszikus kiegyenlítési számítás mellett, a vektoriális kiegyenlítés is helyet kér.

A vektoriális kiegyenlítés mostanáig két, egymástól teljesen különböző módszer szerint fejlődött.

Az időrendszerben első, régebbi módszert *K. Friedrich*¹⁾ vezette le. Az ő módszere a komplex számokon nyugszik, amelyek tudvalevőleg a komplex számsíkban, mint vektorok, az úgynevezett *Gauss*-féle vektorok foghatók fel.

A második módszert *R. Schumann*²⁾ fejlesztette ki. Az ő eddig megjelent közleményeiben, egy — a modern vektorszámítás módszereit felhasználó — kiegyenlítési számítást vezetett le.

A múlt évben *F. Baeschlin*³⁾ tárgyalta ezen két módszert igen kimerítően, amely alkalommal arra is rámutatott, hogy ő hogyan képzei el ezen módszerek tökéletesbbitését.

Ki kell emelni a *R. Schumann*-féle vektoriális kiegyenlítési eljárás azon különös előnyét, hogy minden felállított vektoriális összefüggés invariáns a tengelyrendszertől. Vagyis a tengelyrendszer bármilyen eltolása vagy elforgatása után a végeredmények mindig ugyanazok maradnak. A vektorműveletek invariáns voltából származó ezen előny a *Gauss*-féle vektorok alkalmazásánál, a műveletek második fokán már elvész.

Végül még meg kell említeni *A. Basch*⁴⁾ egyik közleményét, amelyben reámutat arra, hogy egy megfigyelési hibákkal terhelt vektor hibás volta, egy tensor, az úgynevezett hibatenzor által felismerhető és geometriailag az úgynevezett közép hibahyperellipsoid által körülírható. Jelen közleményt különösen érintve, hozza *A. Basch*, egy megfigyelési hibákkal terhelt pontok által meghatározott sokszög vonal közép területhibájának vektoriális levezetését. Ezen vizsgálatok még nincsenek befejezve, azonban már most előre látható, hogy ezek teljesen új és érdekes eredményeket fognak adni.

2. Elméleti levezetés.

Ebben a fejezetben tárgyaljuk a sokszög vonalaknak vektoranalitikus kiegyenlítését *R. Schumann* módszere szerint, ezen módszer bizonyos mó-

¹⁾ *K. Friedrich*: Neue Grundlagen und Anwendungen der Vektorrechnung. München und Berlin, 1921.

²⁾ *R. Schumann*: a) Deutsche Zeitschrift für Vermessungswesen. 1926. Heft 20, 21, 23. Vektor-analytischer Ausgleich geschlossener geodätischer Figuren in der Ebene.

b) Deutsche Zeitschrift für Vermessungswesen. 1929. Heft 7. Ueber Gewichtsbestimmung und Fehler-Quadratsumme bei gemischten Messungen.

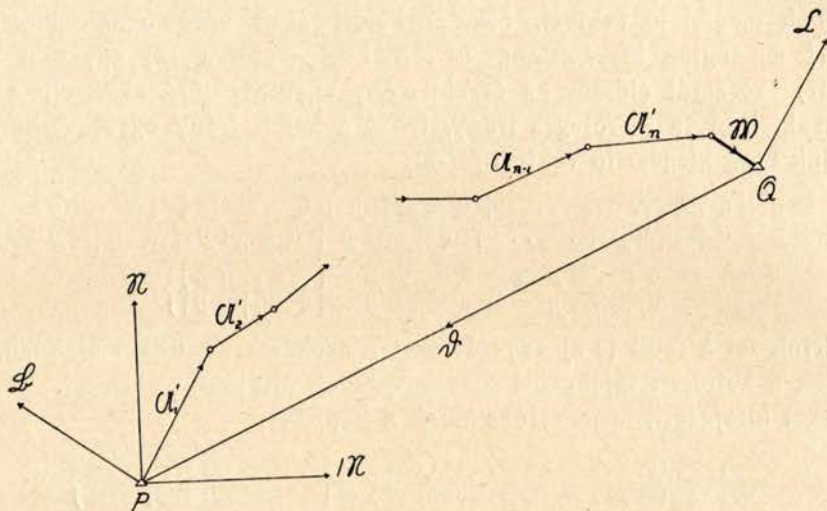
c) Mitteilungen aus dem Marscheidewesen. 1927. Beitrag zum vektorischen Ausgleich ebener geodätischer Netze bei Verschiedenheit der Gewichte für Strecken und Richtungen.

d) Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem. naturw. Klasse, Abteilung II. a. 136. Band, Heft 7. 1927. Ueber vektorischen Ausgleich geschlossener geodätischer Figuren in der Ebene im Falle beliebiger Gewichte für Strecken und Richtungen.

³⁾ *Baeschlin*: Schweizer. Z. f. Vermessungswesen und Kulturtechnik. 1918. Heft 6—9. Einführung in die Vektorrechnung und die vektorische Ausgleichung.

⁴⁾ *A. Basch*: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem. naturw. Klasse, Abt. II. a. 137. Band, Heft 8. 1928. Die Fehlertensoren und das Fehlerübertragungsgesetz, der vektoralgebraischen Elementaroperationen.

dosításával. A módosításoknak célja az, hogy egyrészt a számítás menete leegyszerűsödjék, másrészt, hogy a közönséges sokszögvonalak kiegyenlítésénél általánosan használt módszer számításához lehetőleg hozzásimuljon.



1 ábra

Vegyünk egy P és Q háromszögelési pontok között fekvő n oldalú sokszögvonalat, amely a P pontban a B háromszögelési ponthoz, a Q pontban pedig a C háromszögelési ponthoz van kapcsolva. Ha méréseinket matematikai pontossággal tudnánk elvégezni, úgy a következő feltételi egyenlet állana fent:

$$\mathfrak{A}_1 + \mathfrak{A}_2 + \dots + \mathfrak{A}_n + \mathfrak{D} = 0 \quad (1)^*$$

A mérésnél előforduló elkerülhetetlen megfigyelési hibák következtében azonban úgy szögzárlati, mint hosszará hibánk lesz. R. Schumann eljárása szerint a szögzárlati hibát tekintet nélkül a hosszakra kiegyenlítjük, tehát szögzárlatot létesítünk. Ugyanígy járunk el tudvalevőleg a közönséges gyakorlati kiegyenlítésnél. Ezután következik a záródás teljes helyreállítása a vektoriális eljárással, miközben — és ez igen lényeges ezen eljárásnál — a szögek még egyszerűen kiigazíthatnak. Mivel méréseink elkerülhetetlen megfigyelési hibákkal vannak terhelve, az 1. ábra szerint a következő egyenlet áll fent:

$$\mathfrak{A}'_1 + \mathfrak{A}'_2 + \dots + \mathfrak{A}'_n + \mathfrak{D} + \mathfrak{B} = 0 \quad (2)$$

*) A vektorértékeket gót betűkkel, a skalárértékeket latin betűkkel fogjuk jelölni. A mért, tehát hibás értékek felül vonással vannak megjelölve, a javított értékek vonás nélkül.

A belső (skalár) szorzatot jelöljük Schumann után $\mathfrak{C}\mathfrak{C}$ jellel.

[] jelenti Gauss után az egyes szorzatok összegét.

Ezen egyenletben \mathcal{U}'_i jelenti a mért oldalnak megfelelő vektort. \mathcal{D} a QP háromszögelési pontok által megadott vektor, amelyet nem kell kiigazítanunk, mivel egy magasabbrendű mérésnek az eredménye lévén, ezen számításoknál hibamentesnek vétetik fel; és végül \mathcal{W} jelenti a záróhibavonalnak megfelelő vektort. Mindenekelőtt ezen záróhibának megfelelő vektort \mathcal{W} fogjuk kiszámítani. E célból képezzük a (2) egyenlet belső (skalár) szorzatát először az északi irány egységvektorával \mathcal{N} -el, azután az északi irányra merőleges irány, tehát a keleti irány egységvektorával. Jelöljük ezen kiegészítő vektort $|\mathcal{N}$ -el:

$$\left. \begin{aligned} (\mathcal{U}'_1, \mathcal{N}) + (\mathcal{U}'_2, \mathcal{N}) + \dots + (\mathcal{U}'_n, \mathcal{N}) + (\mathcal{D}, \mathcal{N}) + (\mathcal{W}, \mathcal{N}) &= 0 \\ (\mathcal{U}'_1, |\mathcal{N}) + (\mathcal{U}'_2, |\mathcal{N}) + \dots + (\mathcal{U}'_n, |\mathcal{N}) + (\mathcal{D}, |\mathcal{N}) + (\mathcal{W}, |\mathcal{N}) &= 0 \end{aligned} \right\} (3)$$

$$\left. \begin{aligned} (\mathcal{W}, \mathcal{N}) &= -(\mathcal{D}, \mathcal{N}) - [(\mathcal{U}'_i, \mathcal{N})] \\ (\mathcal{W}, |\mathcal{N}) &= -(\mathcal{D}, |\mathcal{N}) - [(\mathcal{U}'_i, |\mathcal{N})] \end{aligned} \right\} (3a)$$

Írjuk fel a fenti (3 a) egyenleteket a szokásos analitikai alakban, úgy nyerjük a kettősen tájékozott sokszögvonalak általánosan ismert, összrendezővel kifejezett, hossz-záróhibáinak a képletét:

$$\left. \begin{aligned} W \cdot \cos(\mathcal{N} \mathcal{W}) &= -D \cdot \cos(\mathcal{N} \mathcal{D}) - [A'_i \cos(\mathcal{N} \mathcal{U}'_i)] = f_x \\ W \cdot \sin(\mathcal{N} \mathcal{W}) &= -D \cdot \sin(\mathcal{N} \mathcal{D}) - [A'_i \sin(\mathcal{N} \mathcal{U}'_i)] = f_y \end{aligned} \right\} I.$$

Ha az I. alatti egyenleteket osztjuk egymással, úgy nyerjük a záróhiba vektorának irányát tangensfüggvénnyel kifejezve, tehát az irányértékét; és ha a két egyenlet négyzeteinek összegéből gyököt vonunk, nyerjük a záróhiba hosszát számértékben (skaláris) kifejezve, amit az alsógeodéziában általában lineáris záróhibának nevezünk:

$$\operatorname{tg}(\mathcal{N} \mathcal{W}) = \frac{f_y}{f_x} \quad II.$$

$$W = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad III.$$

Fenti II. és III. egyenletekkel a záróhiba vektora számértékekkel adva van és most már elvégezhető ezen értékeknek a mért értékekre való elosztása.

Attérhetünk tehát a sokszögvonal vektoriális kiegyenlítésére. Amint a klasszikus kiegyenlítési eljárásnál az az elsőrendű főkövetelmény, hogy a javítások négyzeteinek összege egy minimum legyen, úgy a vektoriális kiegyenlítésnél ez a követelmény szintén fent kell hogy álljon. Itt a belső (skaláris) négyzetösszegnek kell minimumnak lennie. A külső (vektoriális) négyzetösszeg, amint tudjuk, egyenlő nullával, mert a közbezárt szög egyenlő nullával, tehát a parallel vektorok külső (vektoriális) szorzata egyenlő nullával.

A kiegyenlített vagy javított vektor egyenlő: a mért vektor, hozzáadva egy kis javítási értéket, amely javítási érték, egyenlő súlyokat feltételezve, egy bizonyos hányada a záróhibavektornak:

A hosszváltozás és irányváltozás súlyára g_i^2 és p_i^2 -re nézve a következőket kell megjegyeznünk. A sokszögvonalak oldalhosszmérésének középhibáját írhatjuk a következő alakban $m_A = c\sqrt{A}$. A g_i^2 súly tehát fordítottan aránylik az A értékéhez.

Egy sokszögvonal szögméréseinek középhibáit minden további nélkül egyenlőknek vehetjük. Jelöljük m_ω -val. Az irányváltozás ívértéke tehát lineárisan nő az A_i oldalhosszal. A súly p_i^2 tehát fordítottan aránylik az A_i^2 értékhez. A g_i^2 és p_i^2 közötti összefüggést könnyen felállíthatjuk, ha a fenti eredményeket összefoglaljuk. Tehát g_i^2 törve p_i^2 -el egyenesen arányos az A_i értékkel. Ugyanezt az eredményt kapjuk akkor, ha mi az alábbi *R. Schumann* (lásd (2 b) alatt) által levezetett képletbe m_ω és m_s értékeit behelyettesítjük:

$$\frac{g_i^2}{p_i^2} = \frac{A_i^2 \cdot m_\omega^2}{m_s^2} \quad (9)$$

A javítási vektorok belső (skaláris) négyzetösszege tehát végérvényesen a következő lesz:

$$[(g_i \cdot dA'_i \cdot \overline{\mathcal{W}}'_i + p_i \cdot a'_i \cdot |\mathcal{W}'_i, g_i \cdot dA'_i \cdot \overline{\mathcal{W}}'_i + p_i \cdot a'_i \cdot |\mathcal{W}'_i)] = \text{Min.} \quad (10)$$

Amint látjuk, egy feltételes minimummal van dolgunk, ugyanis a javításoknak az (5) alatti feltételi egyenletet ki kell elégíteniök és a javítások négyzetei összegének, a (10) egyenlet szerint egy minimumnak kell lennie. Ezután épen úgy, mint a klasszikus eljárásnál felállítjuk a továbbfejlesztett minimum feltételt. Ez vektoriális alakban a következő lesz:

$$[(g_i \cdot dA'_i \cdot \overline{\mathcal{W}}'_i + p_i \cdot a'_i \cdot |\mathcal{W}'_i, g_i \cdot dA'_i \cdot \overline{\mathcal{W}}'_i + p_i \cdot a'_i \cdot |\mathcal{W}'_i)] - 2([d\mathcal{W}'_i] - \mathfrak{B}, \mathfrak{E}) = \text{Min.} \quad (11)$$

Ezen képletben \mathfrak{E} a korrelátavektort jelenti.

Mivel dA'_i , a'_i és \mathfrak{E} , tehát összesen $2n + 1$ ismeretlenünk van, a $2n + 1$ normálegyenlet általános alakját a következőképen írhatjuk fel:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\delta \text{Min}}{\delta dA'_i} &= 0 & n \text{ egyenlet} \\ \frac{\delta \text{Min}}{\delta a'_i} &= 0 & n \text{ egyenlet} \\ \frac{\delta \text{Min}}{\delta \mathfrak{E}} &= 0 & 1 \text{ egyenlet} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Ha az itt kijelölt differenciálásokat elvégezzük, úgy kapjuk a következő $2n + 1$ normálegyenletet:

Differenciálva dA'_i szerint lesz:

$$[(g_i \cdot \overline{\mathcal{W}}'_i, g_i \cdot dA'_i \cdot \overline{\mathcal{W}}'_i + p_i \cdot a'_i \cdot |\mathcal{W}'_i)] - (\overline{\mathcal{W}}', \mathfrak{E}) = 0 \quad (13)$$

Differenciálva $a'_i = A'_i \cdot |d\overline{\mathfrak{M}}'_i|$ szerint lesz:

$$(\langle p_i \cdot \mathfrak{M}'_i, g_i \cdot dA'_i \cdot \overline{\mathfrak{M}}'_i + p_i \cdot a'_i \cdot \mathfrak{M}'_i \rangle - \langle \mathfrak{M}'_i, \mathfrak{L} \rangle) = 0 \quad (14)$$

Differenciálva \mathfrak{L} szerint lesz:

$$[d\mathfrak{M}'_i] - \mathfrak{B} = [dA'_i \cdot \overline{\mathfrak{M}}'_i + a'_i \cdot \mathfrak{M}'_i] - \mathfrak{B} = 0 \quad (15)$$

A (13) és (14) egyenleteket a rendes analitikai alakra hozva, lesz:

$$\left. \begin{aligned} dA'_i &= \frac{1}{g_i^2} L \cdot \cos(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{L}) \\ a'_i &= \frac{1}{p_i^2} L \cdot \sin(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{L}) \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Ha a fenti értékeket a (15) egyenletbe behelyettesítjük, lesz:

$$\left[\frac{1}{g_i^2} L \cdot \cos(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{L}) \overline{\mathfrak{M}}'_i + \frac{1}{p_i^2} L \cdot \sin(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{L}) \cdot \mathfrak{M}'_i \right] - W \cdot \overline{\mathfrak{B}} = 0 \quad (17)$$

Képezzük ezen egyenlet belső (skaláris) szorzatát:

a) $|\overline{\mathfrak{B}}$ -vel

b) $\overline{\mathfrak{B}}$ -vel úgy lesz:

ad a)
$$\left[\frac{1}{g_i^2} L \cdot \cos(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{L}) \langle \mathfrak{M}'_i, |\overline{\mathfrak{B}} \rangle + \frac{1}{p_i^2} L \cdot \sin(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{L}) \cdot \langle \mathfrak{M}'_i, |\overline{\mathfrak{B}} \rangle \right] - W \langle \overline{\mathfrak{B}}, |\overline{\mathfrak{B}} \rangle = 0 \quad (18)$$

$$\left[-\frac{1}{g_i^2} L \cdot \cos(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{L}) \sin(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B}) + \frac{1}{p_i^2} L \cdot \sin(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{L}) \cos(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B}) \right] = 0 \quad (19)$$

$$\rightarrow (\mathfrak{M}'_i \mathfrak{L}) = \rightarrow (\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B}) + \rightarrow (\mathfrak{B} \mathfrak{L}) \quad (20)$$

$\rightarrow (\mathfrak{B} \mathfrak{L})$ állandó érték minden vektornál.

$$\left[-\frac{1}{g_i^2} L \left\{ \cos(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B}) \cdot \cos(\mathfrak{B} \mathfrak{L}) - \sin(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B}) \cdot \sin(\mathfrak{B} \mathfrak{L}) \right\} \cdot \sin(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B}) + \right. \\ \left. + \frac{1}{p_i^2} L \left\{ \sin(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B}) \cdot \cos(\mathfrak{B} \mathfrak{L}) + \cos(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B}) \cdot \sin(\mathfrak{B} \mathfrak{L}) \right\} \cdot \cos(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B}) \right] = 0 \quad (21)$$

$$-L \left[\frac{\sin(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B}) \cdot \cos(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B})}{g_i^2} \right] \cdot \cos(\mathfrak{B} \mathfrak{L}) + L \left[\frac{\sin^2(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B})}{g_i^2} \right] \sin(\mathfrak{B} \mathfrak{L}) + \\ + L \left[\frac{\sin(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B}) \cdot \cos(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B})}{p_i^2} \right] \cdot \cos(\mathfrak{B} \mathfrak{L}) + L \left[\frac{\cos^2(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B})}{p_i^2} \right] \sin(\mathfrak{B} \mathfrak{L}) = 0 \quad (22)$$

$$\sin(\mathfrak{B} \mathfrak{L}) \left[\frac{1}{p_i^2} + \left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2} \right) \sin^2(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B}) \right] - \cos(\mathfrak{B} \mathfrak{L}) \left[\left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2} \right) \cdot \right. \\ \left. \cdot \sin(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B}) \cos(\mathfrak{M}'_i \mathfrak{B}) \right] = 0 \quad (23)$$

$$\operatorname{tg}(\mathfrak{B}\mathfrak{L}) = \frac{\left[\left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2} \right) \sin(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) \cdot \cos(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) \right]}{\left[\frac{1}{p_i^2} + \left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2} \right) \sin^2(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) \right]} \quad \text{IV.}$$

Tegyük fel, hogy $g_i^2 = p_i^2 = 1$, vagyis, hogy az összes súlyok egyenlőek, akkor a IV. egyenletből lesz:

$$[1]_i \cdot \operatorname{tg}(\mathfrak{B}\mathfrak{L}) = 0 \quad (24)$$

$$\nrightarrow (\mathfrak{B}\mathfrak{L}) = 0^\circ \quad (25)$$

Ebben az esetben tehát a hibavektor és a korrelatavektor egymással **parallelek**:

$$\text{ad b) } \left[\frac{1}{g_i^2} L \cdot \cos(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{L}) (\overline{\mathfrak{A}'_i}, \overline{\mathfrak{B}}) + \frac{1}{p_i^2} L \sin(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{L}) (\overline{\mathfrak{A}'_i}, \overline{\mathfrak{B}}) \right] - W (\overline{\mathfrak{B}}, \overline{\mathfrak{B}}) = 0 \quad (26)$$

$$\left[\frac{1}{g_i^2} L \cdot \cos(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{L}) \cos(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) + \frac{1}{p_i^2} L \sin(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{L}) \sin(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) \right] - W = 0 \quad (27)$$

$$\left[\frac{1}{g_i^2} L \left\{ \cos(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) \cdot \cos(\mathfrak{B}\mathfrak{L}) - \sin(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) \sin(\mathfrak{B}\mathfrak{L}) \right\} \cos(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) + \frac{1}{p_i^2} L \left\{ \sin(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) \cdot \cos(\mathfrak{B}\mathfrak{L}) + \cos(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) \sin(\mathfrak{B}\mathfrak{L}) \right\} \sin(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) \right] = W \quad (28)$$

$$L \cdot \left[\frac{\cos^2(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B})}{g_i^2} \right] \cdot \cos(\mathfrak{B}\mathfrak{L}) - L \left[\frac{\sin(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) \cdot \cos(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B})}{g_i^2} \right] \sin(\mathfrak{B}\mathfrak{L}) + L \left[\frac{\sin^2(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B})}{p_i^2} \right] \cdot \cos(\mathfrak{B}\mathfrak{L}) + L \left[\frac{\sin(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) \cdot \cos(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B})}{p_i^2} \right] \cdot \sin(\mathfrak{B}\mathfrak{L}) = W \quad (29)$$

$$L =$$

$$W$$

$$\frac{\left[\frac{1}{p_i^2} + \left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2} \right) \cdot \cos^2(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) \right] \cdot \cos(\mathfrak{B}\mathfrak{L}) - \left[\left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2} \right) \cdot \sin(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) \cdot \cos(\mathfrak{A}'_i \mathfrak{B}) \right] \sin(\mathfrak{B}\mathfrak{L})}{V.}$$

Vegyük fel itt is, hogy $g_i^2 = p_i^2 = 1$, akkor az V. egyenlet a következő alakra egyszerűsödik:

$$L = \frac{W}{[1] \cos(\mathfrak{B}\mathfrak{L})} \quad (30)$$

$$L = \frac{W}{n} \quad (31)$$

Amint látjuk, ebben az érdekes esetben a hibavektor egyenlő mértékben osztatik fel a sokszögoldalakra. Ebből is látjuk azt, hogy mennyire indokolt az, amire minden tankönyv tanít, tudniillik, hogy arra kell törekednünk, hogy amennyire lehetséges a sokszögvonalakban az oldalak lehetőleg egyenlő hosszúak legyenek. Ebben az esetben, a gyakorlatban leg-

inkább követett közelítő eljárással nyert eredmények, a szigorú eljárás eredményeivel majdnem megegyeznek.

Ha már most a korrelatavektornak \mathcal{Q} -nek hossz- és irányértéke ismeretes, a (16) képlet segítségével számítható minden egyes oldal hosszváltozása (tehát hosszjavítási értéke) a dA'_i és az irányváltozása (tehát az irányjavítás értéke) $|d\mathcal{A}'_i|$ ívmértékben.

$$dA'_i = \frac{1}{g_i^2} L \cdot \cos(\mathcal{A}'_i \mathcal{Q}) \quad \text{VI.}$$

$$|d\mathcal{A}'_i| = \frac{1}{p_i^2} \cdot \frac{L \cdot \sin(\mathcal{A}'_i \mathcal{Q})}{A'_i} \quad \text{VII.}$$

Ezzel a tulajdonképeni vektoranalitikus kiegyenlítés be is fejeződött.

Az f_x , f_y és \mathcal{Q} nyert értékeire nézve a számítás menetének ellenőrzéséül képezzük a (17) egyenletnek belső (skaláris) szorzatát:

a) $|\mathcal{N}$ el

b) \mathcal{N} -el

Hasonló átalakításokat végezve, mint a korrelatavektor számításánál, az alábbi eredményeket nyerjük:

ad a)

$$\left[\frac{1}{g_i^2} L \cos(\mathcal{A}'_i \mathcal{Q}) (\mathcal{N}, \overline{\mathcal{A}'_i}) + \frac{1}{p_i^2} L \sin(\mathcal{A}'_i \mathcal{Q}) (\mathcal{N}, |\mathcal{A}'_i|) \right] - W (\mathcal{N}, \overline{\mathcal{B}}) = 0 \quad (32)$$

$$\left[\frac{1}{g_i^2} L \cos(\mathcal{A}'_i \mathcal{Q}) \sin(\mathcal{N} \mathcal{A}'_i) + \frac{1}{p_i^2} L \sin(\mathcal{A}'_i \mathcal{Q}) \cdot \cos(\mathcal{N} \mathcal{A}'_i) \right] - \underbrace{W \sin(\mathcal{N} \mathcal{B})}_{= f_y} = 0 \quad (33)$$

$$L \left[\left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2} \right) \sin(\mathcal{N} \mathcal{A}'_i) \cdot \cos(\mathcal{N} \mathcal{A}'_i) \right] \cdot \cos(\mathcal{N} \mathcal{Q}) + \\ + L \left[\frac{1}{p_i^2} + \left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2} \right) \cdot \sin^2(\mathcal{N} \mathcal{A}'_i) \right] \sin(\mathcal{N} \mathcal{Q}) = f_y \quad \text{VIII.}$$

ad b)

$$\left[\frac{1}{g_i^2} L \cos(\mathcal{A}'_i \mathcal{Q}) (\mathcal{N}, \overline{\mathcal{A}'_i}) + \frac{1}{p_i^2} L \sin(\mathcal{A}'_i \mathcal{Q}) (\mathcal{N}, |\mathcal{A}'_i|) \right] - W (\mathcal{N}, \overline{\mathcal{B}}) = 0 \quad (34)$$

$$\left[\frac{1}{g_i^2} L \cos(\mathcal{A}'_i \mathcal{Q}) \cdot \cos(\mathcal{N} \mathcal{A}'_i) + \frac{1}{p_i^2} L \sin(\mathcal{A}'_i \mathcal{Q}) \sin(\mathcal{N} \mathcal{A}'_i) \right] - \underbrace{W \cdot \cos(\mathcal{N} \mathcal{B})}_{= f_x} = 0 \quad (35)$$

$$L \left[\left(\frac{1}{g_i^2} + \frac{1}{p_i^2} \right) \cdot \sin(\mathcal{N} \mathcal{A}'_i) \cos(\mathcal{N} \mathcal{A}'_i) \right] \cdot \sin(\mathcal{N} \mathcal{Q}) + \\ + L \left[-\frac{1}{p_i^2} + \left(\frac{1}{g_i^2} + \frac{1}{p_i^2} \right) \cos^2(\mathcal{N} \mathcal{A}'_i) \right] \cdot \cos(\mathcal{N} \mathcal{Q}) = f_x \quad \text{IX.}$$

Egy igen szép és az egész számításra kiterjedő ellenőrzést kapunk, ha a (13) egyenletet dA'_1, dA'_2, \dots és a (14) egyenletet a'_1, a'_2, \dots -el megszorozzuk és az így nyert egyenleteket összegezzük:

$$[g_1^2 (dA'_1)^2] - ([dA'_1 \mathfrak{A}'_1], \mathfrak{L}) = 0 \quad (36)$$

$$[p_1^2 (a'_1)^2] - ([a'_1, \mathfrak{A}'_1], \mathfrak{L}) = 0 \quad (37)$$

$$[g_1^2 (dA'_1)^2 + p_1^2 (a'_1)^2] = ([\mathfrak{B}, \mathfrak{L}]) \quad X.$$

3. Közelítő számítás vektoranalitikus módszerrel.

Érdekes lesz összehasonlítani a sokszögvonalaknak a gyakorlatban szokásos közelítő kiigazítását a vektoranalitikus eljárással.

A gyakorlati kiigazítási eljárásnál a g_1^2 és p_1^2 súlyokra nézve általánosságban a következő feltételt vesszük fel:

$$g_1^2 = p_1^2 \quad (38)$$

$$g_1^2 = \frac{1}{A_1} \quad (39)$$

A második feltétel teljesen helyes, tehát ennél nincsen közelítésről szó. Az első feltételnél azonban közelítéssel van dolgunk. Elméletileg teljesen helyes lenne, ha — amint ezt az előzőekben levezettük — a p_1^2 -t arányosnak vennénk $\frac{1}{A_1^2}$ -el. A gyakorlati kiegyenlítésnél tehát az irányváltások súlya, amely tulajdonképpen legnagyobb részét a szögmérési hibákból származik, meg lesz változtatva.

Szerencsére azonban a sokszögvonalak mérésénél sokkal nagyobb a befolyásuk az oldalmérési hibáknak, mint a szögmérési hibáknak. Legjobban bizonyítja ezt az, hogy amint tudvalevő dolog, a hibavektor (a lineáris záróhiba) legnagyobb részét a sokszögvonala általános irányába esik.

Ha a (38) alatti egyenletet a IV. alattiba behelyettesítjük, lesz:

$$\mathfrak{B} \parallel \mathfrak{L} \quad IV'$$

Ha a fenti súlyokat az V. alatti egyenletbe behelyettesítjük, akkor lesz:

$$L = \frac{W}{\left[\frac{1}{p_1^2} \right]} \quad (40)$$

$$L = \frac{W}{[A'_1]} \quad V'$$

A (16) alatti egyenletszerint most már számíthatók az oldal- és irányváltások, tehát a javítások értéke:

$$dA'_1 = \frac{A'_1}{[A'_1]} \cdot W \cdot \cos(\mathfrak{A}'_1 \mathfrak{L}) \quad VI'$$

$$a'_1 = \frac{A'_1}{[A'_1]} \cdot W \cdot \sin(\mathfrak{A}'_1 \mathfrak{L}) \quad VII'$$

példát dolgozta ki *Eggert*⁶⁾ egy részben számítási, részben grafikus eljárással és *Friedrich*, a *Gauss*-féle vektorok segítségével. (1)

A számításokat számológéppel végeztük és könnyebb áttekinthetőséget táblázatokba foglaltuk.

Az első táblázatban vannak a mért értékek, itt képeztük az első szög-zárlatot és az így nyert szögek segítségével képeztük az oldalak csapás-szögét. Számítottuk továbbá az 1,9 pontok közötti összekötővonal, a hibamentesnek felvett vektor csapásszögét.

1. táblázat.

A második táblázatban, az úgynevezett szögek táblázatában, azon vektorok közötti szögek vannak kiszámítva, melyekre a számításhoz szükség van.

2. táblázat.

A harmadik táblázatban az I., II. és III. képletekkel kiszámítottuk a hibavektor értékeit.

3. táblázat.

A súlyok kiszámításához a *Jordán* által adott szög és hosszmerési középhibákat vettük alapul. A hosszmerésre $\pm m_{A_i} = \pm c \cdot \sqrt{A'_i} =$

$\pm 0.015 \sqrt{A'_i}$ tehát $\frac{1}{g_i^2} = c^2 \cdot A'_i$. A szögmérés középhibája *Jordán* szerint:

$\pm m_{\omega} = \pm 0.5'$. Ebből számítjuk az irányváltozás középhibáját;

$\pm m_{\omega} = \pm \sqrt{m_r^2 + m_r'^2} = \pm m_r \sqrt{2}$ és $\pm m_r = \pm \frac{m_{\omega}}{\sqrt{2}} = \pm 21''$.

Az irányváltozások súlyát a (9) képlettel számítjuk. A számítás eredményét a 4. táblázat adja.

4. táblázat.

Az ötödik táblázatban kiszámítottuk a IV. és V. képletek szerint a korrelátavektor értékeit.

5. táblázat.

Az eddigi számításainkat ellenőrizzük a VIII. és IX. képletek alkalmazásával.

6. táblázat.

Ezek után áttérhetünk úgy a hossz-, mint az irányjavítások számítására a VI., illetőleg VII. képletek szerint.

7. táblázat.

A javítások számításának kontrollálására a X. képlet szerinti ellenőrző számításokat végezzük el.

8. táblázat.

⁶⁾ O. *Eggert*: Zeitschrift für Vermessungswesen, 1928. Heft 21. Die Ausgleichung von Polygonzügen nach der Methode der kleinsten Quadrate.

Végül áttérhetünk úgy az irányértékek, mint a hosszértékek javítására. Ezen javított értékekkel számítjuk az összrendezők valószínű leghelyesebb értékét.

Hogy az eredményeket összehasonlíthassuk a vektoriális közelítő eljárással és az általános gyakorlati eljárásnál kapott eredményekkel, kiszámítottuk még a javított közbezártszögeket, a közbezártszögek javítási értékét és az összrendezők javítását.

9. táblázat.

Elvégeztük ugyanezen példa számításait a vektoriális közelítő eljárással az V', VI', VII' és X' képletek szerint.

10. és 11. táblázat.

A 12. táblázat adja az általánosan követett gyakorlati eljárás számításának az eredményét. Hozzuk azért, hogy összehasonlításokat végezhessünk.

12. táblázat.

Végül a 13. táblázatban összefoglaltuk a *Jordán*, *Eggert* és a vektor-analitikus eljárással nyert eredményeket és a vektoriális közelítő és az általános gyakorlati eljárással nyert eredményeket.

13. táblázat.

5. Összefoglalás.

Ha összehasonlítjuk a szigorú vektor-analitikus kiegyenlítési számításokat a klasszikus eljárással, úgy látjuk, hogy amíg a klasszikus eljárásnál három korrelátánk van, tehát három normálegyenlettel kell dolgoznunk, addig a vektor-analitikus eljárásnál csak egy korrelátánk, tehát csak egy egyenletünk van. Elvitathatatlan tény, hogy ez a számítások menetét nagyon megrövidíti, könnyen áttekinthetővé teszi, egyszerűen leegyszerűsíti. A tulajdonképeni kiegyenlítési számítás rövid, csak a kontrollszámítások hosszabbítják meg, amire azonban a számítások ellenőrzése végett szükség van, ami különben a klasszikus eljárásnál is megvan. A feldolgozott példából látható, hogy a vektor-analitikus kiegyenlítési számítás gyakorlatilag is jól használható, mert hisz az összes számítások számológéppel végezhetők és könnyen áttekinthető táblázatokba foglalhatók.

Ha az eredményeket összehasonlítjuk a *Jordán* által számított eredményekkel, úgy látjuk, hogy az irányértékeknél 1—2 másodperc eltérés van, ami a sokszögvonálnál teljesen jelentéktelen. A javított szögeknél, ami nagyon természetes, az irányértékeknek megfelelő eltérés látható. Ami az oldalhosszakat illeti, mind a két eljárás ugyanazt az eredményt adja, mindössze a két leghosszabb oldalnál van 1—1 cm. eltérés. Az összrendezők közül kettőnél van 1—1 cm. eltérés, aminek oka az elkerülhetetlen kikerekítési hibákban keresendő. Megjegyezzük, hogy az *Eggert* számításá-

val szemben a 8. pont x -énél 3 cm. eltérés van, aminek az oka az, hogy *Eggert* számításaiban az $f_x = 42$ cm., holott helyesen számítva $f_x = 40$ cm.

Ami a közelítő és a gyakorlati eljárásnál nyert eredményeket illeti, azok — amint a közölt táblázatból láthatók — a szigorú eljárással lehozott eredményeket jól megközelítik, hisz az összerendezőkben legfeljebb 4—5 cm.-es eltérések mutatkoznak. Ezen eltérések — amint azt már az előzőkben is említettük — onnan származnak, hogy a hosszmerések és a hozzájuk tartozó irányváltozások súlyát egyenlőknek vettük fel, tehát a kiigazítás, egyenlő súlyokat feltételezve, az elméletnek teljesen megfelel.

Ezen eltérések külsőségek felvételénél megengedhetők, tehát teljesen indokolt, hogy ilyen sokszögvonalaknál a sok munkával járó szigorú kiigazítás helyett ezen gyakorlati módszert használjuk. Belsőégeknél, városmeréseknél és bányameréseknél azonban, ahol a lehető legnagyobb pontosságot kell megkívánnunk, a számítás egyszerű menete miatt a szigorú vektoranalitikus kiegyenlítés ajánlatos, annál is inkább, mert hisz a szögmerések és az oldalmérések súlya külön lesz a számításokba bevonva és pedig — ami igen lényeges — a gyakorlati mérésnek és az elméletnek megfelelően.

Hivatkozva *Schumann* közleményeire és az ezen közleményben lévő számítások eredményeire, rá kell mutatnunk arra, hogy a vektoranalitikus számítás milyen nagy előnyöket biztosít a geodéziai számításoknál, annál is inkább, mert nemcsak alakilag, hanem a számítás menetére nézve is felveszi a versenyt az eddigi számítási módszerekkel; alakilag pedig előnye, hogy a számítás menete geometriailag könnyebben értelmezhető. Minden bizonnyal kívánatos tehát, hogy a vektoranalitikus számítási módszer a geodéziában használatos legyen.

1. táblázat.

Tabelle 1.

Pont Punkt	Közbezárt szög Brechungswinkel			Csapás-szög Richtungswinkel			Oldalhossz Strecke m.
	o	'	"	o	'	"	
C							
1	16	08	+17 14	5	44	39	
2	261	52	+17 20	201	53	10	159·60
3	196	47	+17 10	288	45	47	135·72
4	189	14	+17 00	300	33	14	66·45
5	98	05	+17 00	309	47	31	117·33
6	251	01	+17 40	227	52	48	253·83
7	74	36	+17 35	298	54	45	131·13
8	178	50	+17 55	193	31	37	365·22
9	86	32	+18 40	192	22	49	224·85
B				98	55	47	
	1353	08	34				
	- 1260			93	11	08	
	93	08	34				
	+ 02	34					

$$\begin{array}{r}
 x_1 = + 54686\cdot79 \\
 x_0 = + 53997\cdot90 \\
 \hline
 x_1 - x_0 = + 688\cdot89
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 y_1 = + 7853\cdot19 \\
 y_0 = + 7077\cdot54 \\
 \hline
 y_1 - y_0 = + 775\cdot65
 \end{array}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{0,1} = \frac{+ 775\cdot65}{+ 688\cdot89} = 48^\circ 23' 24\cdot9''$$

$$D = \sqrt{688\cdot89^2 + 775\cdot65^2} = 1037\cdot40 \text{ m.}$$

2. táblázat.

Tabelle 2.

	\mathcal{N}'_1	\mathcal{N}'_2	\mathcal{N}'_3	\mathcal{N}'_4	\mathcal{N}'_5	\mathcal{N}'_6	\mathcal{N}'_7	\mathcal{N}'_8	\mathcal{D}	\mathcal{N}	\mathcal{B}	\mathcal{L}
	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "
\mathcal{N}'_1	0 00 00									201° 53' 10		
\mathcal{N}'_2		0 00 00								283 45 47		
\mathcal{N}'_3			0 00 00							300 33 14		
\mathcal{N}'_4				0 00 00						309 47 31		
\mathcal{N}'_5					0 00 00					227 52 48		
\mathcal{N}'_6						0 00 00				298 54 45		
\mathcal{N}'_7							0 00 00			193 31 37		
\mathcal{N}'_8								0 00 00		192 22 49		
\mathcal{D}									0 00 00	48 23 24·9		
\mathcal{N}										0 00 00		
\mathcal{B}	11 55 00·6	289 22 23·6	272 34 56·6	263 20 39·6	345 15 22·6	274 13 25·6	19 36 33·6	20 45 21·6		213 08 10·6	0 00 00	
\mathcal{L}	24 06 31·8	301 33 54·8	284 46 27·8	275 32 10·8	357 26 53·8	286 24 56·8	31 48 04·8	32 56 52·8		225 19 41·8	12 11 31·2	0 00 00

3. táblázat.

Tabelle 3.

	A'_i m.	$\cos (N\mathcal{A}'_i)$	$\sin (N\mathcal{A}'_i)$	$\Delta x = A'_i \cdot \cos (N\mathcal{A}'_i)$ m.	$\Delta y = A'_i \cdot \sin (N\mathcal{A}'_i)$ m.	$\frac{\sin (N\mathcal{A}'_i)}{\cos (N\mathcal{A}'_i)}$	$\sin^2 (N\mathcal{A}'_i)$	$\cos^2 (N\mathcal{A}'_i)$
1	159·60	— 0·92793	— 0·37276	— 148·10	— 59·49	+ 0·34590	0·13895	0·86105
2	135·72	+ 0·23791	— 0·97129	+ 32·29	— 131·82	— 0·23108	0·94340	0·05660
3	66·45	+ 0·50835	— 0·86115	+ 33·78	— 57·22	— 0·43777	0·74158	0·25842
4	117·33	+ 0·64000	— 0·76837	+ 75·09	— 90·15	— 0·49176	0·59040	0·40960
5	253·83	— 0·67068	— 0·74174	— 170·24	— 188·28	+ 0·49748	0·55018	0·44982
6	131·13	+ 0·48347	— 0·87536	+ 63·40	— 114·79	— 0·42321	0·76625	0·23375
7	365·22	— 0·97226	— 0·23390	— 355·09	— 85·43	+ 0·22741	0·05471	0·94529
8	224·85	— 0·97675	— 0·21440	— 219·62	— 48·21	+ 0·20941	0·04597	0·95403
				— 893·05	— 775·39			
				+ 204·56				
				— 688·49				

$$\left. \begin{aligned} - [A'_i \cdot \cos (N\mathcal{A}'_i)] &= + 688·49 \\ - D \cdot \cos (N\mathcal{D}) &= - 688·89 \\ \hline W \cdot \cos (N\mathcal{B}) &= - 0·40 \text{ m.} = f_x \end{aligned} \right\} \text{I.}$$

$$\left. \begin{aligned} - [A'_i \cdot \sin (N\mathcal{A}'_i)] &= + 775·39 \\ - D \cdot \sin (N\mathcal{D}) &= - 775·65 \\ \hline W \cdot \sin (N\mathcal{B}) &= - 0·26 \text{ m.} = f_y \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} (N\mathcal{B}) &= \frac{- 0·26}{- 0·40} = - 0·65279 \\ & \quad \quad \quad 33^\circ 08' 10·6'' \\ N\mathcal{B} &\hat{=} 213^\circ 08' 10·6'' \end{aligned} \right\} \text{II.}$$

$$W = \sqrt{0·40^2 + 0·26^2} = 0·47814 \text{ m. } \left. \right\} \text{III.}$$

4. táblázat.

Tabelle 4.

	A_i^2	$\frac{1}{g_i^2} = c^2 \cdot A_i$	$\frac{1}{p_i^2} = m\omega^2 \cdot A_i^2$	$\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2}$	$\frac{1}{s_i^2} + \frac{1}{p_i^2}$	g_i^2	p_i^2
1	25472	0.03591	0.00027	0.03564	0.03618	27.85	3712
2	18420	0.03054	0.00019	0.03035	0.03073	32.75	5134
3	4416	0.01495	0.00005	0.01490	0.01500	66.88	21411
4	13766	0.02640	0.00015	0.02625	0.02655	37.88	6868
5	64430	0.05711	0.00068	0.05643	0.05779	17.51	1467
6	17195	0.02950	0.00018	0.02932	0.02968	33.89	5498
7	133386	0.08218	0.00141	0.08077	0.08359	12.17	709
8	50558	0.05059	0.00053	0.05006	0.05112	19.76	1870
		0.32718	0.00346	0.32372	0.33064		

5. táblázat.

Tabelle 5.

	$\sin(\mathcal{N}'\mathcal{B})$	$\cos(\mathcal{N}'\mathcal{B})$	$\sin^2(\mathcal{N}'\mathcal{B})$	$\cos^2(\mathcal{N}'\mathcal{B})$	$\frac{\sin(\mathcal{N}'\mathcal{B})}{\cos(\mathcal{N}'\mathcal{B})}$	$\left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2}\right) \cdot \frac{\sin(\mathcal{N}'\mathcal{B})}{\cos(\mathcal{N}'\mathcal{B})}$	$\left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2}\right) \cdot \sin^2(\mathcal{N}'\mathcal{B})$	$\left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2}\right) \cdot \cos^2(\mathcal{N}'\mathcal{B})$	$\left(\frac{1}{g_i^2} + \frac{1}{p_i^2}\right) \cdot \frac{\sin(\mathcal{N}'\mathcal{B})}{\cos(\mathcal{N}'\mathcal{B})}$	$\left(\frac{1}{g_i^2} + \frac{1}{p_i^2}\right) \cdot \cos^2(\mathcal{N}'\mathcal{B})$
1	+0.20649	+0.97845	+0.04264	+0.95736	+0.20204	+0.00720	+0.00152	+0.03412	+0.00731	+0.03464
2	-0.94338	+0.38172	+0.88996	+0.11004	-0.81294	-0.00950	+0.02700	+0.00334	-0.00962	+0.00338
3	-0.99898	+0.04506	+0.99797	+0.00203	-0.04501	-0.00067	+0.01488	+0.00003	-0.00068	+0.00003
4	-0.99326	-0.11590	+0.98657	+0.01343	+0.11512	+0.00302	+0.02590	+0.00035	+0.00306	+0.00036
5	-0.25450	+0.96707	+0.06477	+0.93523	-0.24612	-0.01389	+0.00365	+0.05278	-0.01422	+0.05405
6	-0.99728	+0.07365	+0.99458	+0.00542	-0.07345	-0.00215	+0.02916	+0.00016	-0.00218	+0.00016
7	+0.33561	+0.94200	+0.11263	+0.88737	+0.31614	+0.02553	+0.00910	+0.07167	+0.02643	+0.07417
8	+0.35439	+0.98510	+0.12559	+0.87441	+0.33139	+0.01659	+0.00629	+0.03377	+0.01694	+0.04471
						-0.02621	+0.11750	+0.20622	-0.02670	+0.21150
						+0.05234				
						+0.02613				

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg}(\mathcal{B}\mathcal{Q}) &= \frac{+0.02613}{+0.12096} = 0.21606 \\ (\mathcal{B}\mathcal{Q}) &\hat{=} 12^{\circ}11'31.2'' \end{aligned} \right\} \text{IV.}$$

$$\begin{aligned} \cos(\mathcal{B}\mathcal{Q}) &= 0.97744 \\ \sin(\mathcal{B}\mathcal{Q}) &= 0.21119 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left[\frac{1}{p_i^2} + \left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2}\right) \cdot \cos^2(\mathcal{N}'\mathcal{B}) \right] \cdot \cos(\mathcal{B}\mathcal{Q}) &= +0.20495 \\ - \left[\left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2}\right) \cdot \sin(\mathcal{N}'\mathcal{B}) \cdot \cos(\mathcal{N}'\mathcal{B}) \right] \cdot \sin(\mathcal{B}\mathcal{Q}) &= -0.00552 \\ \hline &+0.19943 \end{aligned}$$

$$L = \frac{0.47814}{0.19943} = 2.39754 \quad \text{V.}$$

6. táblázat.

Tabelle 6.

	$\left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2}\right) \cdot \sin(\mathcal{M}'_i) \cdot \cos(\mathcal{M}'_i)$	$\left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2}\right) \cdot \sin^2(\mathcal{M}'_i)$	$\left(\frac{1}{g_i^2} + \frac{1}{p_i^2}\right) \cdot \sin(\mathcal{M}'_i) \cdot \cos(\mathcal{M}'_i)$	$\left(\frac{1}{g_i^2} + \frac{1}{p_i^2}\right) \cdot \cos^2(\mathcal{M}'_i)$	$\cos(\mathcal{M}\mathcal{L})$	$\sin(\mathcal{M}\mathcal{L})$	L.cos($\mathcal{M}\mathcal{L}$)	L.sin($\mathcal{M}\mathcal{L}$)
1	+0.01233	+0.00495	+0.01251	+0.03115	-0.71115	-0.70304	-1.70500	-1.68558
2	-0.00701	+0.02863	-0.00710	+0.00174				
3	-0.00653	+0.01105	-0.00657	+0.00388				
4	-0.00799	+0.01550	-0.01305	+0.01087				
5	+0.02807	+0.03105	+0.02875	+0.02600				
6	-0.01241	+0.02247	-0.01256	+0.00694				
7	+0.01837	+0.00442	+0.01901	+0.07901				
8	+0.01048	+0.00230	+0.01071	+0.04878				
	+0.06925	+0.12037	+0.07098	+0.20837				
	-0.03394		-0.03928					
	+0.03531		+0.03170					

$$\left. \begin{aligned} \text{L.} \left[\left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2} \right) \cdot \sin(\mathcal{M}'_i) \cdot \cos(\mathcal{M}'_i) \right] \cdot \cos(\mathcal{M}\mathcal{L}) &= -0.06 \\ \text{L.} \left[\frac{1}{p_i^2} + \left(\frac{1}{g_i^2} - \frac{1}{p_i^2} \right) \cdot \sin^2(\mathcal{M}'_i) \right] \cdot \sin(\mathcal{M}\mathcal{L}) &= -0.20 \\ \hline f_y &= -0.26 \end{aligned} \right\} \text{VIII.}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{L.} \left[\left(\frac{1}{g_i^2} + \frac{1}{p_i^2} \right) \cdot \sin(\mathcal{M}'_i) \cdot \cos(\mathcal{M}'_i) \right] \cdot \sin(\mathcal{M}\mathcal{L}) &= -0.05 \\ \text{L.} \left[-\frac{1}{p_i^2} + \left(\frac{1}{g_i^2} + \frac{1}{p_i^2} \right) \cdot \cos^2(\mathcal{M}'_i) \right] \cdot \cos(\mathcal{M}\mathcal{L}) &= -0.35 \\ \hline f_x &= -0.40 \end{aligned} \right\} \text{IX.}$$

7. táblázat.

Tabelle 7.

	$\sin (\mathcal{A}'_i \mathcal{Q})$	$\cos (\mathcal{A}'_i \mathcal{Q})$	$\frac{1}{g_i^2} \cdot L$	$\frac{1}{p_i^2} \cdot L$	$d A'_i = \frac{1}{g_i^2} \cdot L \cdot \cos (\mathcal{A}'_i \mathcal{Q})$ m.	$\frac{1}{p_i^2} \cdot L \cdot \sin (\mathcal{A}'_i \mathcal{Q})$	$\frac{ d\bar{A} = \frac{1}{p_i^2} \cdot L \sin (\mathcal{A}'_i \mathcal{Q})}{A'_i}$	$ d A_i'' $
1	+0.40847	+0.91277	0.08609	0.00065	+0.079	+0.000263	+0.00000165	+0.340
2	-0.85204	+0.52347	0.07322	0.00047	+0.038	-0.000398	-0.00000293	-0.605
3	-0.96694	+0.25501	0.03585	0.00011	+0.009	-0.000108	-0.00000163	-0.336
4	-0.99534	+0.09648	0.06329	0.00035	+0.006	-0.000347	-0.00000296	-0.611
5	-0.04452	+0.99901	0.03693	0.00163	+0.137	-0.000073	-0.00000029	-0.059
6	-0.95924	+0.28261	0.07074	0.00043	+0.020	-0.000418	-0.00000319	-0.658
7	+0.52698	+0.84988	0.19702	0.00338	+0.167	+0.001782	+0.00000488	+1.007
8	+0.54388	+0.83916	0.12129	0.00128	+0.102	+0.000697	+0.00000310	+0.640

8. táblázat.

Tabelle 8.

	$d A_i^2$	a_i^2	$g_i^2 \cdot (d A'_i)^2$	$p_i^2 \cdot (a_i)^2$	$\cos (\mathcal{B} \mathcal{Q})$	$W \cdot L$
1	0.00618	0.000000070	0.17211	0.00026	0.97745	1.14636
2	0.00147	0.000000158	0.04814	0.00081		
3	0.00008	0.000000012	0.00535	0.00026		
4	0.00004	0.000000121	0.00151	0.00083		
5	0.01871	0.000000005	0.32761	0.00001		
6	0.00040	0.000000175	0.01355	0.00096		
7	0.02804	0.000003177	0.34124	0.00225		
8	0.01036	0.000000486	0.20471	0.00091		
			1.11422	0.00629		

$$[g_i^2 (d A'_i)^2] = 1.11422$$

$$+ [p_i^2 (a_i)^2] = 0.00629$$

$$W \cdot L \cdot \cos (\mathcal{B} \mathcal{Q}) = \frac{1.12051}{1.12051} \} X.$$

9. táblázat.

Tabelle 9.

	Javított hosszak Verbes- serte Strecke m.	Javított irány- értékek Verbesserte Rich- tungswinkel			cos (\mathcal{N}_i)	sin (\mathcal{N}_i)	$\Delta x =$ $A_i \cdot$ cos (\mathcal{N}_i) m.	$\Delta y =$ $A_i \cdot$ sin (\mathcal{N}_i)	Javított közbe- zárt szögek Verbesserte Bre- chungswinkel			Közbezár- t szögek javítása Verbesse- rungen bei Brechungs- winkel "	Összrendező javítása Verbesserungen bei den Ordinaten	
		o	'	"					o	'	"		Δx m.	Δy m.
C		5	44	39										
1	159·68	201	53	10	-0·92793	-0·37276	-148·17	- 59·52	16	08	31	+17"	-0·07	-0·03
2	135·76	283	45	46	+0·23790	-0·97129	+ 32·30	-131·86	261	52	36	+16"	+0·01	-0·04
3	66·46	300	33	14	+0·50835	-0·86115	+ 33·78	- 57·23	196	47	28	+18"	0·00	-0·01
4	117·34	309	47	30	+0·64000	-0·76838	+ 75·10	- 90·16	189	14	16	+16"	+0·01	-0·01
5	253·97	227	52	48	-0·67069	-0·74174	-170·33	-188·38	98	05	18	+18"	-0·09	-0·10
6	131·15	298	54	44	+0·48347	-0·87536	+ 63·40	-114·80	251	01	56	+16"	0·00	-0·01
7	365·39	193	31	38	-0·97226	-0·23391	-355·25	- 85·47	74	36	54	+19"	-0·16	-0·04
8	224·95	192	22	50	-0·97675	-0·21440	-219·72	- 48·23	178	51	12	+17"	-0·10	-0·02
9		98	55	47			-893·47	-775·65	86	32	57	+17"		
B							+204·58							
							-688·89							

10. táblázat.

Tabelle 10.

	$\cos(\mathcal{A}'_i \mathcal{L})$	$\sin(\mathcal{A}'_i \mathcal{L})$	L. A'_i	$d A'_i =$ $L \cdot A'_i \cdot \cos(\mathcal{A}'_i \mathcal{L})$ m.	$a'_i =$ $L \cdot A'_i \cdot \sin(\mathcal{A}'_i \mathcal{L})$	$ d \mathcal{A}'_i =$ $L \cdot \sin(\mathcal{A}'_i \mathcal{L})$	$ d \mathcal{A}_i ''$	$(d A_i)^2$	$(a_i)^2$	$\frac{(d A_i)^2 + (a_i)^2}{A_i}$	$\frac{(d A_i)^2 + (a_i)^2}{A_i}$
1	+0·97845	+0·20649	0·05248	+0·051	+0·010837	+0·000067897	+14·0"	0·002601	0·000117	0·002718	0·000017
2	+0·33172	-0·94338	0·04463	+0·015	-0·042103	-0·000310197	-64·0"	0·000225	0·001773	0·001998	0·000015
3	+0·04506	-0·99898	0·02185	+0·001	-0·021828	-0·000328480	-67·8"	0·000001	0·000476	0·000477	0·000007
4	-0·11590	-0·99326	0·03858	-0·004	-0·038320	-0·000326599	-67·4"	0·000016	0·001468	0·001484	0·000013
5	+0·96707	-0·25450	0·03846	+0·081	-0·021241	-0·000083683	-17·3"	0·006561	0·000451	0·007012	0·000028
6	+0·07365	-0·99728	0·04312	+0·003	-0·043003	-0·000327921	-67·6"	0·000009	0·001849	0·001858	0·000014
7	+0·94200	+0·33561	0·12009	+0·113	+0·040303	+0·000110354	+22·8"	0·012769	0·001624	0·014393	0·000039
8	+0·93510	+0·35439	0·07393	+0·069	+0·026200	+0·000116529	+24·0"	0·004761	0·000686	0·005447	0·000024
											0·000157

$$L = \frac{W}{[A'_i]} = 0\ 000328815$$

$$\left[\frac{(d A_i)^2 + (a_i)^2}{A_i} \right] = 0\ 000157$$

$$W \cdot L = 0\ 000157$$

11. táblázat:

Tabelle 11.

	Javított hosszak Verbesserte Strecke m.	Javított irány- értékek Verbesserte Richtungswin- kel	cos (\mathcal{M}_i)	sin (\mathcal{M}_i)	Δx m.	Δy m.	Javított közbe- zárt szögek Verbesserte Brechungswin- kel	Közbezárt szö- gek javítása Verbesserungen bei Brechungs- winkel	Összrendezőik javi- tása — Verbesse- rungen bei den Ordinaten	
									Δx m.	Δy m.
C										
1	159·65	201 53 24	-0·92790	-0·37283	-148·14	- 59·52	16 08 45	+ 31"	-0·04	-0·03
2	136·74	283 44 43	+0·23761	-0·97136	+ 32·25	-131·85	261 51 19	- 61"	-0·04	-0·03
3	66·45	300 32 06	+0·50806	-0·86132	+ 33·76	- 57·23	196 47 23	+ 13"	-0·02	-0·01
4	117·33	309 46 24	+0·63975	-0·76858	+ 75·06	- 90·18	189 14 18	+ 18"	-0·03	-0·03
5	253·91	227 52 31	-0·67075	-0·74169	-170·32	-188·32	98 06 07	+ 67"	-0·08	-0·04
6	131·13	298 53 37	+0·48318	-0·87552	+ 63·36	-114·81	251 01 06	- 34"	-0·04	-0·02
7	365·33	193 32 00	-0·97223	-0·23401	-355·18	- 85·49	74 38 23	+108"	-0·09	-0·06
8	224·92	192 23 13	-0·97672	-0·21451	-219·68	- 48·25	178 51 13	+ 18"	-0·06	-0·04
9					-893·32	-775·65	86 32 34	- 06"		
					+204·43					
B					-688·89					

12. táblázat.

Tabelle 12.

	Összrendezők javítása Verbesserungen bei den Ordinaten		Javított összrendezők Verbesserte Ordinaten		Javított hosszak Verbesser- te Seiten m.	Hosszak javítása Verbesser- ungen bei den Seiten m.	Javított irány- értékek Verbesserte Richtungs- winkel	Javítások az irányérté- keknel Verbesser- ungen bei Richtungen	Javított közbe- zárt szögek Verbesserte Bre- chungswinkel	Közbezárt szö- gek javítása Verbesserungen bei Brechungs- winkel
	Δ^x m.	Δ^y m.	Δ^x m.	Δ^y m.						
C										
1	-0.04	-0.03	-148.14	-59.52	159.65	+0.05	201 53 22	+12"	16° 08' 43"	+ 29"
2	-0.04	-0.02	+ 32.25	-131.84	135.73	+0.01	283 47 11	+84"	261° 53' 49"	+ 89"
3	-0.01	-0.01	+ 33.77	-57.23	66.45	0.00	300 32 38	-36"	196° 46' 27"	-103"
4	-0.03	-0.02	+ 75.06	-90.17	117.32	-0.01	309 46 30	-61"	189 13 52	- 08"
5	-0.08	-0.05	-170.32	-188.33	253.92	+0.09	227 52 29	-19"	98 05 59	+ 59"
6	-0.04	-0.02	+ 63.36	-114.81	131.13	0.00	298 53 34	-71"	251 01 05	- 35"
7	-0.10	-0.07	-355.19	-85.50	365.34	+0.12	193 32 04	+27"	74 38 30	+115"
8	-0.06	-0.04	-219.68	-48.25	224.92	+0.07	192 23 15	+26"	178 51 11	+ 16"
9			-893.33	-775.65					86 32 32	- 08"
			+204.44							
B			-688.89							

	Javított irányértékek Verbesserte Richtungswinkel					Javított közbezárt szögek Verbesserte Brechungswinkel				
	Jordan szerint Nach Jordan	Eggert szerint Nach Eggert	Vektorialis számítással Nach der Vektoriellen Ausgleich.	Vektor. közelítő számítással Nach der Vektor.Näherungsausgl.	Általános gyakorlati számítással Allgem. Prakt. meth.	Jordan szerint Nach Jordan	Eggert szerint Nach Eggert	Vektorialis számítással Nach der Vektoriellen Ausgleich.	Vektor. közelítő számítással Nach der Vektor.Näherungsausgl.	Általános gyakorlati számítással Allgem. Prakt. Meth.
	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "	0 / "
C										
1	5 44 39	5 44 39	5 44 39	5 44 39	5 44 39	16 08 30	16 08 30	16 08 31	16 08 45	16 08 43
2	201 53 09	201 53 09	201 53 10	201 53 24	201 53 22	261 52 35	261 52 35	261 52 36	261 51 19	261 53 49
3	283 45 44	283 45 44	283 45 46	283 44 43	283 47 11	196 47 27	196 47 26	196 47 28	196 47 23	196 45 27
4	300 33 11	300 33 10	300 33 14	300 32 06	300 32 38	189 14 17	189 14 17	189 14 16	189 14 18	189 13 52
5	309 47 28	309 47 27	309 47 30	309 46 24	309 46 30	98 05 18	98 05 18	98 05 18	98 06 07	98 05 59
6	227 52 46	227 52 45	227 52 48	227 52 31	227 52 29	251 01 58	251 01 58	251 01 56	251 01 06	251 01 05
7	298 54 44	298 54 43	298 54 44	298 53 37	298 53 34	74 36 54	74 36 55	74 36 54	74 38 23	74 38 30
8	193 31 38	193 31 38	193 31 38	193 32 00	193 32 04	178 51 13	178 51 12	178 51 12	178 51 13	178 51 11
9	192 22 51	192 22 50	192 22 50	192 23 13	192 23 15	86 32 56	86 32 57	86 32 57	86 32 34	86 32 32
B	98 55 47	98 55 47	98 55 47	98 55 47	98 55 47					

Oldalhossz Strecke					Ö s s z r e n d e z ő k O r d i n a t e n									
Jordan szerint Nach Jordan m	Eggert szerint Nach Eggert m	Vektorialis számít. Nach der Vektorielien ausgleichung m	Vektorialis közelítő számítással Nach der Vektor. Näherungsausgl. m	Általános gyakorlati számítással Allgem. Praktische Meth. m	Jordan szerint Nach Jordan		Eggert szerint Nach Eggert		Vektorialis szá- mítással Nach der Vekt- toriellen Ausgl.		Vekt. közelítő számítással Nach der Vekt. Näherungsausgl.		Általános gyakor- lati számítással Allgem. Prakt. meth.	
					Δx m	Δy m	Δx m	Δy m	Δx m	Δy m	Δx m	Δy m	Δx m	Δy m
159'68	159'68	159'68	159'65	159'65	-148'17	- 59'52	-148'17	- 59'52	-148'17	- 59'52	-148'14	- 59'52	-148'14	- 59'52
135'76	135'76	135'76	135'74	135'73	+ 32'30	-131'86	+ 32'30	-131'86	+ 32'30	-131'86	+ 32'25	-131'85	+ 32'25	-131'84
66'46	66'46	66'46	66'45	66'45	+ 33'78	- 57'23	+ 33'78	- 57'23	+ 33'78	- 57'23	+ 33'76	- 57'23	+ 33'77	- 57'23
117'34	117'33	117'34	117'33	117'32	+ 75'10	- 90'16	+ 75'09	- 90'16	+ 75'10	- 90'16	+ 75'06	- 90'18	+ 75'06	- 90'17
253'96	253'97	253'97	253'91	253'92	-170'33	-188'37	-170'35	-188'38	-170'33	-188'38	-170'32	-188'32	-170'32	-188'33
131'15	131'15	131'15	131'13	131'13	+ 63'41	-114'80	+ 63'40	-114'80	+ 63'40	-114'80	+ 63'36	-114'81	+ 63'36	-114'81
365'38	365'39	365'39	365'33	365'34	-355'25	- 85'47	-355'22	- 85'47	-355'25	- 85'47	-355'18	- 85'49	-355'19	- 85'50
224'95	224'96	224'95	224'92	224'92	-219'72	- 48'23	-219'73	- 48'23	-219'72	- 48'23	-129'68	- 48'25	-219'68	- 48'25

Vizsgálatok az erdőtalaj N-anyagcseréjéről.

Irta : Dr. Fehér Dániel.

(A m. kir. Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskola Növénytani Intézetéből.)

A különböző erdő- és mezőgazdasági talajok nitrogennel való gazdálkodására vonatkozólag az újabb irodalom nagyon sok vizsgálatot és kutatást mutat fel. (I.) Ez természetes is, miután a nitrogén a növények s így az erdők állományát alkotó fák életjelenségeinél is rendkívül fontos fiziológiai szerepet játszik. A nitrogén ugyanis a sejtek élő anyagában, a protoplazmában foglaltató fehérjéknek nélkülözhetetlen alkotó eleme és ezenfelül még más, a növény életében szerepet játszó vegyületek képzésénél is (pl. alkaloidák, aminosavak stb.), messze kiható jelentőséggel bír.

A nitrogén a fákban általában kisebb mennyiségben van képviselve, mint a carbon, amely tudvalevőleg különösen erdei fáknál a száraz anyag mennyiségének közel 50%-át teszi ki, míg ezzel ellentétben az elfásodott cellulózban mindössze 0'5—1'0% mennyiségben van jelen a nitrogén. Általában a nitrogént, amely mennyiségileg a fehérjéknek kb. 16%-át teszi ki, viszonylag legnagyobb mennyiségben a növényeknek azon szerveiben találjuk meg, amelyek intenzív életműködést folytatnak. Ilyenek elsősorban a fáknek a hancsában és szíjjácsában található parenchyma sejtek, de különösen az asszimiláló zöld levelek, vagyis azok a szervek, amelyek élénk életműködésüknek megfelelően viszonylag legnagyobb mennyiségben tartalmaznak nitrogént, amelynek mennyisége fajok szerint 1'46—2'86% között váltakozik. Ez a magas N-tartalom az asszimiláló zöld levelekben található magas proteintartalommal függ össze, amelynek mennyisége különösen tavasszal fajok szerint 16—36% között váltakozik, míg a fiatal hajtások és ágak 9—24%-nyi proteint tartalmaznak. Általában az erdőtalaj évi N-szükséglete hektáronként 34—51 kg. között mozog. (II.)

A N tehát, amint ezek az adatok is mutatják, főképen a fák életjelenségeinél játszik kiválóan fontos szerepet, azért az erdőknek szénnel való gazdálkodása mellett a N-gazdálkodás kétségtelenül életbevágóan fontos tényezőt jelent. Korábban kitűzött célunknak megfelelően tehát a fák CO₂ táplálkozásának a vizsgálatával egyidőben a fák N-gazdálkodásának a vizsgálatát is megkezdtem, amelynek első lépéseként az erdőtalaj N-anyagcseréjének a kutatását tűztem ki célul annak különböző szerves és szervetlen tényezőkkel való összefüggésében.

A vizsgálatoknál használt eljárások.

A vizsgálatok folyamata alatt a következő fontosabb tényezőket vettem beható kutatás alá:

1. *A talaj össznitrogéntartalmát* a *Gunin—Atterberg*-féle eljárás szerint határoztam meg. Ezen eljárás lényegileg az ismert *Kjeldahl*-féle vizsgálati módszeren alapul és vázlata röviden a következő:

Rendszerint 4—6 gr.-nyi 100°-os hőmérsékletnél kiszáritott talajpróbát 20 cm³ koncentrált kénsavval forrásig hevítettünk s azután 15—18 gr. káliumszulfáttal és 1 gr. higánnyal elegyítettük, amikor is a kezdetben zavaros oldat kb. 30 perc múlva tisztává vált és további 15 percig tartó hevítés folyamán a nitrogén ammoniumszulfáttá változott. A lehülés után ezt a konc. kénsavas oldatot 1 liter úrtartalmú lombikba öntjük át és itt desztillált vízzel kb. 200 cm³-re felhígítjuk, azután rendes módon a *Kjeldahl*-féle desztilláló készülékbe bekapcsoljuk, azonban közvetlenül a desztillálás előtt még 80 cm³ nátronlúgot öntünk hozzá, amely nátronlúg kb. 50 gr. NaOH-t tartalmaz. A párlatot főzőpohárban fogjuk fel, amelyben mi rendszerint 50 cm³ $\frac{1}{10}$ normál H₂SO₄-at öntünk, amely az átdesztillált ammóniákat elnyeli. Az $\frac{1}{10}$ normál kénsavat azután a desztillálás befejezésekor $\frac{1}{10}$ normál lúggal és alizarinszulfosavas nátriummal ktitráljuk. A számítás nagyon egyszerű, miután 100 cm³ $\frac{1}{10}$ normál kénsavnak 0'1707 gr. NH₃, illetőleg 0'1401 gr. N felel meg. (III.)

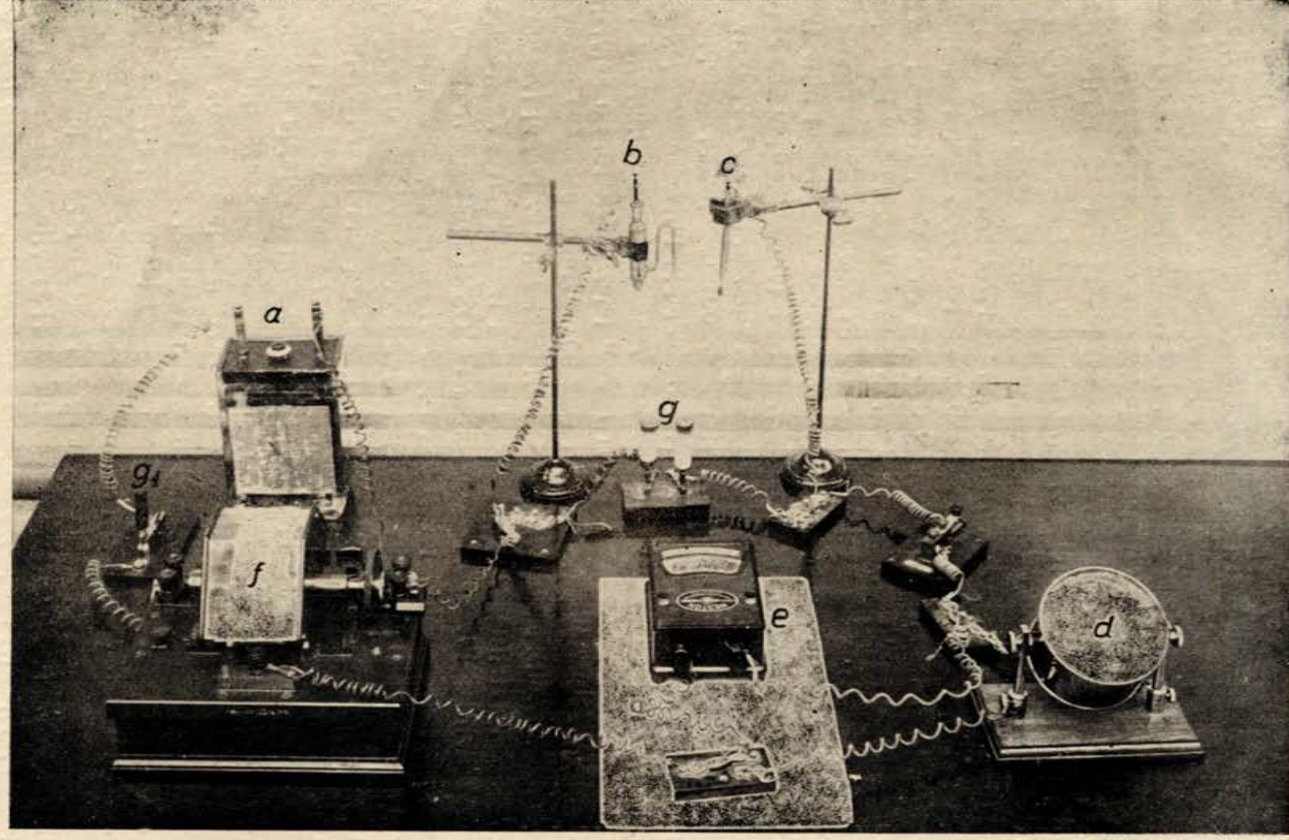
2. *A nitrátnitrogéntartalomnak* a meghatározására egy *Whiting, Richmond* és *Schoonower* által kidolgozott eljárást használtunk. Az eljárás lényege röviden a következő: 100 gr. talajt 110°-on 10—12 óráig való szárítással állandó súlyig kiszáritunk, azután rázógéppel 300 cm³ 0'5%-os sósavval 4—5 órán keresztül kirázzuk. Az így előkészített oldatot egy éjjelen át állni hagyjuk és azután egy 1 literes *Kjeldahl*-lombikba az eredeti 300 cm³-es oldatból 200 cm³-t átöntünk, amelybe egyúttal 5 gr. Na₂O₂-t is teszünk. Ezt az oldatot azután még kevés mennyiségű ureával elegyítjük és azután lepároljuk. A párlatot 200 cm³ vízzel felhígítjuk és 0'5 gr. *Devarda*-ötvözet hozzáadásával 30—40 percen keresztül 50 cm³ normál kénsavval a *Kjeldahl*-készülékkel átdesztilláljuk és megint csak $\frac{1}{10}$ -es normál (NaOH) lúggal és alizarinszulfosavas nátriummal ktitráljuk. (IV.)

3. *A talaj protozoa tartalmát* a *Cutler*-féle eljárás szerint vizsgáltuk meg, amely eljárás az aktív alakokat az encystált formáktól elválasztja. (V.)

4. *A talaj összbaktérium számát*, ahol a gelatina és ágáron növény aerob és anaerob telepek számát együtt adjuk meg.

5. *A talajbaktériumok számát* fiziológiai csoportok szerint egy a már meglévő eljárásunk alapján kidolgozott módszerrel tenyésztettem és számítottam az adott helyzetnek megfelelően, amely a hígítás és elektív eljárás kombinációján alapszik. (VI.)

6. A talaj húmusztartalmát káliumbichromáttal mértem. (VII.)
7. A ph-értékeket chinhydron elektrodával elektrometrikus úton mértem, mégpedig részben a Mslowitzer-féle készülékkel, részben pedig egy



általunk összeállított apparátussal, amelyben mint O-készülék egy *Weston*-féle galvanométer, illetőleg egy *Le Chatelier*-féle millivoltmérő volt beállítva, míg a kompenzációt egy *Wheatstone*-híddal végeztük. A készülékbe a galvanométer kimélete céljából a dűrva beállításra egy *Max Kohl*-féle milliampereméter volt beiktatva. (VIII.) (1. sz. ábra.)

8. A talajhőmérsékletet mértük a talaj felszínén. Azonkívül mértük még

9. a léghőmérsékletet és

10. a csapadékmennyiséget.

Ezen adatok közül a ph-értékeket rendszerint hetenként, illetőleg kéthetenként határoztam meg. A léghőmérsékletet regisztráló műszerekkel állandóan mértem, a csapadékot pedig esetről-esetre naponként határoztam meg. A többi adatokat havonként egyszer mértem.

A talajpróbák gyűjtésénél a kísérleti területekről a próbákat 15—25 helyről vettük a talajtakaró eltávolítása után 5—10 cm. mélységből és a kapott mennyiséget azután gondosan összelegyítettük.

A vizsgálatokat három kísérleti területen végeztük el, amelyeknek jellemző adatai a következők:

a) *A főiskola botanikus kertjében lévő lúcos.*

I. sz. kísérleti terület.

Körülbelül 50 éves, szép növekedésű lúcos, gazdag aljnövényzettel, agyagtalajon.

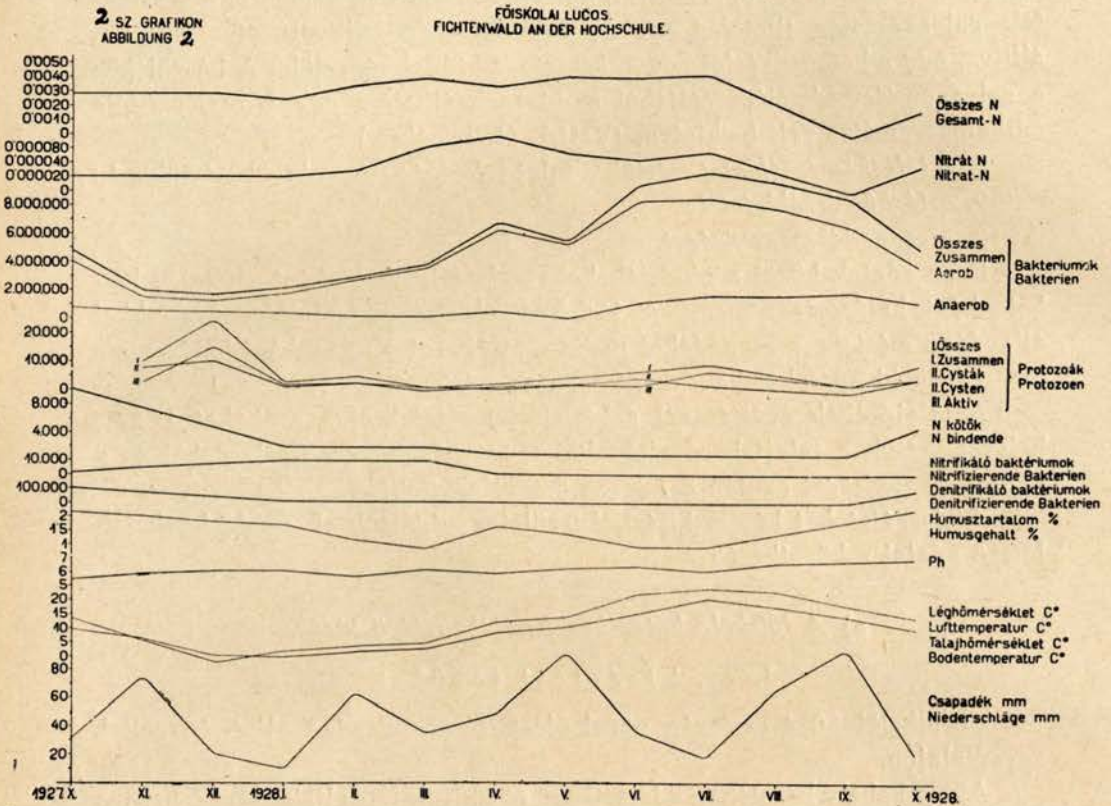
A munkahely közelében a következő növények fordultak elő: *Ligustrum vulgare* L., *Sambucus nigra* L., *Berberis vulgaris* L., azután *Hedera helix* L., *Rubus idaeus* L., *Galeopsis pubescens* Bess., *Viola silvestris* Lam., *Lysimachia nummularia* L., *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) R. et Sch., *Ajuga reptans* L., *Fragaria vesca* L., *Epilobium montanum* L., *Convallaria majalis* L., *Mnium undulatum* (L.) Neck., *Fissidens taxifolius*.

A vizsgálatok eredményeit a 2. sz. ábra és az I. sz. táblázat tartalmazza.

b) *Agfalvi lúcerdő a főiskola tanulmányi erdejében.*

V. sz. kísérleti terület.

J gazdasági osztály, I. tag, 12. erdőrészlet. Területe 22 k. h. Meglehetősen mély, üde, kissé televényes, homokos agyag. Altalaja kavics. Fekvése Dny., lejtőszög 20°. Tengerszínfeletti magassága 360—400 m. Termőhelyi osztály II. Fanem és elegyarány: lúcfenyő (*Picea excelsa* (Lam. et Dc.) Lk.) 0'5, feketefenyő (*Pinus nigra* Arn.) 0'1, vörösfenyő (*Larix decidua* Mill.) 0'1, gyertyán és nyár (*Carpinus betulus* L. és *Populus tremula* L.) 0'3. Kor: 24 év. Záródás: 1'0.



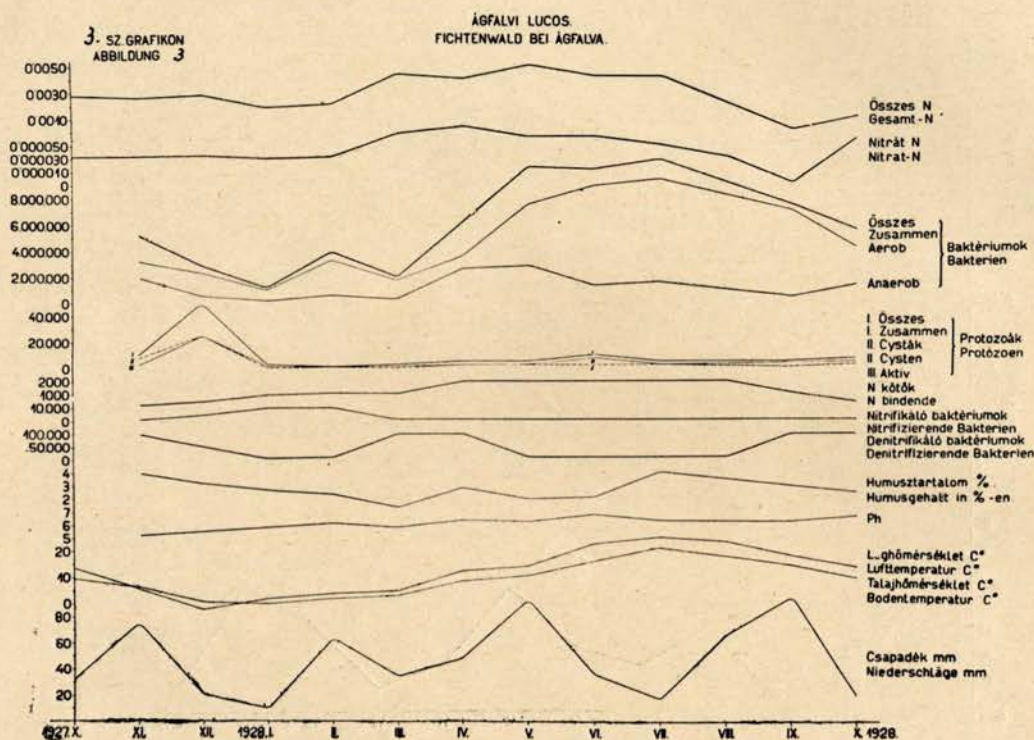
Aljnövényzet a következő: *Corylus avellana* L., *Cyclamen europaeum* L., *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) R. et Sch., *Viola silvestris* Lam., *Convallaria majalis* L. és mohok.

Üzemtervi előírás: nemes fajok felszabadítandók; uralkodó fanem a lúcfenyő, részben vörös- és feketefenyő, a hézagokban gyertyán, itt-ott nyár. A mérési adatokat a 3. sz. ábra és a II. sz. táblázat mutatják.

c) Agfalvi sarjerdő a főiskola tanulmányi erdejében.

VII. sz. kísérleti terület.

H gazdasági osztály, II. tag, 22. erdőrészlet. Területe 90 k. h., amelyből kijelölt terület 1 k. h. Talaja elég mély, üde, agyagos homok. Altalaja az északi részen kavics, a déli részen gneisz és pala. Fekvése Ék., lejtőszög 30°. Tengerszínfeletti magassága 360 m. Termőhelyi osztály II. Fanem és elegyarány 0,7 lúcfenyő (*Picea excelsa* (Lam. et Dc.) Lk.), 0,2 jegegyenyő (*Abies alba* Mill.), 0,1 vörösfenyő (*Larix decidua* Mill.) néhány ha-



gyásfával. Jelenleg a sarjak a fenyőket még túlhaladják, különösen a gyertyán, hárs, nyír, elvéve bükk és tölgy. Beerdősítve 1921-ben lett.

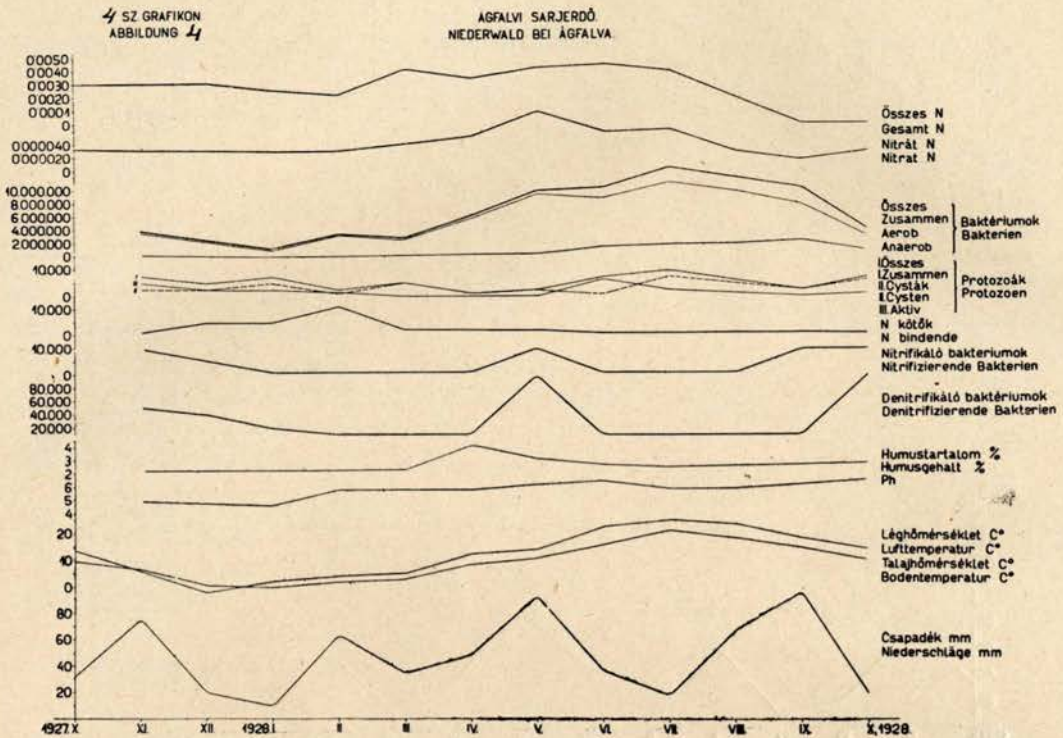
Aljnövényzet: *Corylus avellana* L., *Genista germanica* L., *Genista pilosa* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Luzula nemorosa* (Pohl) E. Mey., *Festuca ovina* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Convallaria majalis* L., *Galium silvaticum* L., *Fragaria vesca* L., *Cyclamen europaeum* L., *Stellaria holostea* L., *Asperula odorata* L., *Epilobium montanum* L., *Campanula persicifolia* L., *Campanula glomerata* L., *Melampyrum pratense* L., *Melampyrum nemorosum* L., *Peltigera canina* Hoffm.

Üzemtervi előírás: az erdősítések felszabadítandók, hagyásfák kiszendők.

A mérési eredményeket a 4. sz. ábra és a III. sz. táblázat tartalmazza.

Az eredmények összefoglalását mutatja az V. sz. összesítő táblázat.

A IV. sz. táblázat az össznitrogen- és nitrátnitrogenmennyiségnek mélység szerint való megoszlását mutatja, miután tájékozással 1928. februárjában két kísérleti területen ezen faktorok vertikális eloszlását is mértük. Ezek az adatok egyelőre csak tájékozással szolgálnak.



Ezek a mérések mutatják, hogy az össz-N-tartalom 40 cm. mélységig felülről lefelé számítva folyton emelkedik. Ezzel szemben a nitrát-N-tartalom csak 20 cm. mélységig emelkedik, azután fokozatosan kevesbedik. Ennek a körülménynek oka valószínűleg részint abban keresendő, hogy ebben a mélységben a nitrifikáció O-hiány következtében csökken, másrészt pedig ezekben a rétegekben a gyökerek több nitrátnitrogént igényelnek.

Az eredmények összehasonlító tárgyalása.

Ha a csatolt rajzok és táblázatok alapján az eredményeket áttekintjük, úgy a következő összefüggések mutathatók ki:

a) Az erdőtalaj N-anyagcseréje kifejezett időszaki változásokat mutat. Az erdőtalaj össznitrogéntartalma maximális értékeit a nyári hónapokban és pedig június- és júliusban éri el. Ősszel rohamosan esik és minimumát, mind a három kísérleti területen, szeptember hó folyamán éri el. Október hó folyamán az össznitrogéntartalom görbéje ismét erősen emelkedik, azután késő ősszel és a tél folyamán változatlanul marad, tavasszal azonban megint elkezdi emelkedni, hogy a nyár folyamán maximumát elérje.

A nitrátnitrogéntartalom ugyanilyen viselkedést mutat, azzal a különbséggel, hogy maximumát tavasszal és pedig április és május hónapok folyamán éri el.

Az össznitrogéntartalmat és a nitrátnitrogéntartalmat összehasonlítva az összbaktériumszámmal, azt találjuk, hogy mindegyik tényező a nyári hónapok folyamán éri el maximumát.

Sokkal kifejezettebb és világosabb összefüggés mutatkozik a talaj- és léghőmérséklet és a két N-görbe között. Minthogy az elmondottakból következik, hogy a fényintenzitás és a hőmérséklet görbéje között kifejezett párhuzam áll fenn, úgy kétségkívül összefüggésnek kell fennállania egyrészről az össznitrogéntartalom és a nitrátnitrogéntartalom, másrészről pedig a fényintenzitás és a levegő- és a talajhőmérséklet között.

b) Az I. és V. sz. kísérleti területeken, amelyek jó záródású, középkorú állományok, a nitrifikáló baktériumok maximumukat a téli, illetőleg a kora tavaszi hónapokban érik el. Az V. sz. kísérleti területen a denitrifikáló baktériumok egy tavaszi és egy őszi maximumot mutatnak, míg az I. számú kísérleti területen csak egy őszi maximumot érnek el. Ezzel szemben a VII. sz. kísérleti területen ezek a baktériumok kissé eltérő viselkedést mutatnak, miután úgy a nitrifikáló, mint a denitrifikáló baktériumok tavasszal és ősszel érnek el egy-egy számbeli maximumot. Ezen a kísérleti területen a nitrifikáló baktériumok tavaszi maximumának következményeképpen a nitrátnitrogéntartalom görbéje is mutat egy tavaszi maximumot.

c) A N-kötő baktériumok nem mutatnak egységes viselkedést. Az elmondottakból következik, hogy a N-kötő baktériumok száma és a N-tartalom között nem volt lehetséges összefüggést kimutatni.

Ezekben az esetekben egészen más eredményeket kaptunk, mint az erdei talaj CO₂-lélegzésének mérésénél. A talaj CO₂-termelése ugyanis szoros összefüggésben van az összbaktériumszámmal, míg ezen vizsgálataim eredményei minden kétséget kizáróan világosan bizonyítják, hogy egy-egy erdőtípuson belül, az említett három baktériumfaj számos változásai a N-görbe alakulására nincsenek kihatással. Az erdőtalaj N-anyagcseréjénél tehát a hőmérsékleti változások által szabályozott mikrobiológiai tevékenység intenzitása játssza azt a fontos szerepet, amely az erdőtalaj N-anyagcseréjét közvetlenül befolyásolja.

A talaj húmusztartalma és ph-értékei az erdőtalaj N-anyagcseréje szempontjából, egy-egy erdőtípus keretén belül, majdnem teljesen hatástanok.

A két N-görbe általános lefolyása nézetem szerint a következőképpen magyarázható:

A N-tartalom főforrása tudvalevőleg az évenként megismétlődő lombhullás. A lombhullás ősszel történik, amikor a lehullott anyagot az őszi és téli alacsonyabb hőmérséklet következtében a baktériumok nem tudják kellőképpen feldolgozni. Tehát elsősorban nem a N-baktériumok számára, hanem azok életműködésére van a hőmérséklet hatással, miután a nitrifi-

káló baktériumok a kedvező nedvességi viszonyok következtében épen őszszel érik el számbeli maximumukat.

A tavaszi és nyári hőmérsékletemelkedés maga után vonja azután a baktériumok fokozottabb működését. Ezzel a jelenséggel párhuzamosan azonban a fák fokozottabb életműködése is megindul, minek következtében a nitrátnitrogéntartalom természetesen elhasználódik. A nitrátnitrogénmennyiséget azután a nitrifikáló baktériumok az össznitrogéntartalomból kiegészítik. A késő nyári és a kora őszi hónapokban azután az össznitrogéntartalom is teljesen elhasználódik és mind a három erdőtípusban egyöntetűen az össznitrogéntartalom és a nitrátnitrogéntartalom minimális értékeit szeptember hó folyamán éri el.

Az október hó folyamán újra bekövetkező lombhullás következtében a N-baktériumok ismét bőséges tápanyaghoz jutnak s minthogy október hó folyamán a hőmérséklet aránylag még elég magas, úgy a N-baktériumok a talaj N-készletét megint kiegészítik. Ez a N-mennyiség a tél folyamán kb. ugyanazon nívón marad és csak tavasszal indul meg ismét az össznitrogéntartalom és a nitrátnitrogéntartalom fent vázolt folyamata.

Az eredmények összefoglalása.

1. Az erdőtalaj N-anyagcseréje kifejezett időszaki változásokat mutat. Az erdőtalaj össz-N-tartalma maximális értékeit a nyári hónapokban és pedig június és július hónapok folyamán éri el; őszszel rohamosan esik és minimumát mindhárom erdőtípusban szeptember hó folyamán éri el. Október hó folyamán azonban az össz-N-tartalom görbéje ismét rohamos emelkedést mutat.

2. A nitrát-N-görbe az össz-N-görbével egyező viselkedést mutat, azzal a különbséggel, hogy maximumát a tavaszi hónapok folyamán, mégpedig áprilisban és májusban éri el.

3. Ha az össz-N-tartalom és a nitrát-N-tartalom görbáját az összbaktériumszám görbéjével összehasonlítjuk, azt találjuk, hogy mindhárom tényező a nyári hónapok folyamán éri el maximumát.

4. Sokkal kifejezettebb és világosabb összefüggés mutatkozik a talaj- és léghőmérséklet és a két N-görbe között. Minthogy a fentiekből következik, hogy a fényintenzitás és a hőmérséklet görbéje között kifejezett párhuzam áll fenn, úgy kétségtelenül összefüggésnek kell fennállania egyrészt az össz-N-tartalom és a nitrát-N-tartalom, másrészt pedig a fényintenzitás és a talaj- és levegőhőmérséklet között.

5. Vizsgálataim alapján kimondható, hogy egyrészt a nitrifikáló és N-kötő baktériumok és másrészt az össz-N-tartalom és a nitrát-N-tartalom között nem áll fenn olyan kifejezett összefüggés, mint az erdei talaj

összbaktérium száma és CO₂-lélegzése között. Egy-egy erdőtipuson belül a nitrifikáló, denitrifikáló és N-kötő baktériumok változásai az össz-N-tartalom és nitrát-N-tartalom kialakulására majdnem egyáltalában nem gyakorolnak befolyást. Az erdőtalaj N-anyagcseréjénél tehát legfontosabb szereppel a mikrobiológiai tevékenység intenzitása bír, amelyet valószínűleg elsősorban a hőmérsékleti és csapadékváltozások befolyásolnak.

6. A talaj húmusrészlete és ph-értékei egy-egy erdőtípus keretén belül nem gyakorolnak érezhető befolyást.

Irodalom. — Literatur.

- VII I. *Waksman, Tenney* und *Stevens*: The role of microorganismus in the transformation of organic matter in forest soils. (Ecology, Vol. IX. No. 2.)
- Aaltonen, V. T.*: Ueber die Umsetzung der Stickstoffverbindung im Waldboden. (Communicationes ex instituto quaestionum forestalium Finlandiae editae 10. Helsinki, 1926.)
- Nemec, A.* und *Kvapil, K.*: Der Einfluss der Bestände auf die Bildung der Stickstoffverbindungen im Waldboden. (Les. práce, S. 231.)
- Hesselmann, Henrik*: Die Bedeutung der Stickstoffmobilisierung in der Rohhumusdecke für die erste Entwicklung der Kiefern- und Fichtenpflanzen. (Mitteilungen aus der forstl. Versuchsanstalt, 1927. H. 23.)
- II. *Büsgen—Münch*: Bau und Leben unserer Waldbäume. Jena, 1927. S. 233.
- III. *Wahnschaffe*: Wissenschaftliche Bodenuntersuchung. 1924. Seite 132.
- IV. *Whiting, Richmond* and *Schoonower*: Journal. Ind. and Eng. chem., 1920. 12. p. 982—984.
- V. *Cutler*: A method for estimating the number of active protozoa in the soil. (Journal of Agricultural Science, 10. p. 135—143. 1927.)
- VI. *Waksman, A.*: Methoden der mikrobiologischen Bodenforschung. 1927.
- Bokor*: Vizsgálatok az erdőtalaj mikroflórájáról. (Erdészeti Kísérletek, 1926. 1—2.)
- VII. *Vági*: A talajtan elemei. Sopron, 1928.
- VIII. *Mislowitzer*: Die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration von Flüssigkeiten. 1928. Seite 245.
- IX. *Fehér—Vági*: Biochemische und biophysikalische Untersuchungen über die Einwirkung der wichtigsten biologischen Faktoren auf das Leben und Wachstum der Waldbestände. (Erdészeti Kísérletek, 1926. 1—2.)
- Fehér*: Untersuchungen über die Kohlenstoffernährung des Waldes. (Flora, Allg. bot. Zeitung, 1927. Bd. 121, S. 316—333.)
- Fehér, D.—Sommer, G.*: Untersuchungen über die Kohlenstoffernährung des Waldes, II. (Biochemische Zeitschrift, 1928. Bd. 199, H. 4—6.)

I. sz. táblázat.

Főiskolai lúcos.
1. sz. kísérleti terület.

Hónapok — Monate	1927		1928			
	X.	XI.	XII.	I.	II.	
Összes Nitrogén. 1 gr. nedves földben 1. Gesamt Nitrogen. gr. pro. gr. feuchter Erde	0·0028	0·0028	0·0028	0·0024	0·0034	
Nitrát Nitrogén. 1 gr. nedves földben 2. Nitrát Nitrogen gr. pro. gr. feuchter Erde	0·000020	0·000020	0·000020	0·000021	0·000030	
3. Bakteriumok Bakterien	Aerob	4.000.000	1.490.000	1.255.000	1.750.000	2.790.000
	Anaerob	750.000	500.000	450.000	400.000	200.000
	Összesen — Zusammen	4.750.000	1.990.000	1.705.000	2.150.000	2.990.000
4. Protozoák Protozoen	Összesen — Zusammen	—	10.000	25.000	2.500	5.000
	Cysták — Cysten	—	7.500	10.000	1.000	2.500
	Aktiv	—	2.500	15.000	1.500	2.500
5. Nitrogén költők Nitrogen bindende Bakt.	10.100	7.400	4.700	2.000	2.000	
6. Nitrifikálók Nitrifizierende Bakt.	1.000	5.000	7.000	10.000	10.000	
7. Denitrifikálók Denitrifizierende Bakt.	100.000	70.000	40.000	10.000	10.000	
Humuszfartalom % Humusgehalt	2·15	2·0	1·80	1·70	1·20	
Ph.	5·50	5·90	6·10	6·08	5·74	
Talajhőmérséklet Bodentemperatur C°	9·53	6·23	+0·39	-0·05	+1·80	
Lég hőmérséklet Lufttemperatur C°	13·56	5·87	-2·24	+1·81	3·85	
Csapadék Niederschläge mm	32·2	75·7	20·3	9·7	63·7	

1—7. 1 gr nedves földben.
gr. pro gr. feuchter Erde.

Tabelle I.

Fichtenwald an der Hochschule.
Versuchsfläche 1.

III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Évi átlag Jahres durch- schnitt
0·0040	0·0036	0·0044	0·0043	0·0044	0·0022	0·00077	0·0019	0·00306
0·000065	0·000082	0·000060	0·000050	0·000060	0·000030	0·000009	0·000040	0·000039
3.670.000	6.460.000	5.450.000	8.600.000	8.770.000	8.000.000	6.700.000	3.800.000	4.825.000
200.000	500.000	200.000	1.300.000	1.800.000	1.800.000	2.000.000	1.300.000	877.000
3.870.000	6.960.000	5.650.000	9.900.000	10.570.000	9.800.000	8.700.000	5.100.000	5.687.000
1.000	2.500	5.000	7.500	10.000	6.300	2.500	10.000	7.275
1.000	1.000	2.500	2.500	7.500	5.000	2.500	5.000	4.000
—	1.500	2.500	5.000	2.500	1.300	—	5.000	4.183
2.000	1.100	1.100	1.100	—	1.100	1.100	5.000	3.061
10.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	3.846
10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	100.000	30.770
0·87	1·63	1·40	0·96	0·97	1·90	2·35	2·83	1·67
6·20	5·94	6·31	6·52	6·23	6·74	6·90	7·04	6·24
2·85	8·49	10·72	15·95	21·27	18·20	14·67	10·01	9·22
4·96	12·27	14·29	22·75	25·16	23·76	18·39	14·01	12·18
34·5	48·4	93·0	36·4	17·9	67·0	96·3	19·6	47·3

II. sz. táblázat.

Ágfalvi lúcos.
5. sz. kísérleti terület.

Hónapok — Monate		1927			1928	
		X.	XI.	XII.	I.	II.
1.	Összes Nitrogén Gesamt Nitrogen	0.0028	0.0026	0.0028	0.0018	0.0020
2.	Nitrát Nitrogén Nitrát Nitrogen	0.000033	0.000033	0.000034	0.000029	0.000031
3.	Bakteriumok Bakterien					
	Aerob	—	3.200.000	2.300.000	960.000	3.250.000
	Anaerob	—	2.000.000	540.000	160.000	600.000
	Összesen — Zusammen	—	5.200.000	2.840.000	1.120.000	3.850.000
4.	Protozoák Protozoen					
	Összesen — Zusammen	—	10.000	50.000	2.500	1.000
	Cysták — Cysten	—	7.500	25.000	1.000	1.000
	Aktiv	—	2.500	25.000	1.500	—
5.	Nitrogén kötők Nitrogen bindende Bakt.	—	200	500	1.000	1.100
6.	Nitrifikálók Nitrifizierende Bakt.	—	1.000	5.000	10.000	10.000
7.	Denitrifikálók Denitrifizierende Bakt.	—	100.000	50.000	5.000	10.000
	Humuszfartalom Humusgehalt %	—	4.0	3.2	2.7	2.4
	Ph.	—	5.2	5.5	5.8	6.12
	Talajhőmérséklet Bodentemperatur C°	9.53	6.23	+ 0.39	— 0.05	1.80
	Lég hőmérséklet Lufttemperatur C°	13.56	5.87	— 2.24	1.81	3.85
	Csapadék Niederschläge mm	32.2	75.7	20.3	9.7	63.7

1—7. 1 gr. nedves földben.
gr. pro gr. feuchter Erde.

Tabelle II.

Fichtenwald bei Ágfalva.
Versuchsfläche 5.

III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Évi átlag Jahres- durchschnitt
0.0042	0.0038	0.0048	0.0040	0.0040	0.0020	0.00031	0.0011	0.00236
0.000065	0.000075	0.000059	0.000060	0.000047	0.000030	0.000007	0.000060	0.000043
1.700.000	3.500.000	7.400.000	8.800.000	9.300.000	8.150.000	7.000.000	4.100.000	4.971.000
250.000	2.600.000	2.800.000	1.250.000	1.500.000	950.000	400.000	1.350.000	1.208.330
1.950.000	6.100.000	10.200.000	10.050.000	10.800.000	9.100.000	7.400.000	5.450.000	6.171.660
2.500	5.000	5.000	10.000	5.000	5.000	5.000	7.500	9.042
1.000	2.500	2.500	2.500	2.500	1.500	1.000	2.500	3.885
1.500	2.500	2.500	7.500	2.500	3.500	4.000	5.000	5.227
1.100	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.100	400	1.280
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	2.830
100.000	100.000	10.000	10.000	10.000	10.000	100.000	100.000	50.420
1.32	2.81	1.97	2.13	4.08	3.55	3.04	2.53	2.81
5.8	6.34	6.23	6.8	6.34	6.32	6.35	6.77	6.12
2.85	8.49	10.72	15.95	21.27	18.20	14.67	10.01	9.22
4.96	12.27	14.29	22.75	25.16	23.76	18.39	14.01	12.18
34.5	48.4	93.0	36.4	17.9	67.0	96.3	19.6	47.3

III. sz. táblázat.

Ágfalvi sarjerdő.
7. sz. kísérleti terület.

Hónapok — Monate	1927		1928			
	X.	XI.	XII.	I.	II.	
Összes Nitrogén 1 gr. nedves földben 1. Gesamt Nitrogen gr. pro gr. feuchter Erde	0·0030	0·0030	0·0030	0·0025	0·0022	
Nitrát Nitrogén 1 gr. nedves földben 2. Nitrát Nitrogen gr. pro gr. feuchter Erde	0·000033	0·000030	0·000029	0·000028	0·000030	
3. Bakteriumok Bakterien	Aerob	3.600.000	2.300.000	1.050.000	3.162.500	
	Anaerob	—	200.000	170.000	100.000	120.000
	Összesen — Zusammen	—	3.800.000	2.470.000	1.150.000	3.282.500
4. Protozoák Protozoen	Összesen — Zusammen	—	7.500	5.000	7.500	2.500
	Cysták — Cysten	—	2.500	2.500	5.000	1.000
	Aktiv	—	5.000	2.500	2.500	1.500
5. Nitrogén köötők Nitrogen bindende Bakt.	—	1.100	5.000	5.000	11.000	
6. Nitrifikálók Nitrifizierende Bakt.	—	10.000	5.000	1.000	1.000	
7. Denitrifikálók Denitrifizierende Bakt.	—	50.000	40.000	20.000	10.000	
Humusztartalom Humusgehalt %	—	2·20	2·20	2·25	2·80	
Ph.	—	4·90	4·75	4·61	5·79	
Talajhőmérséklet Bodentemperatur °C	9·53	6·23	+ 0·89	— 0·05	1·80	
Lég hőmérséklet Lufttemperatur °C	13·56	5·87	— 2·24	1·81	3·85	
Csapadék Niederschläge $\frac{mm}{m}$	32·2	75·7	20·3	9·7	63·7	

1—7. 1 gr. nedves földben.
gr. pro gr. feuchter Erde.

Tabelle III.

Niederwald bei Ágfalva.
Versuchsfläche 7.

III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Évi átlag Jahres durchschnitt
0·0042	0·0035	0·0043	0·0045	0·0040	0·0020	0·00058	0·00035	0·00208
0·000041	0·000052	0·000090	0·000059	0·000063	0·000030	0·000017	0·000030	0·000040
2.640.000	5.800.000	9.550.000	8.930.000	11.300.000	10.000.000	8.000.000	3.100.000	5.786.710
200.000	350.000	400.000	1.500.000	1.900.000	2.000.000	2.500.000	1.000.000	870.000
2.840.000	6.150.000	9.950.000	10.430.000	13.200.000	12.000.000	10.500.000	4.100.000	6.654.375
5.000	1.000	2.500	7.500	10.000	6.200	2.500	7.500	5.375
5.000	1.000	2.500	1.000	7.500	5.000	2.500	1.000	3.041
—	—	—	6.500	2.500	1.200	—	6.500	3.525
2.000	2.000	2.000	1.100	1.100	1.100	1.100	1.000	2.790
1.000	1.000	10.000	1.000	1.000	1.000	10.000	10.000	4.330
10.000	10.000	100.000	10.000	10.000	10.000	10.000	100.000	31.660
2.03	4·17	3·16	2·73	2·52	2·61	2·70	2·81	2·68
5·81	5·76	6·20	6·45	5·90	5·94	6·24	6·58	5·73
2.85	8·49	10·72	15·95	21·27	18·20	14·67	10·01	9·22
4.96	12·27	14·29	22·75	25·16	23·76	18·39	14·01	12·18
34·5	48·4	93·0	36·4	17·9	67·0	96·3	19·6	47·3

IV. sz. táblázat.

Tabelle IV.

**Az összes N. és Nitrát-N. mennyiségek mélység szerinti megoszlása
1928 februárban.**

Tiefenverteilung des gesamt und Nitrát Nitrogens in Feber 1928.

			Felszinen Oberfläche	20 ‰ mély- ségben 20 ‰ Tief	40 ‰ mély- ségben 40 ‰ Tief
Főiskolai lúcos	Összes	Nitrát	0'0034	—	—
Fichtenwald an der Hochschule	N.	Gesamt	0'000030	—	—
Agfalvi lúcos	Összes	Nitrát	0'0020	0'0027	0'0044
Fichtenwald bei Agfalva	N.	Gesamt	0'000031	0'000031	0'000029
Agfalvi sarjerdő	Összes	Nitrát	0'0022	0'0029	0'0046
Niederwald bei Agfalva	N.	Gesamt	0'000030	0'000035	0'000030

V. sz. táblázat.

Tabelle V.

Évi átlagok. — Jahresdurchschnittswerte.

Kísérleti terület Versuchsfläche	Főiskolai lúcos Fichtenwald an der Hochschule	Ágfalvi lúcos Fichtenwald bei Ágfalva	Ágfalvi sarj- erdő Niederwald bei Ágfalva
1. Összes Nitrogén Gesamt Nitrogen	0.00306	0.00286	0.00208
2. Nitrat Nitrogen	0.000039	0.000043	0.000040
3. Bakte- riumok Bakterien			
Aerob	4 825.000	4.971.000	5.786.710
Anaerob	877.000	1.208.330	870.000
Összesen — Zusammen	5.687.000	6.171.660	6.654.375
4. Protozoák Protozoen			
Összesen — Zusammen	7.275	9.042	5.375
Cysták — Cysten	4.000	3.885	3.041
Aktív	3.275	5.157	2.334
5. Nitrogén kötők Nitrogen bindende	3.061	1.280	2.790
6. Nitrifikálók Nitrifizierende	3.846	2.830	4.330
7. Denitrifikálók Denitrifizierende	30.770	50.420	31.660
Humusztartalom % Humusgehalt	1.67	2.81	2.68
Ph.	6.24	6.12	5.73
Talajhőmérséklet C° Bodentemperatur	9.22	9.22	9.22
Lég hőmérséklet C° Lufttemperatur	12.18	12.18	12.18
Csapadék Niederschläge ^{m/m}	47.3	47.3	47.3

1—7. 1 gr. nedves földben.
gr. pro gr. feuchter Erde.

A favizsgálatok szabványosításának kérdéséhez.

Irta: vitéz Török Béla.

A favizsgálatok mikénti lefolytatását az Anyagvizsgálók Nemzetközi Szövetsége által 1906-ban hozott határozatok szabályozzák. Ezeket a határozatokat legújabbán a Német Anyagvizsgálók Szövetsége átdolgozta és a „*Baunormung*“ folyó évi június hó 5-én megjelent 5. sz. füzetében javaslatként nyilvánosságra hozta abból a célból, hogy a szakközönség hozzászólása után ezeket mint szabványokat kiadja.

A favizsgálatok eredményeinek az erdőgazdaság szempontjából való nagy jelentősége megkívánja, hogy az abban foglalt határozatok az erdőszet céljainak is minden tekintetben megfeleljenek. Az erdőgazdaság szempontjából igen fontos kérdés a próbavétel, amelyet az előírások részletesen szabályoznak. Közismert dolog az, hogy a fa műszaki tulajdonságai a törzsrész magassági fekvései szerint változnak és épen ezért összehasonlításra alkalmas eredményeket csak akkor nyerhetünk, ha a próbákat azonos magassági törzsrészekből alakítjuk ki.

E pontot illetőleg a javaslat — a nemzetközi előírásokhoz híven — a következőket tartalmazza: A hajlítoszilárdsági vizsgálatokhoz a próbadarabok a 7—10 m magasságban fekvő törzsrészekből alakítandók ki, míg a többi vizsgálatok céljaira szolgáló próbákat közvetlenül eme törzsrész alatti, vagy feletti részből kell venni. Egyszóval a próbák kialakítására szolgáló törzsrész magassági fekvését abszolút mértékben határozza meg. Ha megfontolás tárgyává tesszük azt a körülményt, hogy a különböző termőhelyről származó törzsek magassága között még azonos fafaj és kor feltételezése mellett is meglehetősen nagy különbségek vannak, akkor könnyen beláthatjuk, hogy eme határozatok betartása esetén azon törzsrészek amelyekből a próbadarabot kialakítjuk, igen különböző koruak.

Annak a megvilágítására, hogy a próbák kialakítására szolgáló egyes törzsrészek növekedési ideje közötti különbségek mekkorák lehetnek, szolgáljon a következő táblázat:

1. sz. táblázat.

Tabelle 1.

Fafaj Holzart	A 100 éves törzs 8·5 m magasságában levő keresztmet- szet évgyűrűinek száma (növekedési idő). Jahresringzahl in der 8·5 m Höhe eines 100jährigen Stammes (Wuchszeit)						
	I.	Jó Gute	II.	Közepes Mittlere III.	IV.	Gyenge Geringe	V.
	termőhelyi osztályon — Standortsklasse						
Tölgy Eiche	—	77	—	67	—	52	—
Bükk Rotbuche	75	73	70	64	56	49	41
Erdeifenyő Kiefer	79	77	75	68	58	49	40
Lúcfenyő Fichte	74	72	70	62	54	49	43
Jegenyefenyő Tanne	67	66	64	59	51	45	38

A fenti táblázatot *Dr. Schwappach* fatermési táblái alapján állítottam össze. A táblázatból láthatjuk, hogy a Német Anyagvizsgálók Szövetsége által meghatározott jó és gyenge termőhelyen nőtt törzseknek 8·5 m (7—10 m magasságú rész átlaga) magasságban levő törzsrészének növekedési ideje között az egyes fajoknál a következő korkülönbségek lehetnek:

Tölgynél	25 év
Bükknél	24 év (az I. és V. termőhelyi osztály között 34 év)
Erdeifenyőnél	28 év (az I. és V. termőhelyi osztály között 39 év)
Lúcfenyőnél	23 év (az I. és V. termőhelyi osztály között 31 év)
Jegenyefenyőnél	21 év (az I. és V. termőhelyi osztály között 29 év)

Ezek a korkülönbségek kétségtelenül igazolják azt, hogy az egységes összehasonlíthatóság kedvéért a határozatok eme pontján változtatni kell.

A korkülönbségek sokkal kedvezőbben alakulnak, ha a próbák kialakítására szolgáló törzsrészek magassági fekvését a famagasság százalékában adjuk meg. Természetesen nem könnyű kérdés annak az eldöntése, hogy melyek legyenek ezek a százalékok. Véleményem szerint a legegyszerűbb és leghelyesebb volna, ha a 7—10 m magassági fekvés alapulvételével a különböző termőhelyi osztályon nőtt faállományoknak az átlagos vágásforduló korában elért átlagos magasságából számítanók ki ezeket a százalékokat. Ha az öt legfontosabb fafajnak az átlagos vágásforduló korában a különböző termőhelyi osztályokon elért átlagmagasságából középértéket képezünk, s az így nyert számból a 7—10 m magagsságnak százalékos fekvését meghatározzuk, akkor eredményül 26—43 tehát kereken 25—40%-ot nyerünk.

2. sz. táblázat.

Tabelle 2.

Fafaj Holzart	A 100 éves törzs magasságának $\frac{1}{3}$ -ában lévő kesesztmet- szet évgyűrűinek száma (növekedési idő). Jahresringzahl in der $\frac{1}{3}$ Höhe eines 100jährigen Stammes (Wuchszeit)						
	I.	Jó Gut	II.	Közepes Mittel III.	IV.	Gyenge Gering	V.
termőhelyi osztályon — Standortsklasse							
Tölgy Eiche	—	76	—	71	—	65	—
Bükk Rotbuche	70	69	68	66	64	62	60
Erdeifenyő Kiefer	77	77	76	74	72	70	68
Lúcfenyő Fichte	69	68	67	63	60	59	57
Jegenyefenyő Tanne	64	64	63	60	57	56	54

Ennek következtében a próbadarabok kialakítására szolgáló törzsrész magassági fekvését úgy kellene előírni, hogy azok mindig a vizsgálat alá vont átlagtörzsek famagasságának 25—40%-nyi részében, illetve a közvetlen ez alatt, vagy efelett levő részekből vágassanak ki.

Tekintettel arra, hogy a 25—40%-nak az átlaga 32,5, még precízebben és egyszerűbben úgy határozhatnók meg a próbadarabok kialakítására szolgáló törzsrész magassági fekvését, hogy annak közepe pontosan a famagasság $\frac{1}{3}$ -ában fekjűdjön. A különböző termőhelyekről származó és a próbadarabok kialakítására szolgáló törzsrészek növekedési ideje közötti különbségeket ez esetben a 2. sz. táblázat tünteti fel.

A 2. sz. táblázatot szintén *Dr. Schwappach* fatermési táblái alapján állítottam össze, mégpedig az összehasonlíthatóság kedvéért minden fajnál 100 éves kort vettem fel. A táblázatból láthatjuk a jó és gyenge termőhelyen nőtt törzseknek a famagasság $\frac{1}{3}$ -ad részében levő törzsrészeinek növekedési ideje közötti különbségeket és pedig:

Tölgynél	11 év
Büknél	7 év (az I. és V. termőhelyi osztály között 10 év)
Erdefenyőnél	7 év (az I. és V. termőhelyi osztály között 9 év)
Lúcfenyőnél	9 év (az I. és V. termőhelyi osztály között 12 év)
Jegenyefenyőnél	8 év (az I. és V. termőhelyi osztály között 10 év)

Ha a két táblázat adatait egymással szembe állítjuk, akkor láthatjuk, hogy míg az előírásokak megfelelően kivágott törzsrészek közötti maximális korkülönbség 39 év, addig az általam javasolt módon kivágott törzsrészek közötti korkülönbség maximális esetben is csak 12 év. Természetesen különböző viszonyok között nőtt faállományoknál ezek a korkülönbségek kisebb vagy nagyobb mértékben változhatnak, de az előírás és a javaslat szerint kivágott törzsrészek közötti korkülönbségek viszonya nagyjában ugyanaz marad.

Ez a körülmény indított arra, hogy az előírásoknak a fent említett módon való megváltoztatása végett a Német Anyagvizsgálók Szövetségéhez javaslatot nyújtottam be.

A javaslat elfogadása esetén — eltekintve attól, hogy összehasonlításra egységesebb adatokat nyerünk — a próbavétel meg fog felelni annak az általános elvnek is, hogy azok olyan törzsrészekből alakíttassanak ki, amelyek a szerfatermelés szempontjából szóhajvő törzsrész körülbelüli átlagában fekjűsnek.

Kisebb közlések.

A tharandti erdőmérnöki főiskola a dresdeni műegyetem keretében.¹⁾

Folyó évi május hó 2-án ünnepélyes keretben folyt le a tharandti erdőmérnöki főiskolának a dresdeni műegyetem kebelébe való beiktatása.

Az ünnepély az erdőmérnöki főiskola aulájában folyt le, megnyitotta azt a főiskola rektorának, *Prell dr.*-nak beszámolója az elmúlt évről, utána következett *Weber* pénzügyminiszternek ünnepi beszéde. Vázolta a főiskola eddigi fejlődésének menetét a pénzügyminiszter fennhatósága alatt, rátért arra az utóbbi évtizedekben mindinkább előtérbe jutó meggyőződésre, hogy a főiskola bár kiváló jó hírnévre tett szert, mégis híjján van annak az előnynek, amit a tudomány, az általános képzettség nagy gyűjtőmedencéi, az egyetemek nyújtanak. Ebből fakadt az a törekvés, hogy a főiskola szorosabb kapcsolatba jusson valamely nagy egyetemmel. 1926-ban létesült ezeknek a törekvéseknek nyomán a műegyetemmel való munkaközösség, mivel azonban ez a megoldás nem felelt meg a főiskola igényeinek és érdekeinek, a pénzügyminiszter engedett a két intézet egybevágó kívánságának, hogy a tharandti főiskolát régi jóhírű nevének épségben tartása mellett, mint külön kart szervezzen iktassák bele a dresdeni műegyetem keretébe. Neve: Erdőmérnöki főiskola Tharandt. A dresdeni műegyetem kara.²⁾

Külön kiemelte a miniszter, hogy súlyt fektet arra, hogy a régi név jogait tiszteletben tartsák, valamint arra, hogy a főiskola sajátlagos belélete is érintetlenül megmaradjon. Végül köszönetet mondott a főiskolának az erdőmérnöki tudományok körül több mint száz éven át szerzett érdemeiért és sikeres munkát kívánt az új keretben.

¹⁾ A német nyelvben az Universität és a Hochschule rangban azonos jelentőségű, míg a magyar nyelvben a „főiskola” név alacsonyabbrendű intézet jellegét adja az egyetem szóval szemben. Épen ezért nekünk is fel kell cserélnünk a mostani nevünket az egyetem szóval, aminek egyébiránt csak politikai akadályai vannak, a megfelelő nívót már rég elértük, nemcsak a saját véleményünk szerint, hanem a magyar műszaki világ általános és egyhangú véleménye szerint is.

²⁾ Nem fordítottam szó szerinti a német nevet, hanem értelem szerint: Forstliche Hochschule Tharandt. Abteilung der Technischen Hochschule Dresden.

Bünger dr. népoktatásügyi miniszter kiemelte, hogy az erdömérnöki főiskolának bekapcsolása az új keretbe nemcsak adminisztratív tény, hanem mértföldkövet jelent abban a fejlődésben, amely a tudomány fejlesztésének modern felfogásából fakad. Semmiféle tudományág nem dolgozhat elszigetelten, meg kell találnia a kapcsolatot, az okozati összefüggést az általános tudással, az érintkezést a rokon tudománykörökkel. Ebből a szempontból megítélve ez az új kapcsolat is az összefoglaló munka jegyében fog állani, amelynek keretében az egyéni törekvés is érvényesül. Arra fog törekedni, hogy az erdömérnöki főiskolának széleskörű és sokoldalú oktatási rendszer útján nemcsak a pedagógiai és tudományos kérdésekben nyisson biztos utat az érvényesüléshez, hanem a speciális kutatást és a különleges kívánalmakat is megértéssel és szeretettel kívánja fejleszteni.

A főiskola rektora, *Prell dr.*, azután részletesen rajzolta az intézet fejlődési menetét az 1816-ban *Cotta Henrik* által történt alapítása óta.

A 3 tanárral és 5 magántanárral való szerény kezdésből egy század lefolyása alatt kialakult a mostani intézet 10 rendes és 11 rendkívüli tanárral.³⁾

Büszkén említette a *Cotta, Preszler, Nobbe, Judeich, Nietzsche, Rossmoeszler* neveket, amelyeknek messze a német határokon túl erő jó csengetésük van.

A nagyobb intézethez való csatlakozás gondolata már régen kísértett. Eleinte a tudományegyetem került szóba, hisz akkor a műegyetem még maga is a kezdet nehézségeivel küzdött. De a tudományegyetemhez való csatlakozás nemcsak a régi híres névnek elvesztését vonta volna maga után, de a szakoktatás érdekeit sok más téren is veszélyeztette volna. A műegyetemhez való csatolás azonban oly módon volt keresztülvihető, hogy ezek a nehézségek elestek és a szakoktatás érdekei és sajátos igényei a legmesszebbmenőleg meg voltak óvhatók.

Prell dr. után a műegyetem rektora, *Müller dr.*, emelkedett szólásra. A műegyetem szívesen tárta ki kapuit a testvérintézet előtt, egyrészt, mert kötelességének tartotta, hogy a tudománynak ezt a régi és bevált intézményét támogassa, másrészt, mert érezte magában az erőt és tehetséget, hogy tényleg segíteni tudjon. Hogy tiszteletben óhajtják tartani a főiskola régi tradícióit és sajátos igényeit, mutatja a bekapcsolás formája, amely biztosítja a régi nevet és a szükséges önállóságot, amint egyébiránt a műegyetem minden karának már elejétől fogva megvolt a saját fejlődésének

³⁾ Ez az adat érdekes összehasonlításra ad alkalmat. A tharandti főiskolának, amelynek tisztán erdészeti oktatásában a műszaki tudománykörök sokkal kisebb keretben szerepelnek, mint nálunk, mégis 10 rendes és 11 rendkívüli tanára van, nálunk — dacára a műszaki tárgyak nagyobb számának — összesen 19 rendes, rendkívüli tanár és előadó szerepel és a szűkebb értelemben vett szaktárgyakra csak 8 rendes tanárral rendelkezünk.

teljesen szabad lehetősége. A műegyetem a szabad fejlődés lehetőségének megadása mellett a főiskolának, most már műegyetemi karnak érdekeit teljes súlyával és jóindulatával védeni fogja. Bár földrajzilag megmarad az elkülönülés, meg fogják találni az útját-módját annak, hogy az összekapcsolás és érintkezés szoros és bensőséges legyen, nagyobb mértékben, mint ahogyan az eddigi munkaközösség keretében lehetséges volt. Annak a reményének és bizalmának ad kifejezést, hogy az újonnan egyesített intézet keretében és a műegyetem rektorának és tanácsának vezetése alatt áldásos lesz a főiskola rektorának és az egész intézetének működése az erdészeti tudományok, a kutatás és oktatás terén.

Kissé részletesebben írtam le a tharandti főiskola ünnepélyét, mert a mi számunkra is sok tanulságosat rejt magában az a folyamat, mely külföldi erdészeti tanintézetekben mind szélesebb és szélesebb mederben folyik, hogy az önálló erdőmérnöki főiskolák megszűnjenek, illetőleg valamely műegyetembe olvadjanak bele. Hogy csak a legfontosabbakat említsem, a svájci erdőmérnöki oktatás már régen a zürichi polytechnikumon folyik, a dán és az osztrák a földművelésügyi egyetemen, Bajorországban, Badenben és Württembergben az aschaffenburgi és a tübingeni intézetek a müncheni, illetőleg a freiburgi tudományegyetemekbe lettek beolvasztva, az utódállamok nem is létesítettek önálló iskolákat, azonnal az egyetemekhez csatolták az erdőmérnöki fakultást, most Szászország is követte a példát, Poroszország aligha vár sokáig.

Igazolva látjuk ebben a saját szakköreinknek azt a törekvését, hogy a mi főiskolánknak is megszerezzük az egyetemi jelleget. Nálunk annyiban más a helyzet, hogy a mi főiskolánk nem elszigetelt különálló iskola, mint a német erdészeti Hochschule-k, hanem több fakultásból álló, egyetemi jelleggel bíró intézet, annyira fejlett szervezettel és sokoldalú tananyaggal, hogy nem lehet szó arról, hogy azt valamely egyetembe olvasszuk bele, hanem csak arról, hogy — még egy-két fakultást hozzáadva — önmagában teljes egyetemmé legyen kifejlesztve. A magyar erdőgazdaság mindig az elsők között volt, nagyon szomorú volna, ha épen az erdőgazdaság alapja és tudományos gyűjtőpontja, régi nagyhírű főiskolánk körül maradnánk utolsók ebben a mind általánosabbá váló mozgalomban.

FORSTLICHE VERSUCHE

RECHERCHES FORESTIÈRES.

FOREST RESEARCHES.

Année XXXI. Jahrgang.

Cahier 2. Heft. 1929.

Wurzelstudien in Pflanzgarten und auf Szikböden.

Von *Paul Magyar.*

Der überwiegende Teil gewisser, im Leben des Waldes sich offenbarer Erscheinungen wurde im allgemeinen mit dem Licht in Zusammenhang gebracht, was statt Klärung öfters nur Verwirrung brachte. So z. B. ist es unverständlich, warum dieselbe Holzart bei gleichem Klima auf einem schwächeren Boden viel mehr Licht verlangt, als auf einem Boden höherer Bonität. Die Erklärung ist ganz anderswo zu suchen, und zwar dort, bei jenem Organ des Baumes, das mit dem besseren oder schwächeren Boden in unmittelbarer Fühlung steht, welches also die Beschaffenheit des Bodens vom Standpunkte des Baumes, Leben und Entwicklung des Waldes bestimmt und ihr ausschlaggebende Bedeutung verleiht. Dieses Organ ist das Wurzelwerk. Wollen wir also dem Waldbau eine naturwissenschaftliche Grundlage sichern, so wird es zu unserer eminenten Pflicht, das Wurzelwerk der Bäume auf verschiedenen Standorten einer systematischen Prüfung zu unterziehen. Die Zahl der durch diese Einsicht zur Arbeit bewegten Forscher mehrt sich andauernd und so klären sich allmählich unsere Begriffe über die Naturgeschichte des Wurzelwerkes.

Durch die, in letzterer Zeit durchgeführten Untersuchungen sind wir gezwungen, unsere Kenntnisse in Bezug auf die, der Bodentiefe gegenüber erhobenen Ansprüche der Holzarten, sowie die Klassifizierung ihrer Wurzel nach Tiefe, einer Revision zu unterwerfen. Die Literatur bezeichnet z. B. die gemeine Kiefer als tief-, die Schwarzkiefer als flachwurzeln. Demgegenüber haben es meine bisherigen Untersuchungen festgestellt, dass die horizontalen Wurzeln der gemeinen Kiefer im Sandboden des Alföld viel seichter liegen, als die der Schwarzkiefer, wogegen das vertikale Wurzelwerk

beider Holzarten das in einige Meter Tiefe befindliche Grundwasser erreicht, hierorts kann also eher die Schwarzkiefer tiefwurzelnd genannt werden, als die gemeine Kiefer.

Man könnte sagen, so viel Klassifizierungen als Autoren. Die einfache Erklärung dieses Umstandes ist, dass die einzelnen Forscher bei verschiedenen Verhältnissen das Wurzelwerk der Holzarten untersucht haben, so müssen also auch die Ergebnisse sehr abweichend sein.

Gegenwärtige Untersuchungen sind, obzwar sie in erster Reihe praktischen Zielen dienen, mit Rücksicht darauf, dass sie eine ganze Skala der Bodenbeschaffenheit behandeln, auch aus allgemein-wissenschaftlichem Standpunkt bemerkenswert und tragen in gewissem Masse zur Lösung der kompliziert erscheinenden Frage bei.

Ich wiederhole, bei meinen Untersuchungen kamen vor allem praktische Gesichtspunkte zur Geltung. Das Alföldaufforstungsgesetz wurde im Jahre 1923 geschaffen und ordnet unter anderem auch die Bepflanzung der Szikböden an. Das in dieser Richtung zum Wegweisen berufene Versuchsfeld von Püspökladány begann erst im Herbst 1924 seine Tätigkeit. Die allgemein angenommene Ansicht hingegen ist, dass man bei Aufforstungsversuchen verlässliche und praktisch verwendbare Resultate nur nach Jahrzehnten erwarten kann. Wir verfügen aber nicht über Jahrzehnte bis zum Vollzug des Gesetzes, der ohnedies schon drängt. So mussten wir also Mittel finden, die es uns ermöglichten, die auftauchenden Fragen mit entsprechender Sicherheit zu beantworten und mit deren Hilfe wir imstande sind, bei gegebenen Umständen mehr oder weniger Einblick in die Zukunft der Holzarten zu gewinnen. Dieses Verfahren ist die Wurzeluntersuchung.

Der Ausgangspunkt war folgender: *Unser Alföld ist in klimatischer Hinsicht ein Uebergang zwischen Steppe und Waldklima (Waldsteppe). Die Niederschläge, besonders auf Szikböden, gelangen nur teilweise in den Boden und auch von dieser Menge kann nur ein Teil durch das Wurzelwerk des Baumes aufgenommen werden. Unter solchen Umständen ist die zur Verfügung stehende Wassermenge zum Gedeihen des Baumes keinesfalls genügend, noch weniger zum Fortkommen des Waldes. Die Bäume sind gezwungen, die bei der ziemlich trockenen Luft des Alföld zur gesteigerten Verdunstung unumgänglich notwendige grössere Wassermenge aus irgend einer anderen Quelle zu ersetzen. Das können sie nur aus dem Grundwasser holen. Wenn also die Bodenverhältnisse das Durchdringen des Wurzelwerkes ermöglichen, resp. die Wurzeln der Holzarten imstande sind die kritischen Bodenschichten durchzubrechen und zum Grundwasser zu gelangen, so kann die Zukunft des Baumes als gesichert angesehen werden.*

Das war die Grundlage unserer Untersuchungen und der aus diesen

möglichen Folgerungen. Und so wird die Frage der Alfeld-, besonders aber der Szikbödenaufforstung Boden-, resp. Wurzelfrage.

Diese Behauptung wird unter anderem auch durch den auffallend grossen Unterschied bekräftigt, das zwischen den Wurzeln besteht, die in normalem, gut ventilierendem Boden mit verhältnismässig lockerer Struktur und z. B. in einem Szikboden II. Klasse sich entwickelten. Ich nahm die Untersuchungen im Pflanzgarten auch in mein Programm und werde diese vor den Versuchsstudien behandeln, einerseits, um auf Letztere hinweisen zu können, andererseits, weil es nicht ohne Interesse und lehrreich ist, wenn wir das Gedeihen der Wurzeln der, bei den Untersuchungen angewendeten Pflanzen so inmitten der günstigen Pflanzgarten-, wie auch in der veränderten Versuchssituation verfolgen.

Methoden.

Die Auswahl des Untersuchungsmaterials wurde den praktisch wichtigen Fragen angepasst. So wurde z. B. *Tamarix tetrandra* nur auf den Böden III. Klasse untersucht. Von einigen weniger wichtigen Holzarten haben wir nur 1—2 Exemplare ausgehoben, von anderen hingegen ganze Serien (*Celtis*, Eschenahorn, — Kanadische Pappel, Holzbirne). Die Auswahl erfolgte bei jeder Gelegenheit umso sorgfältiger. Ich war bemüht, womöglich Durchschnittsexemplare oder besser gewachsene, doch unbedingt charakteristische Pflanzen auszuheben. Vor Beginn der Arbeit wurde auf Grund der der Bepflanzung vorangehenden und seinerzeit skizzenartig fixierten floristischen Aufnahme die Beschaffenheit des Bodens festgestellt. Ich skizzierte den durch die benachbarten Pflanzen gebildeten Verband, notierte Zeit, Ort der Untersuchung, Holzart, Versuchsverfahren, Beschaffenheit des Bodens, dann während des Aushebens die für die Charakterisierung des Bodens wichtigen Daten und jene Merkmale des Wurzelwerkes, die aus der Skizze nicht genügend hervortraten. Jede Skizze bestand aus einer Seiten- und aus einer Obenansicht. Hier wurde womöglich jeder, das allgemeine Bild nicht störende Wurzelfaden abgebildet, mit Ausnahme der ganz kurzen, kaum einige Centimeter langen Wurzeln natürlich. Bei den Untersuchungen im Pflanzgarten schenkte ich jedoch auch diesen ein Augenmerk. Die Anfertigung der Skizzen geschah nicht aus einer, im vorhinein bestimmten Richtung, z. B. aus Süden, Norden etc., entscheidend war immer: bei welcher Einstellung und *wie* zeigt ein bedeutsameres Bild die Seitenansicht und dieser passte sich dann die Obenansicht an. Mein Aufnahmegesichtspunkt fiel entweder in die Richtung der Pflanzenreihen oder schnitt vertikal diese. Das Skizzieren wurde selbstredend ununterbrochen mit Messungen begleitet. Die in der Tabelle I.

vermerkten Wurzellängen beziehen sich immer auf die horizontale Projektion, nicht aber auf die wirkliche Länge der Wurzel.

Bei den Untersuchungen haben wir im allgemeinen das volle Wurzelwerk, also womöglich jeden dünnen Wurzelfaden vorsichtig freigelegt, da man nie voraus wusste, wie weit sie reichen. Das Aufschliessen verlangt grosse Vorsicht, Aufmerksamkeit und Geduld und kann nur mit sehr verlässlichen, gewandten und eingeübten Arbeitern vorgenommen werden. Besonders schwierig ist so eine Arbeit in schwerem, szikhältigen Lehm, hauptsächlich wenn der Boden überaus feucht ist und sich schmiert, oder wenn er bei Dürre steinhart wird. Das Freilegen der Wurzeln selbst erfolgte, nach der mit Krampen und Spaten vollführten groben Aufschliessung, mit Zuhilfenahme eines spitzen Messers mit starker Klinge, am besten Taschenmesser, ansonsten würden bei der minuziösen und grosse Sorge verlangenden Arbeit immerwährend Wurzeln abgerissen sein.

Untersuchungen im Pflanzgarten.

Der Boden unseres Pflanzgartens ist Lehm besserer Qualität und genügend lockerer Struktur. Das Grundwasser befindet sich in einer Tiefe von cca 5 Meter.

Das sorgfältig durchgeführte Aufschliessen des vollen Wurzelwerkes führt schon zu Ergebnissen hier, die mit unseren bisherigen Kenntnissen kaum in Einklang zu bringen sind. So z. B. erreichte die als flachwurzelnd bekannte *Akazie* schon im ersten Jahr eine Tiefe von 232 cm., während ihre längste Seitenwurzel 105 cm. mass, mit welchen Daten sie unter den geprüften einjährigen Saatbeetpflanzen an der Spitze steht. Ihr folgen die *Stieleiche* mit 142, die *Sophora* und *Amorpha fruticosa* mit 120, die *Amerikanische Esche* mit 118, *Elaeagnus angustifolia* mit 105 und *Gleditschia triacanthos* mit 100 cm. maximaler Tiefe.

Bei dem Freilegen des Wurzelwerkes von zweijährigen Saatbeet-Feldulmen gelangten wir zu einer Tiefe von 5'15m., wo aber das vordringende Grundwasser eine weitere Arbeit unmöglich machte. Die zweijährige Feldulme drang also tiefer als 5'15 m., wahrscheinlich bis zu jener Tiefe, wo das Grundwasser am Ende des vergangenen Sommers oder im Herbst stand. Das Freilegen erfolgte nämlich zu Beginn des Frühlings, wo das Grundwasser auf dem Versuchsfelde von Püspökladány durchschnittlich um 1 m. höher steht als Ende Sommer.

Besondere Aufmerksamkeit verdient diese Erscheinung, wenn wir der Aeusserung *Vater's* gedenken, wonach es bei seinen sämtlichen bisherigen Untersuchungen noch nie der Fall gewesen wäre, dass die Wurzel in das Grundwasser gelangt hätte. Dies ist umsomehr auffallend, da solche Fälle

bei meinen Forschungen öfters vorkamen, was übrigens ganz natürlich ist, denn das Wurzelwerk ist ja immer bestrebt, das Grundwasser zu erreichen, das jedoch zur Zeit der Vegetation, von einiger Fluktuation abgesehen, bis zum Herbst stufenweise sinkt, um dann wieder ein Steigen zu beginnen. Dieser Vorgang, der heute am ganzen Alföld der Gegenstand eingehender Beobachtungen ist, hängt höchstwahrscheinlich mit dem Verhältnis zwischen Niederschlägen und Verdunstung, ferner mit der wasserdurchlassenden Fähigkeit des Bodens zusammen. Die Wurzel verfolgt also das Grundwasser in seinem Sinken, hingegen gelangen die Wurzelenden in der Periode des Steigens unter Wasser und können, wenn diese anhaltend ist, auch absterben, so dass ein neuerliches Sinken durch neugewachsene Wurzelfäden begleitet wird. Diese Erscheinung steht also mit dem Schwanken des Grundwassers in engstem Zusammenhang, ihre Beobachtung aber mit dem Zeitpunkt des Freilegens. Vater macht in seinem Aufsatz — leider — über keines der Beiden Erwähnung.

Zu den zweijährigen Saatbeetpflanzen zurückgekehrt, finden wir, dass die tiefwurzelnde *Sophora* die im ersten Jahr kaum überholte *Esche* gewaltig hinter sich lässt (266 cm. gegenüber 134, resp. 132 cm.). Da sondern sich also die flachwurzelnden Arten schon schärfer von denen mit tiefen Wurzeln ab.

Die Wurzellänge der zweijährigen verschulten Pflanzen, die also nach ihrem ersten Lebensjahre ausgehoben und in der Regel mit verstümmelten Wurzeln verpflanzt werden, erreicht nicht die Wurzellänge der einjährigen Saatbeetpflanzen.

Interessante Wurzeltypen finden wir bei den *Stecklingen*. Bis die Wurzeln der *Tamariske*, natürlich einen mehr-weniger lockeren Boden und eher trockene, als feuchte Verhältnisse vorausgesetzt, in erster Reihe abwärts streben (Fig. 33, 34 und 42, 44), entwickelt die *Kanadische Pappel* vor allem meistens horizontale Sohlenwurzeln, aus denen dann zahlreiche vertikal nach unten gerichtete, sogenannte Senkerwurzeln wachsen. *Elaeagnus* nimmt zwischen den beiden Typen Platz.

Am schnellsten das Grundwasser zu erreichen, ist von den untersuchten Holzarten die *Tamarix odessana* bemüht, welche im ersten Jahr bis zu einer Tiefe von 260 cm. (Fig. 33), im zweiten aber 483 cm. tief gelangte. Die allgemein bekannte *Tamarix tetrandra* blieb bedeutend hinter der Ersten (180, resp. 248 cm.; Fig. 34, 43).

Die *Kanadische Pappel* erreicht beinahe dieselbe, die *Oelweide* eine wesentlich geringere Tiefe.

Wenn wir die Abbildungen der ersten drei Tafeln aufmerksam betrachten und Schätzungen unternehmen, wie bei dem normal-üblichen Pflanzenausheben vom gesamten Wurzelwerk unversehrt bleibt, respektive

in welchem Umfang Wurzeln in den normalen Pflanzlöchern (mit 30—40 cm. Durchmesser und Tiefe) Platz finden, so gelten für die untersuchten Holzarten im allgemeinen folgende Feststellungen:

Bei dem Freilegen, resp. bis zur Verpflanzung büsst das Wurzelwerk der einjährigen Saatbeetpflanzen den $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ Teil ein, bei den zweijährigen Saatbeetpflanzen geht der $\frac{1}{2}$ — $\frac{9}{10}$, bei den Stecklingen der $\frac{3}{4}$ — $\frac{9}{10}$ Teil der Wurzeln verloren.

Untersuchungen bei Szikaufforstungen.

Auf den Szikböden I. Klasse, obwohl die Entwicklung da eine langsamere ist, als im Pflanzengarten, gelangen die Holzarten im allgemeinen binnen drei Jahren doch bis zum Grundwasser, nur die *Amerikanische Esche* konnte nicht ganz durchdringen. Bei Klasse II₁ ist die Selektion bereits eine schärfere: in drei Jahren können nur die *Tamariske* und die *Oelweide* das Grundwasser erreichen oder ihr nahe kommen. Einige Holzarten (Eiche, Zerreiche, Ulme, Holzbirne, Amorpha) werden, falls der Boden soweit gepflegt wird, aller Wahrscheinlichkeit nach, die auftauchenden Schwierigkeiten überwinden und im 4.—5. Jahre nach ihrem Aussetzen die gefährliche Zone durchbrechen, wonach ihr weiteres Gedeihen gesichert ist. Klasse II₂ scheint für die Eichenarten schon ganz aussichtslos zu sein, Ulme, Birne, Amorpha halten sich noch, doch bedürfen sie 5 bis 6 Jahre zum Durchdringen. Die *Oelweide* und *Tamariske* kommen auch in 3 Jahren dem Grundwasser nahe. Bei Kl. III, brauchen sogar letztere beiden Holzarten 4 Jahre bis zum Grundwasser, wogegen für die übrigen, auch widerstandsfähigeren kaum irgend eine Hoffnung besteht, dass sie bis zur rettenden Tiefe durchdringen werden.

Nach alldem können wir feststellen, dass jedes Wurzelwerk, soweit die Feuchtigkeit der oberen Bodenschichten zum Gedeihen und Fortkommen des Baumes nicht genügend ist, das Grundwasser zu erreichen bestrebt ist. Ist der Boden genügend locker, leistet er also einen geringen Widerstand und ist er gut luftführend, ferner wenn das Grundwasser nicht allzu tief ist, so gelangen die Wurzeln jeder Holzart bis dorthin. Wenn aber inzwischen Hindernisse auftauchen (trockene, salzigere, härtere, schwerere Schichten, Mangel an Oxigen usw.) so erhalten wir schon sehr abweichende Daten.

Die einzelnen Holzarten versuchen die auftretenden Hindernisse mit ungleicher Energie zu bezwingen. *Es hängt von der abwärts-strebenden Kraft, von der im Boden vorgefundenen schädlichen Einwirkungen gegenüber entfalteten Widerstandsfähigkeit und von der die Hindernisse bewältigenden Energie des Wurzelwerkes der Holzarten ab, ob sie*

das Grundwasser erreichen und damit tiefwurzelnd werden können oder nicht, denn das ist das Charakteristikum der Tiefwurzeligkeit.

Der Begriff des tiefen Wurzelwerkes ist nicht unbedingt gleichzeitig mit dem rascheren Verlauf des Abwärtsdringens verbunden. Das Wurzelwerk einiger raschwüchsiger Holzarten dringt in lockerem Boden, bei günstigen Verhältnissen rascher abwärts, doch ändert sich die Lage sofort, wenn ein, die Widerstandsfähigkeit und abwärtsdringende Kraft der Wurzeln der betreffenden Holzarten auf die Probe stellendes Hindernis auftaucht.

Wenn einer Holzart das Durchdringen bis zum Grundwasser nicht gelingt, so ist sie bestrebt ihr horizontales Wurzelwerk so gut als möglich zu entfalten, um auf diesem Wege die wasseraufnehmenden vertikalen Wurzeln zu ersetzen und in dem Falle ist sie flachwurzelnd.

Das Schicksal der Baumvegetation hängt davon ab, in welchem Masse der Rollenersatz des tiefen Wurzelwerkes gelingt resp. in wiefern sich die betreffende Holzart den mehr-minder ungünstigen Verhältnissen anzupassen vermag.

*

Der Umfang des *horizontalen Wurzelwerkes* weist nach Bodenbeschaffenheiten bei weitem nicht so grosse Abweichungen auf, wie das vertikale Wurzelwerk. Im allgemeinen können wir jedoch feststellen, dass die maximale und durchschnittliche Länge der horizontalen Wurzeln (Tabelle I.) auf schwerem szikhaltigen Lehm mit dem Rückgang der Bonität ebenfalls geringer wird. Hingegen wächst mit dem Rückgang der Bodenbeschaffenheit das Verhältnis zwischen dem Radius des Wurzelwerkes und der Krone, sowie das Verhältnis zwischen der Durchschnittslänge der ausserhalb der Krone reichenden Wurzeln und dem Radius der Krone (s. Tab. I. R:r und l:r; auf der Abbildung ist die Grenzlinie der Kronenprojektion mit Strichlinie dargestellt) so wächst also auf den schwächeren Szikböden der Umfang des horizontalen Wurzelwerkes, zwar nicht in absolutem doch in relativem Wert. Die wahrscheinliche Erklärung dazu ist, dass das Wurzelwerk auch in horizontaler Richtung grössere Schwierigkeiten zu überwinden hat (bei schwerem Boden, schnellerem Austrocknen oder übermässiger Feuchtigkeit, Mangel an Ventilation), kann sich daher nicht in dem Masse entwickeln, wie in einem besseren Boden, hingegen verwenden die Pflanzen den grösseren Teil ihrer Energie zur Bildung der horizontalen Wurzeln, weisen daher einen bedeutend geringeren Wuchs oberhalb des Bodens auf, das auch in den Verhältnissen R:r, resp. l:r zum Ausdruck gelangt.

Im allgemeinen haben das umfangreichste Wurzelwerk, zu mindest in ihrer Jugend: die Tamariske, Kanadische Pappel, Feldulme, und auf den Böden Kl. I. die Sophora.

Die Stärke der durch das horizontale Wurzelwerk durchwehte Bodenschicht ist verschieden. Anfänglich ist sie im allgemeinen sehr dünn, mit dem Alter wächst sie und gelangt zu einer endgültigen Stärke je nach Bodenbeschaffenheit und Holzarten. Mit der Besserung des Bodens wird sie tiefer.

Auf den Umfang des Wurzelwerkes ist der Pflanzenverband von grossem Einfluss, je enger dieser ist, umso kleiner der Umfang des Wurzelwerkes, auch kann aber festgestellt werden, dass parallel damit und bis zu einer gewissen Grenze auch die abwärtsstrebende Tendenz der Wurzeln zunimmt (s. Fig. 101.). Der horizontale Umfang des Wurzelwerkes wird hauptsächlich durch die Ausdehnung der kultivierten Fläche begrenzt (s. Tafel XVI.).

Tamarix tetrandra. Wurde nur auf Böden Kl. III₁ ausgehoben, da sie auf einem besseren Boden keine Bedeutung haben kann. Entwickelt schon in den ersten zwei Jahren ein so mächtiges horizontales Wurzelwerk, das bei gleichen Verhältnissen die Wurzelbildung der übrigen Holzarten weit übertrifft, ob wir schon die Gesamtlänge der in Anschlag gebrachten stärkeren Wurzeln, (Tab. I.) die durchschnittliche Länge, oder die längste Wurzel in Betracht nehmen. Die weiteren Daten zeigen jedoch, dass diese stürmische Entwicklung nach dem zweiten Jahr völlig in Stockung gerät. Ihr Wurzelwerk erreicht bei dem üblichen Verband (1—1'5 m) in den ersten zwei Jahren Schluss, von wo ab sie längere Wurzeln nicht mehr entwickelt, sondern eher nach der Tiefe strebt. Ihre Wurzeln verzweigen sich kaum. Sie hat vielmehr lange, die meisten Hindernisse bewältigende zähe, starke Wurzelfäden. Bis andere Holzarten mit Vorliebe die Spalten der Szikböden suchen, kann dies bei den Wurzeln der *Tamarix tetrandra* durchaus nicht vermerkt werden. Die *Tamarix tetrandra* hat in erster Linie dort Zukunft, wo wir mit anderen Holzarten keinen Erfolg erreichen können. Ihre Pflicht ist: als Vorbestand den Weg für die ihr folgenden Holzarten zum Grundwasser zu ebnen.

Tamarix odessana. Obzwar ihr horizontales Wurzelwerk auf Szikböden im Umfang die *Tamarix tetrandra* zu übertreffen scheint, konnten ihre vertikalen Wurzeln, ihrem Verhalten im Pflanzgarten widersprechend, die stark szikhaltigen Schichten vorläufig nicht durchbrechen. Endgültiges Urteil lässt sich jedoch derzeit noch nicht fällen.

Elaeagnus angustifolia. Oelweide. Wurzelwerk sehr üppig, sich verzweigend. Sie durchweht ihren Wachstumsraum sehr dicht, so dass ihre Nachbarschaft von jeder anderen Holzart schmerzlich empfunden wird. Sie nimmt verhältnismässig nicht viel Platz ein, auch hat sie keine weitreichende Wurzeln, doch nützt sie ihr Wachstumsraum so in horizontaler,

wie vertikaler Richtung gründlich aus. Auf den Szikböden Kl. II₁ und II₂ durchbrechen ihre vertikale Wurzeln binnen 3 Jahren alle kritischen Schichten und erreichen fast das Grundwasser. Auch bei Kl. III₁ ist hierfür jede Wahrscheinlichkeit vorhanden.

Die Oelweide hat auf unseren Szikböden unbedingt ihre Lebensberechtigung. Man darf sie nur nicht mit anderen Holzarten vermischt pflanzen, denn diese werden von ihr unterdrückt. Da ihr Wurzelwerk den Boden reich durchwebt und da sie auf diese Art, die Tamariske übertreffend, ein dichteres Kanalnetz durch die trockenen szikhaltigen Schichten zum Grundwasser baut, hat sie der Tamariske gegenüber noch den Vorzug, dass sie schon zu den Holzarten der Höhenklasse III. gehörend, grössere Holzmasse liefert. Zur Bildung eines Vorbestandes, der als Vorposten eines späteren und eigentlichen Bestandes gelten soll, kann sie unter allen Umständen empfohlen sein.

Pirus piraster. Holzbirne. Auf längst szikhaltig gewordenen Waldböden finden wir zumeist einige alte Holzbirnen. Wenn wir sie künstlich auf szikhaltigen Lehm pflanzen, beharrt sie zäh auf ihrem Platz und ist für die Pflege des Bodens sehr dankbar. Der Dürre im Sommer 1928. leistete sie grossartig Widerstand, ihr Laub welkte nur in ganz geringem Masse ab. Obzwar ihre Wurzeln eine stark abwärts-strebende Tendenz aufweisen, kann sie dennoch nur sehr langsam tiefer dringen. Auch ist ihr horizontales Wurzelwerk nicht so üppig und umfangreich, dass sie zur Aufnahme des zur Verfügung stehenden Wassers aus weiterer Umgebung verhelfen könnte, es ist eher dünn und ärmlich zu nennen. Doch ist es unzweifelhaft, dass ihre Beastung und ihr Laub ziemlich schütter sind und die Verdunstung der kleinen lederartigen Blätter mit xerofitem Charakter eine verhältnismässig geringe ist. Die dünnen, drahtförmigen Wurzeln brechen die kritischen Schichten früher oder später doch durch und dann kann sie ihren gesteigerten Wasserbedarf schon aus dem Untergrund ersetzen. Sie ist die einzige forstliche Holzart, deren Pflanzung wir auf den Szikböden Kl. III₁ ruhig empfehlen können.

Ulmus glabra. Feldulme. Nach der Entwicklung des Schaftes und des Wurzelwerkes der zweijährigen Pflanzen aus dem Pflanzgarten finden wir ihre auf den Böden Kl. I. gewachsenen sehr schönen horizontalen und vertikalen Wurzeln ganz natürlich. Die horizontalen Wurzeln reichen sehr weit. Die starken Wurzeln verzweigen sich, die dünnen jedoch kaum und bilden lange dünne Fäden so hier, noch mehr aber auf den Böden geringerer Beschaffenheit. Bei Kl. III₁ ist das vertikale Wurzelwerk sehr schwach. Die horizontalen Wurzeln liegen fast in einer Fläche, unmittelbar unter der kultivierten Oberschicht, cca 20—25 cm. tief.

Obzwar sie zu den zähesten Holzarten gehört, wird sich bei anhaltender Dürre und bei dem, mit der Entwicklung des Bestandes auftretenden erhöhten Wasserbedarf die Gefahr der Ausdorrung offenkundig melden. Nach dem Gesagten kann also die Pflanzung der Feldulme auf Böden Kl. III₁ nach beliebiger Vor- und Pflegearbeit des Bodens, doch ohne einer chemischen Melioration, nicht vorgeschlagen werden.

Fraxinus americana. Amerikanische Esche. Hat keine weitreichende, sondern eher sich verzweigende Wurzeln, die die Bodenrisse ausfüllend, die Feuchtigkeit und Nährstoffe der oberen Bodenschichten intensiv ausnützen. Wahrscheinlich hat sie es diesem Umstand zu verdanken, dass sie die Dürre, trotz ihres seichten Wurzelwerkes, vorläufig ohne ärgeren Schaden verträgt und es auch auf den stärker szikhaltigen Böden mit den tieferwurzelnden Holzarten aufnimmt. Doch ist es sicher, dass ihre Lebensdauer keine lange sein wird und wir können mit ihrer Pflanzung auf Szikböden für die Zukunft kein anderes Ziel verfolgen, als dass wir sie mit anderen Holzarten vermischt als Bodenschutz und Schirmbestand verwenden. Am besten gedeiht sie auf Ueberschwemmungen ausgesetzten und länger unter Wasser stehenden mehr-minder szikhaltigen Böden.

Fraxinus excelsior. Gemeine Esche. Ihr Wurzelwerk gleicht in vieler Hinsicht dem der Amerikanischen Esche, doch ist sie anspruchsvoller, Szikgehalt, Dürre und Ueberschwemmung verträgt sie in geringerem Masse. Ihr horizontales Wurzelwerk ist etwas weniger umfangreich, abwärts kann sie ebenfalls nicht dringen. Demzufolge kann sie eine Zukunft nur auf den besten Szikböden (Kl. I.) haben, umsomehr, als auch ihre Kronenentfaltung eine sehr verzögerte ist und spät Schluss macht.

Quercus robur. Stieleiche. Auf den Szikböden Kl. I. kann sie so von Sat wie auch von Pflanzen mit dem besten Erfolg gezogen werden. Zuerst entwickeln sich bei ihr die Pfahlwurzel, oder die diese ersetzenden vertikalen Wurzeln. Solange letztere das Grundwasser nicht erreichen, ist die Entwicklung der Pflanze oberhalb der Erde so wie auch die der horizontalen Wurzeln eine ziemlich beschränkte. Ist aber das Grundwasser gefunden, beginnt bei Schaft und horizontalem Wurzelwerk ein rapides Weiterkommen. Mit der Verminderung der Bodenbeschaffenheit, nimmt auch die durch die vertikalen Wurzeln erreichte Tiefe stark ab. Der Stieleiche soll bei der Bepflanzung der Szikböden Kl. II₁ unbedingt noch eine Rolle zugesichert werden, wogegen wir bei Kl. II₂ nur nach chemischer Melioration Erfolg hoffen können.

Populus virginiana. Kanadische Pappel. Ist auf den Szikböden Kl. I., besonders wenn diese etwas feucht sind, unbedingt zu verwenden, denn sie erreicht in 3—4 Jahren das Grundwasser, beginnt von da ab mächtig zu wachsen und liefert eine gewaltige und wertvolle Holzmasse. Auf den

Böden Kl. II₁ kann ihre Zukunft soweit wir mittelst Melioration und intensiver Kultivierung die Ausbildung des vertikalen Wurzelwerkes und ihr Durchdringen zum Grundwasser ermöglichen, gesichert werden. Bodenarbeit und -pflege scheinen ohne Melioration ungenügend zu sein, denn obzwar sie bei günstiger Witterung und Kultivierung jahrelang am Leben bleibt, ein hohes Alter zu erreichen und entsprechendes Gedeihen aufzuweisen ist sie nicht imstande.

Populus alba. Weisspappel. Ist auf szikhaltigem Lehm noch empfindlicher als die *Kanadische Pappel*, ihr Wurzelwerk liegt ziemlich seicht und durchweht nicht einmal dicht den Boden, so dass die Ausnützung dessen noch extensiver ist als unter der Kanadischen Pappel.

Sophora japonica. Sophora. Hat keine forstliche Bedeutung, besonders nicht auf szikhaltigem Lehm. Auf den Szikböden Kl. I. gedeiht sie vortrefflich. Da lässt sie ein mächtiges Wurzelwerk wachsen, doch nützt sie ihren Boden nicht genügend aus. Auf den schwächeren Böden versagt sie vollständig; ihre vertikalen und horizontalen Wurzeln sind gleichartig schwach.

Acer negundo. Eschenahorn. Auf den Böden Kl. I. und II. weist sie eine rasche Entwicklung auf, doch wird sie schon von der ersten Dürre versengt. Ihr seichtliegendes horizontales Wurzelwerk ist verhältnismässig kräftig entwickelt, fransig sich verzweigend, sucht jeden kleinsten Riss auf und durchweht diese dicht. Demgegenüber können ihre vertikalen Wurzeln nicht abwärts dringen und so ist die Pflanze ganz auf die Feuchtigkeit der obersten Bodenschicht angewiesen, geht die aber aus, so geht auch der durchaus nicht xerofit Eschenahorn zugrunde, oder er siecht nur dahin.

Wurzelkonkurrenz.

Das Leben des Waldes, des Baumes wird von zahlreichen äusseren und inneren Faktoren beeinflusst. Ihr Gedeihen richtet sich als Endergebnis nach jenen Umständen, die von dem optimalen Zustand am weitesten entfernt sind. Dort, wo die Faktoren des Bodens, wie z. B. die Feuchtigkeit, Nährstoffe in Minimum sind, kann nur die Regulierung des, den einzelnen Bäumen zur Verfügung stehenden Feuchtigkeits- und Nährstoffbedarfes die Grundlage jeder Bestandpflege sein. Hier verknüpft sich die Frage der Wurzelkonkurrenz mit den wichtigsten Fragen des Waldbaues.

Der Gedanke der Wurzelkonkurrenz tauchte zuerst bei der natürlichen Verjüngung auf, die in der Literatur befindliche Beispiele und Studien beziehen sich alle auf den Einfluss, die ältere Bestände auf die jüngeren ausüben.

Diesmal bin ich bemüht über die Wurzelkonkurrenz, die man bei Pflanzungen von denselbem Alter so in Rein- wie auch Mischbeständen vorfinden kann, mit unwiederlegbaren Beweisen zu dienen.

Besonders geeignet sind für solche Untersuchungen die stärker-szikhaltigen Böden, deren fiziologische Tiefe für die meissten Holzarten ziemlich beschränkt ist. Da das seichte Wurzelwerk auf die Feuchtigkeit der leicht austrocknenden Oberschichten angewiesen ist, leidet es bei grossen Dürren, wie jene im Sommer 1928, sehr schmerzlich. Auf solchen Böden und bei solcher Witterung kommt die Wurzelkonkurrenz erst recht zur Geltung und wird stark auffallend. Lebhaftige Beweise hiefür liefern die Abbildungen der Tafel XVIII. resp. Fig. 100., weiters die Tabellen IV. und V.

Während der Dürre im Sommer 1928 fiel es bei der Versuchsparzelle IX. auf, dass einige Kanadische Pappelreihen beinahe ihr ganzes Laub verloren und dass viele Pflanzen auch ganz ausdorrten, wogegen andere Reihen, die zwischen den ersteren standen, unvergleichbar weniger von der Dürre beschädigt wurden.

Auf den dichtnebeneinander und parallel laufenden Rabatten standen in 3—3 Reihen die vor 2 Jahren ausgesetzten Pflanzen: in der Mitte immer *Kanadische Pappeln* (Fig. 100. P.) an beiden Seiten abwechselnd auf der einen Rabatte *Oelweiden* (E) auf der anderen *Sophora* (S).

Nach den Daten der Tabelle IV. verloren die Kanadischen Pappeln zwischen den Oelweiden-reihen 96% ihres Laubes, zwischen den Sophorareihen bloß 68%.

Ich untersuchte die Entwicklungsverhältnisse obiger Pflanzenreihen. Aus der Tabelle V. ist es ersichtlich, (Reihe 5., 6.) dass besonders bei den Trieben vom Jahre 1928 ein auffallend grosser Unterschied zu Gunsten der zwischen den Sophorareihen stehenden Pappeln zu verzeichnen ist. Zweifelsohne haben also die Kanadische Pappelreihen zwischen den Oelweiden so beim Verlieren ihres Laubes, als auch bei der Entwicklung der Jahrestriebe viel ärger gelitten. Die Erscheinung der hier geschilderten Einwirkung trat im Frühjahr 1929 noch krasser hervor, indem von den zwischen Sophorareihen gepflanzten Pappelstecklingen 44.7% zu treiben begannen, während von denen zwischen den Oelweiden bloß 6.6%, die übrigen dorrtten aus.

Wenn eine Holzart von einer anderen unterdrückt wurde, so war im allgemeinen Lichtentziehung, Beschattung die Erklärung dazu. Hier kann aber davon keine Rede sein.

Zur Lösung der Frage untersuchte ich wieder und wieder das Wurzelwerk und die Abbildungen der Tafel XVIII. geben uns den Schlüssel des Rätsels in die Hände. Hier sehen wir, dass die *Kanadische*

Pappel (Abb. 96., 12. Reihe) neben den unscheinbaren Wurzeln der *Sophora* (den Reihen 11. und 13. der Abb. 100. entnommen) ein weitreichendes, mächtiges Wurzelwerk entwickelte, während die zwischen den *Oelweiden* (Abb. 98. das der Reihe 7. Abb. 100. entnommene Exemplar) gepflanzte *Kanadische Pappel*, (Abb. 99. 8. Reihe) mit der ersteren verglichen, ein viel unentwickeltes Wurzelwerk besitzt, die sich reich verzweigenden Wurzeln der *Oelweide* hingegen durchweben dicht ihren Boden, kriechen sogar unter die *Pappelwurzeln* um alle zur Verfügung stehende Feuchtigkeit aufnehmen und den Boden je intensiver ausnützen zu können. Es ist also klar, dass bei zur Dürre neigenden Verhältnissen die extensive, schütterere Bewurzelung der *Kanadischen Pappel* eine Holzart mit kampffähigerem, kräftigerem, üppigerem und tieferem Wurzelwerk wie die *Oelweide*, nicht bekämpfen kann. Hier kommt also der Fall vor, wo eine übrigens raschwüchsige, längergeschäftete Holzart (*Kanadische Pappel*) von einer sich langsamer entwickelnden und kürzer geschäfteten (*Oelweide*) unterdrückt wird, was allein auf die Wurzelkonkurrenz zurückgeführt werden kann.

Solche Beispiele finden wir noch unter den Daten der Tabellen IV. und V.

Solange bis dem Wurzelwerk genügender Wachstumsraum oder vielleicht besser gesagt, genügende Bodenfeuchtigkeit und Nährstoffe zur Verfügung stehen, können wir eine Wurzelunterdrückung nicht wahrnehmen. Diese beginnt erst, wenn irgendwo Mangel auftritt, denn da schickt sich das kräftigere, kampffähigere Wurzelwerk an, sich auf Unkosten der Nachbarn auszubreiten resp. seinen Nährstoff- und Feuchtigkeitsbedarf zu decken und davon die anderen zu verdrängen. So geht der, vor unseren Augen sich abspielenden Unterdrückung oberhalb der Erde gewöhnlich schon die Wurzelunterdrückung vor und erstere ist die Folge der letzteren.

Einen interessanten Fall der Wurzelkonkurrenz zeigt Abb. 50, wo das kräftigere horizontale Wurzelwerk der Amerikanischen Esche die horizontalen Wurzeln der Stieleiche dazu zwang, ihre Entwicklungsmöglichkeit in einer anderen Richtung zu suchen, was auch tatsächlich erfolgte, da auf der anderen Seite eine Eichensaatreihe ist und die aus einer Eichensaat stammenden Pflanzen zuerst hauptsächlich nur vertikale Wurzeln entwickeln. Die gegenwärtigen Abbildungen 49., 50., 93. und 94. gehören zu jenem Versuche, dessen Aufgabe war: die Frage zu beantworten, ob der aus einer Eichensaat stammende Jungmais imstande ist den Zeitvorsprung der mit ihm gleichzeitig, parallel und vermischt ausgesetzten einjährigen Pflanzen einzuholen, unter der Voraussetzung, dass das sich natürlich entwickelnde Wurzelwerk der Eichensaat im Kampf

ums Dasein die Pflanzen mit verstümmelter Pfahlwurzel übertreffen könnte. Die Annahme nämlich war, das die Pfahlwurzeln des Eichensaat-jungmaies eventuell früher das Grundwasser erreichen und nachher die horizontalen Wurzeln kräftiger wachsen werden, wie bei den ausgesetzten Pflanzen, da bei diesen die Verstümmelung der Pfahlwurzel, das bei der Verpflanzung in unnatürliche Lage Geraten der Nebenwurzeln resp. die Missbildung des Wurzelwerkes, arge Nachteile bedeutet. Dem gegenüber ist es Tatsache, dass die ausgesetzte Pflanze, der unzweifelhaft feststellbarer Wurzelverzerrung zum Trotz so in ihrem abwärtsgerichteten Wurzelwerk, wie auch im Schaft in jeder Hinsicht viel besser entwickelt ist. Ja gerade die schönsten Pflanzen wiesen alle starke Wurzelmissbildung auf. Daraus kann natürlich nicht unbedingt gefolgert werden, dass die Verzerrung der Wurzeln die Entwicklung anspornen würde. Im gegenwärtigen Fall ist es vielmehr wahrscheinlich, dass die völlig ungeübten Arbeiter einige Pflanzen mit aussergewöhnlich kräftigem Wurzelwerk in die normalen Pflanzlöcher gewaltsam hineinzwängten, so dass die Wurzeln in unnatürliche Lage gerieten; dies war aber für das weitere Gedeihen von keinem Nachteil, ja es gelang sogar den mit mehr Nährstoffreserve versehenen Pflanzen die anderen zu übertreffen.

Auch hatte das für die Eichensaat sich ungünstig entfaltende Ergebnis noch andere Gründe. Sicherheitshalber legten wir nämlich in ein Nest 3—6 Eicheln, so dass auf einem Fleck oft 5—6 Pflanzen zu wachsen begannen, wo natürlich bald Wurzelkonkurrenz auftreten musste.

Als Endergebnis werden die von Pflanzen gezogene Eichen, deren vertikale Wurzeln ihr Ziel im allgemeinen früher erreichten und auch kräftigeres horizontales Wurzelwerk besitzen, nach Schluss der Wurzeln wahrscheinlich nicht nur die Eichensaatreihen unterdrücken, sondern auch die mit schwächeren horizontalen Wurzeln versehene Amerikanische Eschen, obzwar es vorderhand den Anschein hat, als ob letztere einen wesentlichen Vorsprung hätten.

Zusammenfassung.

1. Bei günstigen Verhältnissen, auf mehr-minder lockeren Böden (Pflanzgarten) entwickelt jede Holzart ein tiefes Wurzelwerk, wogegen auf stark szikhaltigem Lehm (Kl. III₁) nicht einmal die vertikalen Wurzeln der als tiefwurzelnd bekannten Eiche durchdringen können. Hier können nur *Tamarix tetrandra* und *Elaeagnus angustifolia* die auftauchenden Schwierigkeiten bezwingen. Die Ausbildung des tiefen Wurzelwerkes hängt also in erster Reihe von dem Boden und nur in zweiter Linie von der Holzart ab.

2. Das Wesen der Tiefwurzeligkeit ist in der, den auftauchenden schädlichen Einflüssen und Hindernissen gegenüber bewiesenen Kampf- und Widerstandsfähigkeit zu suchen. Die ausgesprochen tiefwurzelnden Holzarten können nicht darum allen schädlichen Einflüssen (Dürre, Salzgehalt des Bodens etc.) trotzen, weil sie tiefwurzelnd sind, sondern sind darum tiefwurzelnd, weil ihre Wurzeln widerstandsfähiger, kräftiger sind. Die diesbezügliche Fähigkeit der einzelnen Holzarten ist sehr abweichend, wir können, die untersuchten Holzarten in Betracht nehmend, provisorisch nachstehende Stufenfolge feststellen:

- a) *Tamarix tetrandra*, *Elaeagnus angustifolia*
- b) *Tamarix odessana*, *Pirus piraster*, *Amorpha fruticosa*
- c) *Ulmus glabra*, *Ulmus levis*, *Quercus robur*, *Sophora japonica*
- d) *Fraxinus americana*, *Fr. excelsior*, *Populus virginiana*, *P. alba*, *Acer negundo*.

3) Bei zur Dürre neigenden Verhältnissen spielt sich der Kampf ums Dasein in erster Reihe im Boden ab und in diesem Kampf ist für den Sieg die kräftigere Entwicklung der Horizontalen Bewurzelung von wesentlichem Einfluss, ausschlaggebend jedoch ist, ob die vertikalen Wurzeln das Grundwasser erreichen können oder nicht.

4) Somit ist die Frage der Szikaufforstung zur Wurzelfrage geworden und wir können das Problem, eine Szikfläche zu bepflanzen nun dann erfolgreich lösen, wenn wir in der Lage sind auf jenen Boden eine Holzart zu bringen, deren vertikales Wurzelwerk imstande sein wird die kritischen Schichten durchzubrechen, resp. wenn uns die Möglichkeit gegeben ist, bis dahin den Boden zu pflegen und zu kultivieren, was nach Holzarten und Bodenbeschaffenheit diverse Frist beansprucht.

Für die empfohlenen Holzarten bedarf es im allgemeinen auf den Böden Kl. I. 3, bei Kl. II. 4 und bei Kl. III. 4—5 Jahre Bodenpflege bis zur Erreichung des Grundwassers.

Über die forstwirtschaftliche Bedeutung der mechanisch-technologischen Holzprüfungen.

Dipl. Forsting. Béla von Török.

Die Verwendbarkeit des Holzes im Wirtschaftsleben hängt von dessen technischen Eigenschaften ab, diese Eigenschaften aber ändern sich bei derselben Holzart je nach Provenienz, Standort, Wirtschaftungsverfahren, Alter Wuchsform etc. Die Wirtschaft bestrebt sich, im Interesse der Hebung des Einkommens, neben der Steigerung der Massenproduktion auch qualitativ besseres, infolgedessen für den Handel wertvolleres Holz zu erzeugen. Es ist also die Frage von grösster Bedeutung, welchen Einfluss die einzelnen Wirtschaftsfaktoren auf die technischen Eigenschaften des Holzes ausüben. Leider genügen die bisherigen Forschungsergebnisse nicht, um diesbezüglich einwandfreie Schlüsse zu gestatten. Die Lösung dieser, vom forstwirtschaftlichen Standpunkte ausserordentlich wichtigen Frage wäre nur möglich, wenn wir die Untersuchungen auf die unter den verschiedensten Verhältnissen erwachsenen Bestände ausdehnen würden, weiters bei der Durchführung auf die grösste Gleichmässigkeit trachten und schliesslich die Untersuchungen in engem Anschluss an die praktische Wirtschaft ausführen.

Die Ergebnisse der Holzuntersuchungen können von der Wirtschaft nur dann verwertet werden, wenn dieselben als Funktion der forstwirtschaftlichen Faktoren ausgedrückt erscheinen. Deshalb müssen die Holzproben derart ausgewählt werden, dass selbe mit Ausnahme je eines forstwirtschaftlichen Faktors identisch seien. Aus zahlreichen Versuchen, welche den erwähnten Anforderungen gemäss durchgeführt werden, liessen sich schon Schlüsse auf den Einfluss der forstwirtschaftlichen Faktoren auf die technischen Eigenschaften des Holzes ziehen. Um aber diese Schlüsse den Anforderungen des praktischen Lebens in genügendem Masse anpassen zu können, müssen verschiedene wichtige Umstände in Betracht gezogen werden.

So in erster Reihe die richtige und zweckmässige Auswahl der Probe-stücke, die vollständige Erfassung der forstwirtschaftlichen Faktoren und

die Entscheidung der Frage, welche Untersuchungsergebnisse unseren Zwecken entsprechen, welche wichtigeren Umstände wir zum Gegenstande unserer Erwägungen machen sollen. Bei der Auswahl der Probestücke ist in Betracht zu ziehen, dass selbe von solchen gesunden Stämmen genommen werden müssen, welche zugleich den Durchschnitt des Bestandes bilden. Der Weltverband der Materialprüfer schreibt die Art und Weise der Probeentnahme eingehend vor. Im Interesse der forstwirtschaftlichen Eignung der Ergebnisse wäre es vorteilhafter, die Lage der Probestücke zum Schaft nicht in Metern der Höhe, sondern in Prozenten derselben anzugeben, auf diese Weise gelangen wir sicherer zur Bestimmung des Einflusses der Höhenlage am Schaft auf die technischen Eigenschaften, es stammen ja alle Proben aus relativ gleicher Höhe. Die vollständige Erfassung der forstwirtschaftlichen Faktoren ist nur auf die Weise zu sichern, dass die Untersuchungen in engstem Anschlusse an die Fachleute der praktischen Wirtschaft erfolgen. Was die Verwendung der Untersuchungsergebnisse zu den Zwecken der praktischen Wirtschaft anbelangt, ist hervorzuheben, dass auf diesem Gebiete noch viel zu machen ist. Trotz alledem sind viele Ergebnisse mit gewissem Vorbehalt geeignet, um ein Urteil über den Einfluss der wirtschaftlichen Faktoren auf die technischen Eigenschaften ableiten zu können. So ist die Einfachheit der Bestimmung des spezifischen Gewichtes, die Genauigkeit der Ergebnisse, der Zusammenhang zwischen dem spezifischen Gewicht und anderen technischen Eigenschaften sehr geeignet, um diese Untersuchungen für unsere Zwecke verwendbar zu machen, natürlich immer im Vereine mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen. Die durch das *Janka—Brinell'sche* Verfahren gelieferten Ergebnisse sind nur mit gewisser Beschränkung verwendbar. *Stahmer's* Untersuchungen zeigen, dass die verschiedenen Holzarten diesen Untersuchungen gegenüber verschiedenes Verhalten zeigen, es ist also angezeigt, bei der Beurteilung des Einflusses der forstwirtschaftlichen Faktoren nur immer die Ergebnisse ein und derselben Holzart gegenüber zu stellen.

Die Untersuchungsergebnisse in Bezug auf Schwindung und Quellung können wir ebenfalls für unsere Zwecke verwenden, zur Beurteilung jener Faktoren, die gewisse Wirkung, wenn auch in geringere Masse, auf die erwähnten Eigenschaften ausüben.

Die bei der Bestimmung der Festigkeitseigenschaften des Holzes erhaltenen Ergebnisse verlangen bei Verwendung zu unseren Zwecken sorgfältige Erwägung, da das Holz kein isotropes Material ist. Die Ergebnisse der Zug- und Scherversuchen sind für unsere Zwecke weniger verwendbar, da bei ersteren die auftretende Schubspannung, bei letzteren die Biegungsspannung die Ergebnisse beeinflussen, infolgedessen den Vergleich nahezu ausschliessen. Von den in Bezug auf die Biegungs-

festigkeit erhaltenen Ergebnissen sind die auf die elastischen Formveränderungen bezüglichen Angaben noch am besten verwendbar für unsere Zwecke. Sehr gut geeignet für unsere Zwecke sind die Ergebnisse der Untersuchungen bezüglich der Druckfestigkeit, wenn wir dabei entsprechende Rücksicht nehmen auf die Form der Probestücke, auf die Aststummel, die Belastungsrichtung, die Geschwindigkeit der Steigerung der Belastung usw., auf jene Umstände also, welche bei der einheitlichen Beurteilung der Ergebnisse von Wichtigkeit sind.

Die Gegenüberstellung der bei der Untersuchung des Holzes auf die technologischen Eigenschaften, u. zw. die Eignung zum Sägen, zum Fraisen, zum Hobeln usw. gewonnenen Ergebnisse sind ausserordentlich wichtig, besonders bei der Beurteilung der Bearbeitungsmöglichkeit. Doch sind wir hiebei auf die Angaben der Praxis angewiesen, weil das zur Beurteilung dieser Eigenschaften am besten geeignete Verfahren — nämlich die Messung der bei der Maschinellebearbeitung aufgewendeten Energie — sehr kostbar und zeitraubend ist, deshalb zur Anwendung wenig geeignet erscheint. Von den diesbezüglichen Verfahren ist einzig die Spaltungsprobe leicht anwendbar.

Zur Feststellung der Dauerhaftigkeit des Holzes besitzen wir auch noch kein allgemein anerkanntes Verfahren. Wenn wir bei den mechanisch-technologischen Untersuchungen des Holzes ein einheitliches Verfahren verwenden, auf die Auswahl der Probestücke besondere Sorgfalt aufwenden, im Zusammenhange damit bei der Aufnahme der forstwirtschaftlichen Faktoren nur jene Verfahren in Rechnung ziehen, welche mehr oder weniger einwandfreie Resultate liefern, und die so gewonnenen Angaben miteinander vergleichen, können wir hieraus Schlüsse ziehen, welche einesteils wichtige Hinweise geben in Bezug der Verwendung des Holzes, andernteils aber dem Waldbau unentbehrliche Leitsätze bieten, in folgedessen unser auf Steigerung der forstwirtschaftlichen Rentabilität gerichtetes Streben unterstützen.

Vektor-analytischer Ausgleich von Polygonzügen.

Dr. Ing. K. Ulbrich (Wien) und Ing. J. Sébor (Sopron).

1. Einleitende Bemerkungen.

Eines der modernsten Gebiete der Mathematik ist die Vektor-Analyse. Die bedeutende Entwicklung der Vektor-Analyse in der letzten Zeit ist merkwürdigerweise nicht so sehr den Mathematikern von Fach, als den Ingenieuren und Physikern zu verdanken. Auch die übergeordnete Vektor-Analyse, die sogenannte Affinor- und Tensor-Analyse hat ihre Verbreitung und Förderung mehr von Seiten der mathematischen Physik erfahren.

Ein zeitgemäßes Beispiel für diese sonderbare Tatsache stellt die Relativitätstheorie A. Einsteins dar, deren mathematische Behandlung ohne diese modernen mathematischen Hilfsmittel, ohne Einführung des Vektorbegriffes kaum zu machen ist.

Ein Vektor ist seiner Definition nach eine Funktion des Ortes, die jedem Punkt einen Skalar (Zahl) und eine Richtung zuordnet.

In der höheren und niederen Geodäsie hat man es immer wieder mit Dreiecks- und Polygonseiten zu tun, deren Länge durch Berechnung oder direkte Längenmessung bestimmt wird und deren Azimut oder Richtungswinkel gegen ein willkürliches Bezugssystem ermittelt wird.

Hier werden im besonderen die Polygonzüge der niederen Geodäsie und Markscheiderei betrachtet. Jede Polygonseite hat eine bestimmte Länge (Skalar) und eine bestimmte Richtung, lässt sich also als Vektor darstellen. Es ist also beim Ausgleich der Polygonzüge nicht weiter verwunderlich, dass sich zu den klassischen Methoden der Ausgleichsrechnung, die von C. F. Gauss und Legendre entwickelt wurden, der vektorische Ausgleich zugesellt hat.

Der Vektor-Ausgleich ist bis jetzt in zwei, voneinander prinzipiell verschiedenen Methoden entwickelt worden.

Die erste, zeitlich ältere Methode führte *K. Friedrich*¹⁾ vor. Er stützt sich auf die komplexen Zahlen, die sich bekanntlich in der komplexen Zahlenebene als Vektoren, die sogenannten *Gauss'schen* Vektoren darstellen lassen.

Die zweite Methode wurde von *R. Schumann*²⁾ entwickelt. In seinen bisherigen Veröffentlichungen wird eine Ausgleichsrechnung entwickelt, die sich des modernen Vektorbegriffes bedient.

Im Vorjahre interpretierte *F. Baeschlin*³⁾ diese beiden Methoden in sehr ausführlicher Weise, wobei er auch Hinweise gab, wie er sich eine Vervollkommnung vorstellen würde.

Als besonderer Vorzug des vektor-analytischen Ausgleiches nach der Methode *R. Schumann* muss hervorgehoben werden, dass alle vektorisch aufgestellten Beziehungen invariant vom Koordinatensystem sind. Mit anderen Worten ausgedrückt, trotz aller Verschiebungen und Drehungen des Koordinatensystems, müssen immer die identischen Endresultate aufscheinen. Dieser Vorteil der Invarianz der Vektoroperationen geht bei Verwendung der *Gauss'schen* Vektoren, bei den Operationen zweiter Stufe verloren.

Schliesslich ist noch eine Abhandlung von *A. Basch*⁴⁾ zu erwähnen, in der gezeigt wird, dass die Fehlerhaftigkeit eines ungenau bestimmten Vektors durch einen Tensor, den sogenannten Fehlertensor gekennzeichnet und geometrisch durch das „mittlere Fehlerhyperellipsoid“ beschrieben werden kann. Die vorliegende Abhandlung besonders tangierend, gibt *A. Basch* die vektorische Ableitung für den mittleren Flächenfehler eines Polygonzuges mit ungenau (durch Beobachtungsfehler) bestimmten Polygonpunkten. Diese Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen, es kann aber schon jetzt gesagt werden, dass dieselben ganz neuartige und interessante Ergebnisse zeitigen werden.

2. Theoretische Ausführungen.

In diesem Abschnitte wird der vektor-analytische Ausgleich von Polygonzügen nach der Methode von *R. Schumann* mit gewissen Modifikationen behandelt werden. Diese Modifikationen bezwecken, die Rechenarbeit zu vereinfachen und sie ausserdem an die gebräuchliche Methode der gewöhnlichen Polygonausgleichung möglichst anzupassen.

Fig. 1. Siehe Seite 179.

1) Siehe Fussnote Seite 178.

2) Siehe Fussnote Seite 178.

3) Siehe Fussnote Seite 178.

4) Siehe Fussnote Seite 178.

Man betrachte einen Polygonzug mit n -Seiten von P bis Q der im Punkte P an den Trigonometer B und im Punkte Q an den Trigonometer C angeschlossen ist. Wäre der Polygonzug mathematisch genau gemessen, so müsste folgende Relation bestehen:

Siehe Seite 179.

(1) *)

Infolge der unvermeidlichen Beobachtungsfehler wird aber sowohl ein Winkelschlussfehler, als auch ein Anschlussfehler vorhanden sein. Nach der Methode von *R. Schumann* werden zuerst die Winkel für sich ausgeglichen, also der Winkelschluss hergestellt. Dies ist ja auch bei der gewöhnlichen praktischen Ausgleichsmethode der Fall. Und jetzt erst erfolgt der Seitenschluss nach der Vektor-Methode, wobei auch, und dies ist das wesentliche Kennzeichen, die Winkel nochmals ausgeglichen werden. Auf Grund der unvermeidlichen Beobachtungsfehler besteht, wie Fig. 1 zeigt, folgende Relation:

Siehe Seite 179.

(2)

In dieser Gleichung bedeuten \mathfrak{W}_i die gemessenen Seitenvektoren, \mathfrak{D} den gegebenen Vektor zwischen den Trigonometern \overrightarrow{QP} , der nicht verbessert wird, da er von einer Messung höherer Ordnung stammend, als fehlerfrei gilt, und \mathfrak{W} den Widerspruchsvektor. Es handelt sich jetzt darum, diesen Widerspruchsvektor \mathfrak{W} zu berechnen. Zu diesem Zwecke multipliziert man die Gleichung (2) einmal skalar mit dem Einheitsvektor der Nordrichtung \mathfrak{N} und einmal skalar mit dem Ergänzungsvektor $|\mathfrak{N}$ der nichts anderes, als den Einheitsvektor der Ostrichtung darstellt:

Siehe Seite 180.

(3), (3a)

Gestaltet man die vorstehenden Gleichungen (3a) in die gewöhnliche analytische Form um, so erhält man nichts anderes, als die bekannten Formeln für die Koordinaten-Abschlussfehler eines Polygonzuges:

Siehe Seite 180.

I.

Durch Division der Gleichungen I. erhält man die Richtung des Widerspruchsvektors als Funktion der Tangente und durch Quadrieren und nachfolgendes Addieren erhält man seine Länge (Skalar), die in der niederen Geodäsie gewöhnlich als linearer Abschlussfehler bezeichnet wird:

Siehe Seite 180.

II., III.

Durch die vorstehenden Gleichungen II. und III. ist der Widerspruchsvektor gegeben und dessen Aufteilung auf die gemessenen Stücke ist zu bewerkstelligen.

*) Die Vektoren bezeichnen wir mit gothischen, die Skalarwerte aber mit lateinischen Buchstaben.

Die gemessenen, also fehlerhaften Werte sind oben mit Striche, die verbesserten Werte ohne Striche bezeichnet.

Die skalaren Multiplikationen bezeichnen wir nach Schumann mit $(\)$ Zeichen. $[\]$ bezeichnet nach Gauss die Summation.

Jetzt kann also zum vektorischen Ausgleich des Polygonzuges übergegangen werden, wobei ebenfalls, wie bei der klassischen Ausgleichsrechnung, ein gewisses Postulat an die Spitze gestellt wird. Bei der klassischen Methode besteht bekanntlich die Forderung, dass die Summe der skalaren Fehlerquadrate ein Minimum werden muss. Beim Vektorausgleich besteht eine äquivalente Forderung, hier muss die skalare Quadratsumme der Fehlervektoren ein Minimum werden. Die vektorielle Quadratsumme ist automatisch gleich Null, da der einschliessende Winkel 0° beträgt, das vektorielle Produkt zwischen parallelen Vektoren also Null ist.

Der ausgeglichene Vektor ist gleich dem gemessenen Vektor, plus einer kleinen Korrektur, die im Falle gleicher Gewichte einen Bruchteil des Widerspruchsvektors darstellt:

Siehe Seite 181. (4)

Substituiert man die vorstehenden Werte in die Gleichung (2), so erhält man:

Siehe Seite 181. (5)

Diese Korrektur (Verbesserung) der gemessenen Stücke setzen sich, wie aus Fig. 2. ersichtlich ist, aus einer Streckung und aus einer Querverschwenkung zusammen:

Fig. 2. Siehe Seite 18f.

$d\mathcal{U}_i = \text{Streckung} + \text{Querverschwenkung.}$

Siehe Seite 181. (6)

Der erste Summand entspricht also der Verbesserung der Seitenlänge und der zweite Summand der Verbesserung der Richtung der gerichteten Polygonseite. Die skalare Quadratsumme der Fehlervektoren wäre also wie folgt anzusetzen:

Siehe Seite 181. (7)

Die Streckung und die Querverschwenkung sind Vektoren, haben also die gleiche Dimension. Sie werden aber für die i -te Polygonseite sicherlich verschiedene Gewichte g_i^2 und p_i^2 besitzen, so dass also die Gleichung (6) richtiger wie folgt anzusetzen ist, wobei der Abkürzung halber statt $A'_i \cdot |d\mathcal{U}_i| = a'_i$ gesetzt wird.

Siehe Seite 181. (8)

Bezüglich der Gewichte g_i^2 für die Streckung und p_i^2 für die Querverschwenkung ist folgendes zu sagen. Den mittleren Fehler der Streckenmessung von Polygonseiten kann man mit $m_A = c \cdot \sqrt{A}$ annehmen. Das Gewicht g_i^2 ist also verkehrt proportionell zu A_i .

Den mittleren Fehler der Winkelmessung eines Polygonzuges kann man aber unbedenklich als gleich annehmen. Er sei m_ω . Die Querverschwenkung wächst also linear mit der Seitenlänge A_i . Ihr Gewicht p_i ist also verkehrt proportional zu A_i .

Den Zusammenhang zwischen g_i^2 und p_i^2 kann man sich leicht dadurch herstellen, dass man die beiden obenstehenden Schlussfolgerungen in die eine zusammenzieht, dass g_i^2 durch p_i^2 direkt proportional zu A_i sind. Das gleiche Resultat würde man auch erhalten, wenn man in die von *R. Schumann* in (2 b) abgeleitete Formel die Werte für m_ω und m_s substituiert:

Siehe Seite 182. (9)

Die skalare Quadratsumme der Fehlervektoren drückt sich also endgültig wie folgt aus:

Siehe Seite 182. (10)

Es liegt also der Fall eines relativen Minimums vor, nämlich die Bedingungsgleichung (5) und die Minimumsbedingung (10). Man stellt jetzt ebenso wie bei der klassischen Methode die „erweiterte Minimumsbedingung“ auf, die in vektorischer Form folgendermassen lautet, wobei \mathcal{Q} den Korrelatvektor bedeutet:

Siehe Seite 182. (11)

in Bezug auf die $2n + 1$ Grössen dA_i , a_i und \mathcal{Q} . Die $2n + 1$ Normalgleichungen lauten allgemein:

Siehe Seite 182. (12)

Führt man diese Differentiation aus, so erhält man die $2n + 1$ Normalgleichungen:

Siehe Seite 182–183. (13), (14), (15)

Entwickelt man die Gleichungen (13) und (14) in die analytische Form, so erhält man:

Siehe Seite 183. (16)

Substituiert man diese Werte in Gleichung (15), so erhält man:

Siehe Seite 183. (17)

Multipliziert man diese Gleichung (17) skalar

a) mit $|\mathfrak{B}$

b) mit $\overline{\mathfrak{B}}$ so erhält man:

Siehe Seite 183–184. (18), (19), (20), (21), (22), (23) IV.

Setzt man $g_i^2 = p_i^2 = 1$, nimmt man also alle Gewichte gleichwertig an, so nimmt die Gleichung IV. folgende Form an:

Siehe Seite 184. (24), (25)

In diesem Spezialfall wäre also der Widerspruchsvektor und der Korrelatvektor zueinander parallel:

Siehe Seite 184. (26), (27), (28), (29) V.

Macht man auch hier die Annahme, dass $g^2 = p^2 = 1$, so nimmt die Gleichung V. folgende spezielle Form an:

Siehe Seite 14. (30), (31)

In diesem interessanten Fall wird also der Widerspruchsvektor gleichmässig auf die Polygonseiten aufgeteilt werden. Man sieht also auch hier, wie wohlbegründet die in allen Lehrbüchern aufgestellte Forderung nach Polygonzügen mit womöglich gleich langen Seiten ist, da dann die Näherungsverfahren, wie sie meist üblich sind, sehr nahe an die strenge Ausgleichung herankommen.

Da jetzt der Korrelatvektor \mathcal{L} der Länge und Richtung nach bekannt ist, lassen sich die Streckungen dA'_i und die Querverschwenkungen $|\overline{d\mathcal{A}'_i}|$ im Bogenmasse nach Gleichung (16) berechnen, womit die eigentliche vektor-analytische Ausgleichung beendet ist:

Siehe Seite 185.

VI., VII.

Zur Kontrolle der f_x, f_y und L multipliziere man die Gleichung (17) skalar:

a) mit $|\mathcal{N}$

b) mit \mathcal{N}

und erhält nach analogen Umformungen, wie bei der Berechnung des Korrelatvektors, folgende Resultate:

Siehe Seite 185.

(32), (33) VIII. (34), (35) IX.

Eine sehr hübsche und umfassende Schlusskontrolle erhält man mit Hilfe der Gleichungen (13) durch Multiplikation mit dA'_1, dA'_2, \dots und der Gleichungen (14) durch Multiplikation mit a'_1, a'_2, \dots und nachfolgende Summation:

Siehe Seite 186.

(36), (37) X.

3. Vektor-analytischer Näherungsausgleich.

Interessant ist es, den in der Praxis üblichen Näherungsausgleich für Polygonzüge und den strengen vektor-analytischen Ausgleich gegenüberzustellen.

Beim praktischen Ausgleich stellt man für die Gewichte g_i^2 und p_i^2 folgende Bedingungen auf:

Siehe Seite 186.

(38), (39)

Die zweite Bedingung gilt in voller Strenge, stellt also keine Näherung dar. Wohl aber stellt die erste Bedingung eine solche Näherung dar. Theoretisch strenge ist, wie schon früher abgeleitet wurde, p_i^2 proportional $\frac{1}{A_i^2}$. Beim praktischen Ausgleich werden also die Gewichte der Querverschwenkung, die ja zum Grossteil durch die Winkelfehler entsteht, geändert.

Glücklicherweise überwiegen aber bekanntlich bei der Polygonzugsmessung die Einflüsse der Seitenfehler weitaus diejenigen der Winkelfehler.

Am besten illustriert wird diese Behauptung dadurch, dass bekanntlich der Widerspruchsvektor \mathfrak{B} (auch linearer Abschlussfehler genannt) zumeist in der allgemeinen Zugrichtung liegt.

Substituiert man die Gleichung (38) in die Gleichung IV., so erhält man:
 Siehe Seite 186. IV'.

Die Gleichung V. nimmt nach Einführung obiger Gewichte folgende Form an:

Siehe Seite 186. (40) V'.

Nach Gleichung (16) lassen sich jetzt die Streckungen und Querver-schwenkungen berechnen:

Siehe Seite 186. VI'. VII'.

Die Kontrollgleichung X. nimmt folgende Form an:

Siehe Seite 187. X'.

Die Gleichungen VI'. und VII'. stellen nichts anderes, als das in der Praxis übliche proportionale Verteilen des Abschlussfehlers dar.

Man sieht daraus, dass der praktisch übliche Näherungsausgleich durchaus seine Berechtigung hat, was schliesslich auch die Praxis bei dieser Näherungsmethode schon längst bewiesen hat.

Schliesslich ist noch zu bemerken, dass es für den vektor-analytischen Ausgleich sicherlich sehr erfreulich ist, wenn Endformeln entstehen, die sich in der Praxis schon lange bewährt haben.

4. Numerisches Beispiel.

Um die Resultate leichter kontrollieren und die klassische, sowie die vektorielle Methode vergleichen zu können, wurde dasselbe Beispiel ausgearbeitet, welches *Jordan* mit Hilfe der klassischen Methode ausglich (5). Denselben Polygonzug behandelte auch *O. Eggert* nach dem Prinzip der klassischen Methode, auf eine gemischt numerisch-graphische Art (6), und *K. Friedrich* mit Hilfe der *Gauss'schen* Vektoren (7.)

Fig. 3. Siehe Seite 187.

Die Rechnungen wurden mittels der Rechenmaschine ausgeführt und behufs leichter Uebersicht in tabellarischer Form gebracht.

In der ersten Tabelle sind die gemessenen Werte enthalten. Hier wurde der erste Winkelschluss hergestellt und mit in Anspruchnahme der so gebildeten Winkel, ergibt sich der Richtungswinkel der Seiten. Weiters wurde die Länge und der Richtungswinkel des fehlerhaften Vektors zwischen den Punkten 1, 9 berechnet.

Tabelle 1. Siehe Seite 191.

In Tabelle 2, oder der sogenannten Winkeltafel, wurden diejenigen Winkel zwischen den Vektoren eingetragen, die man bei den Berechnungen benötigt.

Tabelle 2. Siehe Seite 192.

In Tabelle 3 wurden nach den Formeln I., II., III. die Werte der Fehlervektoren berechnet.

Tabelle 3. Siehe Seite 193.

Beim Berechnen der Gewichte lag der durch *Jordan* angegebene mittlere Fehler der Winkel- und Streckenmessung zu Grunde. Den mittleren Fehler der Streckenmessung gibt *Jordan* mit $m_A = c \cdot \sqrt{A} = \pm 0'015 \cdot \sqrt{A}$ an, also $\frac{1}{g_i^2} = c^2 \cdot A_i$. Der mittlere Fehler der Winkelmessung ist nach *Jordan* $m_\omega = \pm 0'5'$. Aus diesem Wert resultiert der mittlere Fehler einer Rich-

tung mit $m_\omega = \pm \sqrt{m_r^2 + m_r^2} = \pm m_r \sqrt{2}$ und $m_r = \pm \frac{m_\omega}{\sqrt{2}} = \pm 21''$. Die Gewichte der Querverschwenkungen wurden mittels der Formel (9) berechnet. Die Ergebnisse dieser Rechnungen gibt Tabelle 4. Siehe Seite 194.

In Tabelle 5, siehe Seite 195, wurden mit Formel IV. und V. die Werte des Korrelatenvektors berechnet.

Die bisherigen Berechnungen kontrolliert man mit Verwendung der Formel VIII. und IX.

Tabelle 6. Siehe Seite 196.

Nun kann man zur Berechnung der Seiten- und Richtungskorrekturen laut Formel VI. und VII. übergehen.

Tabelle 7. Siehe Seite 197.

Zur umfassenden Schlussprobe der Korrekturen sind die Kontrollberechnungen laut Formel X. zu vollziehen.

Tabelle 8. Siehe Seite 197.

Endlich kann man zur Verbesserung der Richtungswerte, sowie der Seitenlängen übergehen. Mit diesen verbesserten Werten berechnet man schliesslich die wahrscheinlichsten Werte der Koordinaten.

Um die Resultate, die mit der Vektormethode erhalten worden sind, mit den Resultaten der vektoriellen Näherungsmethode und der allgemeinen praktischen Methode vergleichen zu können, wurden auch die verbesserten Brechungswinkel, die Korrekturen der Brechungswinkel, und die Korrekturen der Koordinaten berechnet.

Tabelle 9. Siehe Seite 198.

Die Berechnungen desselben Beispielles wurden auch mit der vektoriellen Näherungsmethode durchgeführt, und zwar mit Hilfe der Gleichungen V', VI', VII' und X'.

Tabelle 10 und 11. Siehe Seite 199–200.

Tabelle 12 enthält die Ergebnisse, berechnet nach der allgemeinen praktischen Methode, die darum gebracht werden, um Vergleiche anstellen zu können.

Tabelle 12. Siehe Seite 201.

Zuletzt wurden in der Tabelle 13 die Resultate zusammengefasst, die nach *Jordan*, *Eggert* und der vektor-analytischen Methode, dann mit Hilfe der Näherungs-Vektormethode und der in der Praxis üblichen Näherungsmethode erhalten worden sind.

Tabelle 13. Siehe Seite 202—203.

5. Zusammenfassung.

Wenn man die strenge vektor-analytische Ausgleichsrechnung mit der klassischen Methode vergleicht, dann ist es ersichtlich, dass man bei der klassischen Methode drei Korrelaten hat, das heisst mit drei Normalgleichungen zu arbeiten hat, während man bei der vektor-analytischen Methode bloss eine Korrelate hat. Es ist unzweifelhafte Tatsache, dass dies den Gang der Rechnungen sehr verkürzt, ihn bedeutend übersichtlicher macht, mit einem Wort vereinfacht. Die eigentliche Ausgleichsrechnung ist kurz, nur die Kontrollrechnungen verlängern dieselbe, was aber zur Sicherheit der Berechnungen notwendig ist; dies ist übrigens bei der klassischen Methode auch vorfindbar. Aus der durchgeführten Zugsausgleichung ist es offensichtlich, dass die vektor-analytische Ausgleichung auch praktisch gut verwendbar ist, weil die gesamten Berechnungen mit der Rechenmaschine vollziehbar sind, und sich leicht in übersichtliche tabellarische Form bringen lassen.

Vergleicht man die Endergebnisse mit den von *Jordan* erhaltenen Resultaten, so ist ersichtlich, dass bei den Richtungswerten 1—2 Sekunden Differenz vorkommen, was bei Polygonzügen vollkommen belanglos ist. Bei den verbesserten Winkeln treten die den Richtungswerten entsprechenden Differenzen auf, was ja der Fall sein muss. Was die Seitenlängen betrifft, ergeben beide Methoden die gleichen Resultate, mit Ausnahme der beiden längsten Seiten, wo 1—1 cm. Differenz ist. Unter den Ordinaten ist bei zweien 1—1 cm. Differenz, der Grund dafür liegt in den unvermeidlichen Abrundungsfehlern. Es ist zu bemerken, dass gegenüber der *Eggert*'schen Rechnung beim t des Punktes 3, 3 cm. Abweichung besteht. Die Ursache liegt darin, dass in den Rechnungen *Eggert*'s $f_x = 42$ cm. ist, während es richtig $f_x = 40$ cm. lauten soll.

Was die Resultate der Annäherungs- und Praxismethode betrifft, so stehen dieselben — wie aus den angeführten Tabellen hervorgeht — den durch die strenge Methode erhaltenen Resultaten sehr nahe, um so mehr, als in den Koordinaten der Polygonpunkte höchstens 4—5 cm. Differenz vorkommt. Diese Differenz entsteht dadurch, dass — wie schon an anderer Stelle erwähnt — das Gewicht der Seitenmessungen und der zugehö-

rigen Querverschwenkungen als gleich angenommen werden, also die Ausgleichung — gleiche Gewichte angenommen — der Theorie ganz entspricht.

Diese Differenzen sind bei Aufnahme von Fluren zulässig, es ist also ganz gerechtfertigt, dass man bei solchen Polygonzügen, statt der mit vieler Arbeit verbundenen strengen Ausgleichung, diese praktische Methode benützt. Bei Stadtvermessungen aber und bei Markscheiderarbeiten, wo wir die möglichst grösste Präzision verlangen müssen, ist — wegen des einfachen Ganges der Rechnung — die strenge vektor-analytische Ausgleichung angezeigt, um so mehr, als die Gewichte der Winkelmessung und der Seitenmessungen gesondert sind und, was wesentlich ist, der praktischen Messung und der Theorie entsprechend.

Mit Berufung auf *R. Schumann's* Abhandlungen und den in vorliegender Abhandlung erhaltenen Ergebnisse, muss man darauf hinweisen, welche grosse Vorteile bei den geodätischen Berechnungen die vektor-analytische Methode sichert, um so mehr, da dieselben nicht nur in formaler, sondern auch in numerischer Hinsicht den bisherigen Berechnungsmethoden zumindest die Wage halten, ja in formaler Hinsicht stets überlegen sind, da sie geometrisch leichter zu deuten sind. Es ist also sicher nur wünschenswert, wenn sich die vektor-analytischen Methoden in den geodätischen Gebieten Eingang verschaffen.

Untersuchungen über den N-Stoffwechsel des Waldbodens.

Von: *D. Fehér.*

(Aus dem Bot. Inst. der kön. ung. Hochschule f. Berg- und Forstingenieure.)

Ueber diesen Gegenstand, wie ja überhaupt über den N-Umsatz der landwirtschaftlichen Böden, sind bereits recht zahlreiche Untersuchungen vorhanden. (I.) Entsprechend jener Fragestellung, die ich bei meinen früheren Untersuchungen aufgestellt habe, haben wir uns parallel mit den Kohlensäureuntersuchungen meines Institutes auch die Erforschung des N-Stoffwechsels im Waldboden in Angriff genommen. (IX.) Unser erstes Ziel war, zunächst den zeitlichen Verlauf des N-Umsatzes und jener biologischen und biochemischen Prozesse zu verfolgen, welche den N-Stoffwechsel des Waldbodens beeinflussen.

Ich habe im Laufe dieser Untersuchungen getrachtet, auch dieses Fragenkomplex in seinem allseitigen Zusammenhange zu erfassen. Bei diesen Arbeiten habe ich den N-Stoffwechsel des Waldbodens mit seinen beeinflussenden Faktoren untersucht.

Die untersuchten Detailfragen waren hierbei die folgenden:

1. *Der Gesamt-N-Gehalt* wurde nach dem Verfahren von *Guning-Atterberg* ermittelt. (III.)
2. *Der Nitrat-N.* wurde nach dem Verfahren von *Whiting, Richmond* und *Schoonower* ermittelt. (IV.)
3. *Der Protozoengehalt*, wobei der Gesamtprotozoengehalt, die Cysten und die aktiven Formen getrennt nach dem Verfahren von *Cutler* ermittelt wurden. (V.)
4. *Der Gesamtbakteriengehalt*, wobei die aeroben und anaeroben getrennt gezählt wurden und die Summe der beiden den Gehalt an Gesamtbakterien ergibt.
5. *Die physiologischen Gruppen der Bodenbakterien* wurden nach einer besonderen Methode bestimmt, die das elektive und Verdünnungsverfahren vereinigt. (VI.)

6. Der Humusgehalt wurde mit Kaliumbichromat bestimmt. (VII.)

7. Die *ph*-Werte wurden elektrometrisch mit der Methode und Apparatur von *Mislowitzer* ermittelt. Ausserdem haben wir noch eine eigene einfache Apparatur zusammengestellt, welche ebenfalls mit der Chinhydron-elektrode arbeitet. Als Nullinstrument diente ein *Weston'sches* Galvanometer und die Kompensation wurde mit einer *Wheatstone—Kirchhoff'schen* Brücke bewirkt. Um das Galvanometer möglichst schonen zu können, haben wir für die grobe Einstellung ein Milliamperemeter vorgeschaltet, dass dann für die feine Einstellung mit einem einfachen Stromwechsel nach Bedarf auf das Galvanometer umgeschaltet werden kann. (VIII.) (Siehe Fig. 1.)

8. Die Bodentemperatur wurde an der Oberfläche gemessen. Ausserdem habe ich noch gemessen

9. die Lufttemperatur und

10. die Niederschlagsmenge.

Die *ph*-Werte habe ich wöchentlich, resp. zweiwöchentlich gemessen. Die Lufttemperatur wurde mit Registerapparaten fortlaufend gemessen und die Niederschlagsmenge wurde täglich bestimmt. Die anderen Faktoren wurden monatlich einmal gemessen.

Die Bodenproben wurden nach dem Entfernen der Bodendecke von 5—10 cm. Tiefe von 15—20 Stellen gesammelt und sorgfältig durchgemischt.

Die Untersuchungen habe ich auf drei Versuchsflächen durchgeführt, deren kurze Beschreibung gebe ich in den folgenden:

1. Fichtenwald im botanischen Garten der Hochschule.

Versuchsfläche Nr. I.

Alter 50 Jahre, auf Lehmboden mit reichlichen Bodenpflanzen.

In der Nähe des Versuchsplatzes haben wir die folgenden Bodenpflanzen gefunden: zerstreut *Ligustrum vulgare* L., *Sambucus nigra* L., *Berberis vulgaris* L., dann *Hedera helix* L., *Rubus idaeus* L., *Galeopsis pubescens* Bess., *Viola silvestris* Lam., *Lysimachia nummularia* L., *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) R. et Sch., *Ajuga reptans* L., *Fragaria vesca* L., *Epilobium montanum* L., *Convallaria majalis* L., *Mnium undulatum* (L.) Neck., *Fissidens taxifolius*.

Die Resultate der Untersuchungen zeigt Figur Nr. 2 und Tabelle Nr. I.

2. Fichtenwald in Agfalva, Forstverwaltung der Hochschule.

Versuchsfläche Nr. V.

Betriebsklasse: J. Abt.: I. Waldparzelle: 12. Standortsklasse: II. Höhe: 360—400 m. ü. M. Frischer, sandiger Lehmboden auf Schotter. Alter: 24 Jahre. Bestandesschluss: 1'0. Exposition SW. Besteht aus 0'5 Fichte

(*Picea excelsa* (Lam. et Dc.) Lk.), 0'1 Schwarzkiefer (*Pinus nigra* Arn.), 0'1 Lärche (*Larix decidua* Mill.), 0'3 Weissbuche (*Carpinus betulus* L.) und Pappel (*Populus tremula* L.).

Bodenpflanzen: *Corylus avellana* L., *Cyclamen europaeum* L., *Brachypodium silvaticum* (Huds.) R. et Sch., *Viola silvestris* Lam., *Convallaria majalis* L. und Moose.

Die Resultate der Untersuchungen zeigt Figur Nr. 3 und Tabelle Nr. II.

3. Unterbauter Niederwald in Agfalva, Forstverwaltung der Hochschule.

Versuchsfläche Nr. VII.

Betriebsklasse: H. Abt.: II. Waldparzelle: 22. Standortsklasse: II. Fläche: 1 Kat.-Joch. Alter: 7 Jahre. Höhe: 360 m. ü. M. Frischer, sandiger Lehmboden, Untergrund an dem nördlichen Teil Schotter und an dem südlichen Teil Schiefer und Gneis. Besteht aus: 0'7 Fichte (*Picea excelsa* (Lam. et Dc.) Lk.), 0'3 Tanne (*Abies alba* Mill.) und Lärche (*Larix decidua* Mill.). Den Niederwald bilden Sprossen von *Carpinus betulus* L. Zerstreut einige *Castanea sativa* Mill. und *Fagus silvaticus* L.

Bodenpflanzen: *Corylus avellana* L., *Genista pilosa* L., *Genista germanica* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Luzula nemorosa* (Pohl) E. Mey., *Festuca ovina* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Convallaria majalis* L., *Galium silvaticum* L., *Fragaria vesca* L., *Cyclamen europaeum* L., *Campanula persicifolia* L., *Campanula glomerata* L., *Melampyrum pratense* L., *Peltigera canina* Hoffm.

Die Resultate der Untersuchungen zeigt Figur Nr. 4 und Tabelle Nr. III.

Tabelle IV. zeigt die Tiefenverteilung des Gesamt- und Nitrat-N-Gehaltes im Monate Februar 1928, bei zwei Versuchsflächen.

Diese Ergebnisse sollen vorläufig nur zur Orientierung dienen. Sie zeigen die recht interessante Tatsache, dass der Gesamt-N-Gehalt bis zu 40 cm. Tiefe allmählich zunimmt. Dagegen zeigt der Nitrat-N-Gehalt nur bis zu 20 cm. Tiefe eine wahrnehmbare Zunahme und später bis zu 40 cm. Tiefe eine Verminderung eintritt. Diese Tatsache findet ihre Erklärung wahrscheinlich in dem Umstand, dass in dieser Tiefe einerseits die Nitrifikation infolge des O-Mangels geringer wird und andererseits diese Schichten zu dem wirksamen Wurzelbereich gehören und dadurch natürlich eine erhöhte Nitrat-aufnahme bedingt wird.

Die Zusammenfassung der Resultate zeigt Tabelle Nr. V.

Die Besprechung der Resultate.

Wenn wir auf Grund der beigefügten Abbildungen und Tabellen die Ergebnisse dieser Untersuchungen näher betrachten, so ergeben sich die folgenden biologischen Zusammenhänge:

a) Der N-Stoffwechsel des Waldbodens hat einen ausgeprägten zeitlichen Verlauf. Der Gesamt-N-Gehalt des Waldbodens erreicht ihre maximalen Werte in den Sommermonaten Juni und Juli. Im Laufe des Herbstes tritt eine rapide Abnahme ein und das Minimum resultiert bei allen drei Waldtypen im Laufe des Monats September. Von September auf Oktober zeigt die Gesamt-N-Kurve eine rapide Steigerung, im Laufe des Spätherbstes und des Winters bleibt sie ungefähr auf dem gleichen Niveau, steigt aber in den Frühlingsmonaten wieder merklich an, um ihr Maximum im Hochsommer zu erreichen.

Der Nitrat-N-Gehalt zeigt ungefähr das gleiche Bild, mit dem Unterschied jedoch, dass das Maximum des Nitrat-N-Gehaltes im Frühling, und zwar in den Monaten April und Mai zu konstatieren ist.

Zwischen dem Gesamt-N-Gehalt und dem Nitrat-N-Gehalt einerseits und dem Gesamtbakteriengehalt andererseits besteht insofern ein Zusammenhang, dass alle insgesamt ihr Maximum in den Frühlings-, bzw. Sommermonaten erreichen.

Viel prägnanter und deutlicher ist der Zusammenhang zwischen der Boden- und Lufttemperatur und dem Verlauf der beiden N-Kurven. Da nach den Vorstehenden zwischen der Lichtintensität und der Temperaturkurve ein ausdrücklicher Parallelismus besteht, so kann man ganz entschieden einen Zusammenhang zwischen dem Gesamt-N-Gehalt und Nitrat-N-Gehalt und diesen beiden Umweltfaktoren konstatieren.

b) Bei den beiden Versuchsflächen, Versuchsfläche I. und V., welche gut geschlossene und mittelalterige Bestände sind, zeigen die nitrifizierenden Bakterien ein Maximum im Winter, bzw. im Vorfrühling. Bei Versuchsfläche Nr. V. weisen die denitrifizierenden Bakterien ein Frühjahrs- und ein Herbstmaximum und bei der Versuchsfläche I. nur ein Herbstmaximum auf. Versuchsfläche VII. zeigt etwa abweichendes Verhalten, da hier die nitrifizierenden und denitrifizierenden Bakterien gleichwohl ein Frühjahrs- und ein Herbstmaximum zeigen. Bei diesen Versuchsflächen entspricht nun dem Frühjahrsmaximum der nitrifizierenden Bakterien auch ein Frühjahrsmaximum des Nitrat-N-Gehaltes.

c) Die N-bindenden Bakterien geben kein einheitliches Bild. Aus den gesagten geht auch nun hervor, dass zwischen der Anzahl dieser Bakterien und den N-Gehalt kein unmittelbarer Zusammenhang nachgewiesen werden kann. In diesem Falle bekommen wir daher ein ganz anderes Bild, als bei der Kohlensäureproduktion des Waldbodens. Dieser Faktor steht nämlich in ganz deutlichem und kausalem Zusammenhang mit der Anzahl der Gesamtbakterien. Bei der N-Bindung im Waldboden kann auf Grund dieser Untersuchungsergebnisse ohne weiteres festgestellt werden, dass innerhalb eines Waldtypes die zahlenmässigen Aenderungen der erwähnten drei

Bakterienarten für die Gestaltung der beiden N-Kurven fast wirkungslos sind. Bei dem N-Stoffwechsel des Waldbodens spielt also hauptsächlich die durch die Temperaturänderungen induzierte Intensität der Mikroben-tätigkeit jene ausschlaggebende Rolle, welche den Verlauf des N-Umsatzes des Waldbodens unmittelbar beeinflusst.

Desgleichen sind auch innerhalb der gleichen Waldtypen der Humusgehalt und die ph-Werte fast vollkommen wirkungslos.

Der allgemeine Verlauf der beiden N-Kurven kann nach meiner Ansicht folgenderweise erklärt werden:

Die Hauptquelle des N-Gehaltes des Waldbodens ist ja bekanntlich der alljährlich eintretende Laubfall. Da der Laubfall im Herbst erfolgt, so kann das derart gewonnene Material infolge der niedrigen Temperatur im Spätherbst und im Winter durch die Bakterien nicht genügend verarbeitet werden. In diesem Falle wird daher in der ersten Reihe nicht die Anzahl, sondern die Intensität der N-Bakterien durch die Temperatur beeinflusst.

Gemäss der steigenden Temperatur im Frühjahr und im Sommer tritt nun eine erhöhte Intensität der Bakterien ein. Parallel mit dieser Erscheinung beginnt aber auch die Lebenstätigkeit der Waldbäume, wodurch natürlich hauptsächlich die Nitrat-N-Mengen verbraucht werden. Die Menge des Nitrat-N wird jedoch durch die nitrifizierenden Bakterien aus dem Reservevorrat der Gesamt-N ergänzt. Im Laufe des Spätsommers und des Frühherbstes wird aber auch dieser Vorrat allmählich erschöpft und es zeigen nun alle drei Waldtypen vollkommen übereinstimmend, dass der Vorrat an Gesamt-N und Nitrat-N ihre minimale Werte im Monate September erreichen.

Im Oktober erfolgt wieder der Laubfall, wodurch den N-Bakterien reichliche Nahrung geboten wird. Und da im Monate Oktober die Temperatur noch verhältnismässig hoch bleibt, so wird dadurch der N-Vorrat des Bodens durch die N-Bakterien wieder ergänzt. Dieser Vorrat bleibt jedoch im Laufe des Winters ungefähr auf dem gleichen quantitativen Niveau und erst im Frühjahr beginnt dann wieder der bereits geschilderte Verlauf des Gesamt-N-Gehaltes und Nitrat-N-Gehaltes des Waldbodens.

Zusammenfassung der Resultate.

1. Der N-Stoffwechsel des Waldbodens hat einen ausgeprägten zeitlichen Verlauf. Der Gesamt-N-Gehalt des Waldbodens erreicht ihre maximalen Werte in den Sommermonaten Juni und Juli. Im Laufe des Herbstes tritt eine rapide Abnahme ein und das Minimum resultiert bei allen drei Waldtypen im Laufe des Monats September.

2. Der Nitrat-N-Gehalt zeigt ungefähr das gleiche Bild mit dem Unterschied, dass das Maximum des Nitrat-N-Gehaltes im Frühling, und zwar in den Monaten April und Mai zu konstatieren ist.

3. Zwischen dem Gesamt-N-Gehalt und Nitrat-N-Gehalt einerseits und dem Gesamtbakteriengehalt andererseits besteht insofern ein Zusammenhang, dass alle insgesamt ihr Maximum in den Sommermonaten erreichen.

4. Viel prägnanter und deutlicher ist der Zusammenhang zwischen der Boden- und Lufttemperatur und dem Verlauf der beiden N-Kurven. Da nach den Vorstehenden zwischen der Lichtintensität und der Temperaturkurve ein ausdrücklicher Parallelismus besteht, so kann man ganz entschieden einen Zusammenhang zwischen dem Gesamt-N-Gehalt und Nitrat-N-Gehalt und diesen beiden Umweltfaktoren konstatieren.

5. Bezüglich den Zusammenhang zwischen den nitrifizierenden und N-bindenden Bakterien einerseits und dem Gesamt-N-Gehalt und Nitrat-N-Gehalt andererseits, besteht kein so ausgeprägter und kausaler Zusammenhang, als zwischen dem Bakteriengehalt des Waldbodens und der Kohlensäureproduktion desselben. Bei der N-Bindung im Waldboden kann auf Grund meiner Untersuchungsergebnisse ohne weiteres festgestellt werden, dass innerhalb eines Waldtypes die zahlenmässigen Aenderungen der nitrifizierenden, denitrifizierenden und N-bindenden Bakterien für die Gestaltung der Gesamt-N-Kurve und Nitrat-N-Kurve fast wirkungslos sind.

Bei dem N-Stoffwechsel des Waldbodens spielt also wahrscheinlich die Hauptrolle die Intensität der Mikrobentätigkeit, welche durch die Temperaturänderungen bedingt wird.

6. Die ph-Werte und die Werte des Humusgehaltes sind innerhalb des gleichen Waldtypes ebenfalls ohne deutliche Wirkung.

Zur Frage der Holzprüfnormen.

Dipl. Forsting. *Béla v. Török.*

Die Bestimmungen des internationalen Verbandes für die Materialprüfungen von 1906 regeln die einheitlichen Methoden bei der Probeentnahme und Durchführung der Prüfungen. Diese Normen wurden neuerdings vom Deutschen Verband für die Materialprüfungen überarbeitet und als Entwurf im fünften Heft vom 5. 6. 1929 der „*Baunormung*“ veröffentlicht.

Laut diesen Vorschriften sind die Probestücke zu Biegeversuchen von solchen Stammabschnitten zu entnehmen, die in einer Höhe von 7 bis 10 m. über dem Boden liegen, während die sonstigen Probestücke unmittelbar unterhalb oder oberhalb dieses Stammteiles entnommen werden. Wenn man die Proben immer aus dem Stammabschnitt von 7 bis 10 m. Höhe nimmt, kann der Vergleich der so erhaltenen Ergebnisse nicht vollkommen einwandfrei sein, weil man die Prüfungsergebnisse verschiedenen Alters nebeneinander stellt.

Wie gross die Wuchszeitunterschiede in diesem Falle sein können, weise ich auf Tabelle Nr. 1. auf Seite 223. Die Daten der Tabelle sind von *Dr. Schwappach's* Ertragungstafeln zusammengestellt worden. Laut dieser Tabelle sind die Wuchszeitunterschiede:

bei Eiche	25 Jahre
bei Rotbuche	24 Jahre (zwischen der I. und V. Standortsklasse 34 Jahre)
bei Kiefer	28 Jahre (zwischen der I. und V. Standortsklasse 39 Jahre)
bei Fichte	23 Jahre (zwischen der I. und V. Standortsklasse 31 Jahre)
bei Tanne	21 Jahre (zwischen der I. und V. Standortsklasse 29 Jahre)

Bei der Aktualität der Holzprüfnormen möchte ich die Frage stellen, ob die Angabe der Höhenlage aus der die Proben zu entnehmen sind, nicht zweckmässiger in Prozenten der Stammhöhe erfolgt? Selbstverständlich ist die Beantwortung der Frage, wie gross die Prozentenzahl der Höhenlage,

aus der die Probestücke entnommen werden sollen, keine leichte Aufgabe. Ich denke, dass es am zweckmässigsten wäre, auf Grund der vorgeschriebenen Höhenlage von 7 bis 10 m. die Prozentzahl von derjenigen Durchschnittshöhe festzustellen, welche die wichtigsten Holzarten im durchschnittlichen hiebsreifen Alter bei einem mittleren Standort erreichen. Bei einem mittleren Standorte wäre die Durchschnittshöhe der erwähnten fünf wichtigsten Holzarten ca. 23 m. und so würde der Abschnitt in 7 bis 10 m. Höhe: 26 bis 43%, oder abgerundet: 25 bis 40% betragen.

Wie gross die Wuchszeitunterschiede in diesem Falle sein können, weise ich auf Tabelle Nr. 2. auf Seite 224. Diese Daten sind ebenfalls von *Dr. Schwappach's* Ertragungstafeln zusammengestellt worden. Aus der Daten dieser Tabelle ist zu entnehmen, dass die Altersunterschiede in diesem Falle

bei Eiche	11 Jahre	
bei Rotbuche	7 Jahre	(zwischen der I. und V. Standortsklasse 10 Jahre)
bei Kiefer	7 Jahre	(zwischen der I. und V. Standortsklasse 9 Jahre)
bei Fichte	9 Jahre	(zwischen der I. und V. Standortsklasse 12 Jahre)
bei Tanne	8 Jahre	(zwischen der I. und V. Standortsklasse 10 Jahre)

sind.

In dem ersten Falle sind also die maximalen Wuchszeitunterschiede 39 Jahre, während in dem von mir vorgeschlagenen Falle sind die grössten Wuchszeitunterschiede nur 12 Jahre.

