

21/4626 - 13 - 1/3

Latvijas Botāniskā
Dārza
3263

Latvijas Universitātes
Botaniskā Dārza Raksti

ACTA HORTI BOTANICI
UNIVERSITATIS LATVIENSIS

Red. N. MALTA:

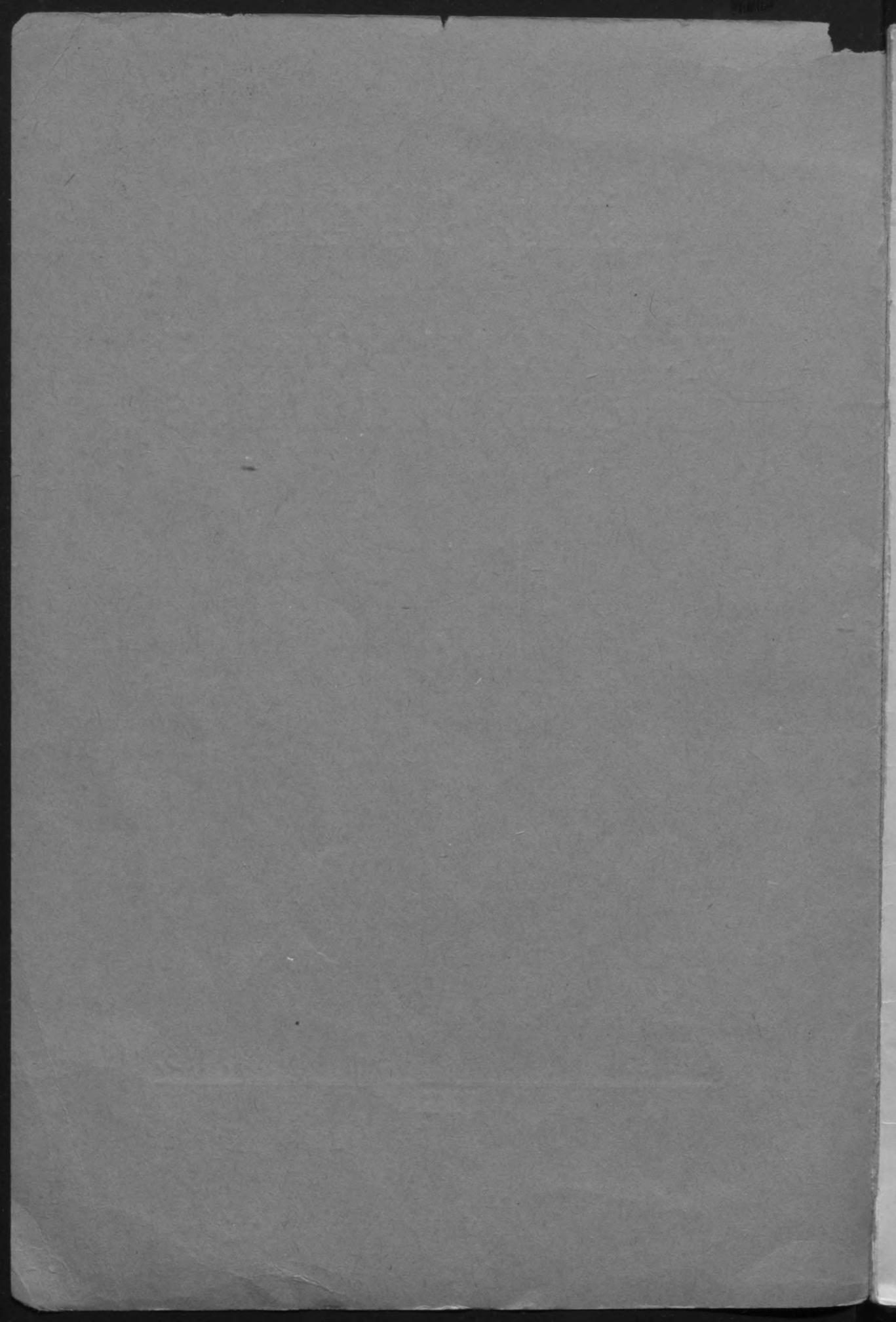
XIII. s.

1940

Nr. 1/3.

RĪGA

158



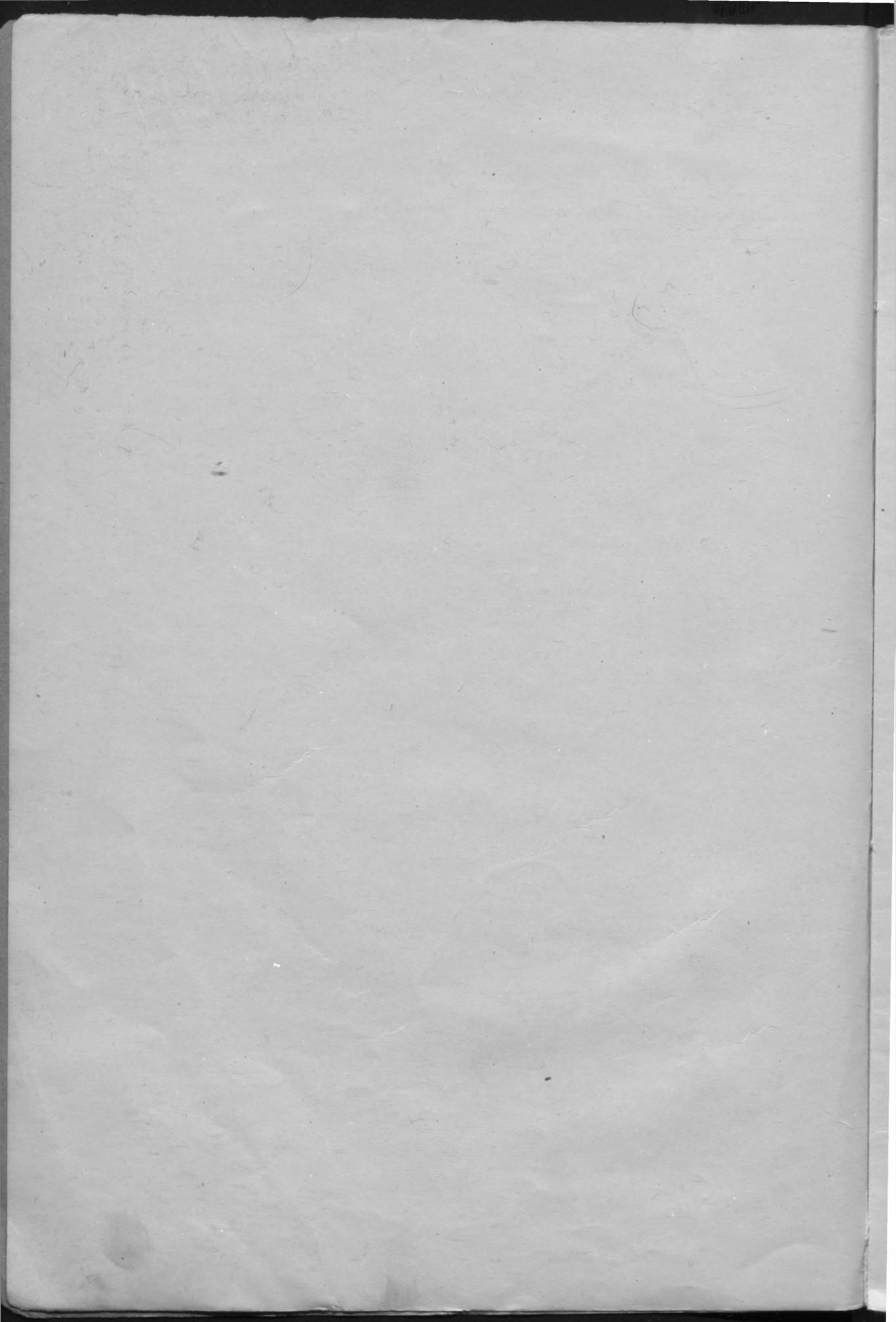
21/4622

Latvijas Bioloģijas
Biedrības bibliotēka

№ 3263

(7)

25



Latvijas Universitātes Botaniskā Dārza Raksti

Acta Horti Botanici
Universitatis Latviensis

XIII

Red. N. MALTA

R i g a

1959: 7088

Latvijas Valsts Universitātes Botāniskā Dārza Raksts

Acta Horti Botanic
Universitatis Latvianae

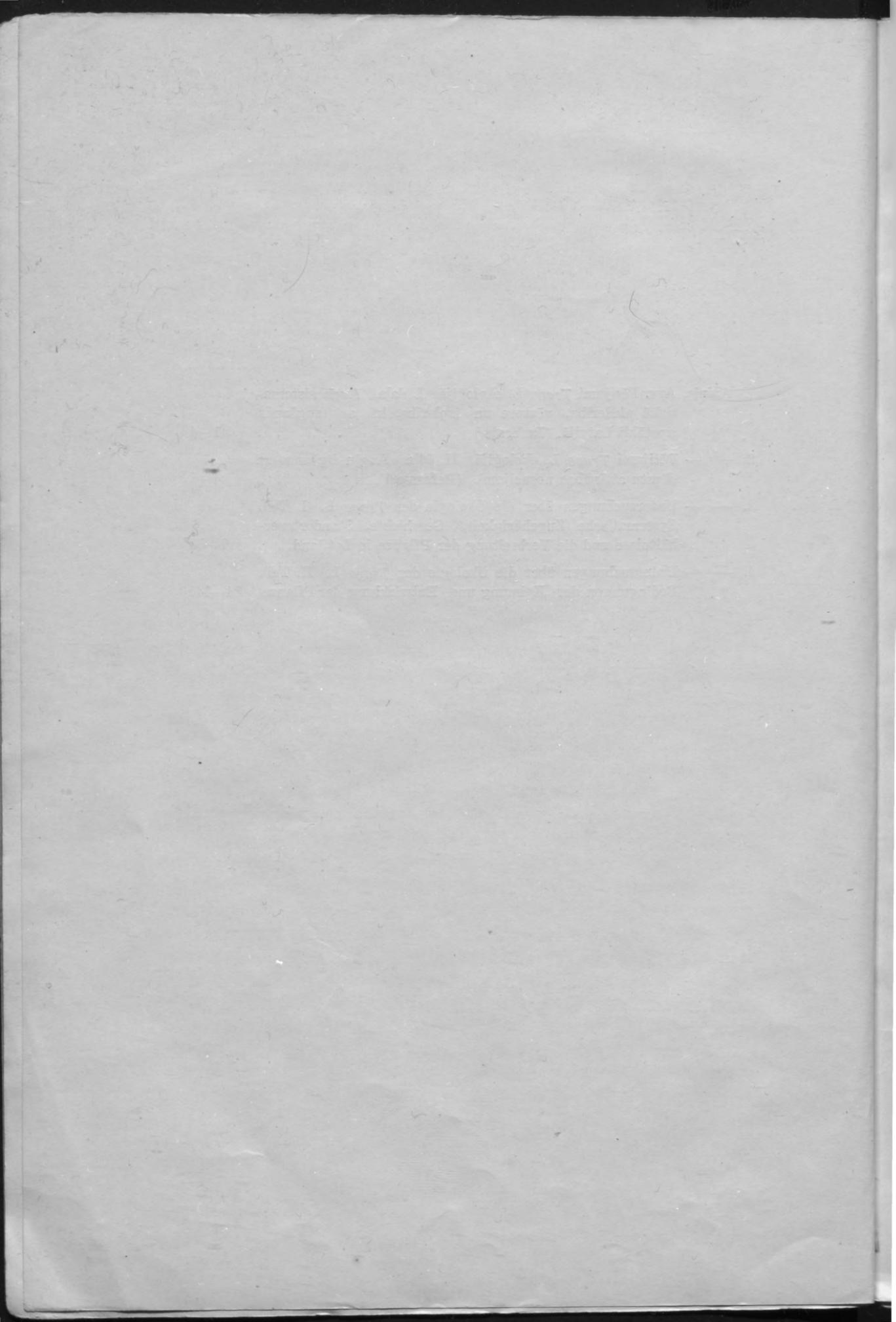
Armijas spiestuve Rīgā, Muižas ielā Nr. 1.



Publ. 10. II. 1940.

*Veltīts manam skolotājam
profesoram Dr. rer. nat.
Nikolajam Maltam
mūža 50 gadu atcerē.*

1. Apinis, Arv. Pētījumi *Trapa* L. ekoloģijā. I. daļa. Auga sistematiskā piederība, vēsture un izplatība, kā arī augšanas apstākļi Latvijā. (Referats.) 1—4
2. ——— Pētījumi *Trapa* L. ekoloģijā. II. daļa. Augļu dīgšanas un dīgstu attīstības nosacījumi. (Referats.) 4—6
3. ——— Untersuchungen über die Ökologie der *Trapa* L. I. Teil. Systematische Zugehörigkeit, Geschichte, Standortsverhältnisse und die Verbreitung der Pflanze in Lettland. . . 7—83
4. ——— Untersuchungen über die Ökologie der *Trapa* L. II. Teil. Bedingungen der Keimung und Entwicklung der Pflanze. 84—145



Pētījumi *Trapa* L. ekoloģijā.

I. daļa.

Auga sistematiskā piederība, vēsture un izplatība, kā arī augšanas apstākļi Latvijā. (Referats.)

Arv. Apinis.

Trapa īpatnējā bioloģija, vēsture un izplatība bieži apspriesta zinātniskā literatūrā. Auga liktenis pēcdedus laikmetā ir iesaistīts arī Ziemeļeiropas floras vēsturē sakarā ar klimata maiņām. Tā kā augs līdz šim Latvijā uzglabājies divos ezeros, 1932. g. rudenī izšķīros par auga tagadējo un agrāko augtēņu pētīšanu.

Auga sistematiskā stāvokļa noteikšanā pieturējos Nathorst'a (1888) terminoloģijai. Klaucānu ezera tipi pieskaitāmi *Trapa natans* L. ssp. *natans* (L) Schinz formām (sk. att. p. 11): fo. *subcoronata* Nath. (ca 60%), fo. *coronata* Nath. (3%), fo. *subconocarpa* Nath. (2%), fo. *elongata* Nath. (5%) un pārejas veidiem no fo. *coronata* Nath. uz fo. *conocarpoides* Nath. Pakratas ezera augļu formas pieder Nathorst'a «laevigata» formu rindai, kuras apvienoju apakšsugā ssp. *laevigata* (Nath.) mihi. Šai ezerā tipiskā fo. *laevigata* Nath. (40%) veidā ir līdzīga recentām Austrumāzijas sugām, kā, piem., *Trapa Maximowiczi* Korsch. (pēdējā ļoti līdzīga izmirušām terciarām sugām). Fo. *conocarpa* Aresch. augļu ap 30%. Neliels skaits augļu pieder fo. *conocarpoides* Nath. un pārejas formām no fo. *laevigata* Nath. uz fo. *conocarpa* Aresch. Arī Klaucānu ezera W licī atrasti nelielā skaitā *Tr. natans* L. ssp. *laevigata* (Nath.) mihi augļi: fo. *laevigata* Nath., fo. *conocarpoides* Nath. un fo. *conocarpa* Aresch. Tuvējā Priekulānu ezerā atrastas augam nelielā skaitā SW daļā *Tr. natans* L. ssp. *natans* (L.) Schinz formas, kas pilnīgi līdzīgas Klaucānu ezera formām. Ir norādījumi, ka augs te pirms apm. 20 gadiem un arī vēlāk atkārtoti ievazāts. Bez divām tagadējām augtēņiem ezerrieksts konstatēts vēl 9 vietās Latvijā, kur tas agrāk audzis.

Sevišķu ievēribu pelna direkt. šturma *Trapa* augļu čaumalu atradums Sarnatē līdz ar īpatnējām vālitēm augļu čaulas dauzīšanai

(vālišu koksnē atradu *Trapa* dzeloņus lielākā skaitā). Arī citas agrākās augtenes atrodas senmītņu tuvumā (Ģipka, Dviete, Lubāna u. c.). Tas liecina, ka jaun. akmens laikmetā un vēlāk *Trapa* augļi lietoti pārtikai, un cilvēks, domājams, būs toreiz sekmējis arī auga izplatīšanos.

Agrāk augs Latvijā bija plašāk izplatīts. Līdz šim mūsu teritorijā ir zināmas kādas 10 auga agrākās augtenes. Arī Ziemeļeiropā (Zviedrijā, Somijā u. c.) augs subborealā laikmetā bija plaši sastopams. Analizējot auga agrāko un tagadējo izplatību atrasts, ka augs Ziemeļ- un Viduseiropā izplatīts kontinentalāka klimata rajonos. Auga agrākā izplatība subborealā laikmetā saistīta ar rajoniem, kur tagad klimats oceaniskāks. Novērojot auga attīstības termiskos nosacījumus dabiskos apstākļos atrasts, ka auga attīstībai tā izplatības ziemeļu robežas rajonos ir izdevīgs kontinentalāks klimats. Sevišķi tas sakāms par augļu dīgšanu un dīgstu attīstību, kas notiek tad, kad ūdens maija vidū sasilst virs 12°C. Auga izplatību Ziemeļeiropā subborealā periodā, kur tagad klimats oceaniskāks, var izskaidrot ar agrāko kontinentalāko klimatu šais rajonos.

Abās tagadējās augtenēs ūdens ir iebrūns un satur daudz organisko vielu (sk. anal. p. 64). Tā iemesla dēļ Secchi disks zūd acij jau vidēji 1.15—1.25 m dziļumā un gaismas apstākļi citu augu augšanai vietās, kur aug ezerrieksts, nav labvēlīgi. Karbonātu saturs vidējs vai mazs, kāpēc reakcija ir neutrāla. Ūdenim ir vidējs vai mazs visp. neorgan. sāļu saturs, kāpēc ezeri nav pieskaitāmi eutrofam tipam. To vispārīgās īpašībās vairāk izteikts distrofi-oligotrofais raksturs, it sevišķi Pakratas ezerā, ko norāda arī ūdens un krasta veģetācija. Nogulumi ir tipiska jūtja ar nelielu karbonātu saturu.

Mūsu ezeru ūdens un nogulumi fizikāli-ķīmiskā sastāvā, atkarībā no klimata apstākļiem, ezeru morfoloģijas, gultnes un tuvākās apkārtnes zemes ģeoloģiskām īpašībām, ir pakļauti lēnākām vai ātrākām pārmaiņām. Ja abās tagadējās Latvijas augtenēs ūdens un nogulumu fizikāli-ķīmiskās īpašības ir labvēlīgas auga attīstībai, tad agrākās auga augtenēs valda citādi apstākļi. Tā salīdzinot Stulves un Kilučiu ezera ūdens ķīmisko sastāvu ar Klaucānu un Pakratas ezeru ūdeni atrasts, ka pirmos divos ezeros ūdens ir ar lielāku bikarbonātu sastāvu, mazāk tajā atšķīdušo organisko vielu, kamdēļ tas dzidrāks, bet reakcija ir alkaliska. Kilučiu ezera nogulumi ir ap 20 cm bieža kārtā kaļķaini. Zem šīs kārtas atrodas tipiska jūtja ar mazu kaļķa saturu, kur arī atrasti *Trapa* augļi. Šo ezeru dziļums ir ap 1 m, li-

dzīgi kā Baznīcas ezerā pie Balviem. Dažas citas agrākās augtenes sedz jau bieža kūdras kārtā (Gipkā, Vecpiebalgā u. c.).

Kā *Trapa* ezeru ūdens un nogulumu ķīmiskais sastāvs un fizikalās īpašības ievērojami pārmainas eksistences beigu posmā, tāpat arī šajos ezeros augam piemērotie augšanas apstākļi iestājās vairākus tūkstošu gadus atpakaļ ne uz reizi, bet p a m a z ā m. Tā 10—12.000 gadu atpakaļ, ledus laikmetam izbeidzoties, Klaucānu ezerā ne tikai klimata apstākļu, bet arī ezera dibens un ūdens ķīmiskā sastāva dēļ *Trapa* augšanai nebija piemēroti apstākļi. 2000—3000 gadu pēc ledus atkāpšanās no Klaucānu ezera rajona, līdzīgi kā citur Rietumeiropā, te valdīja subarktisks klimats, kas bija stipri sauss. Tāpēc tagadējo ezeru un purvu ieplakās lēni attīstījās sugu skaitā nabadzīgas augu sabiedrības. Daudzas tagadējās ezeru ieplakas šai laikmetā bija sausas (Galenieks 1936.). Arī Klaucānu ezera rietumlīcī zem 5 m bieziem ezera nogulumiem ir atrasts mazs kūdras slānītis ar *Scorpidium scorpioides*, kas norāda, ka ezers šai laikā bija pilnīgi izžuvis. Putekšņu analīze rāda, ka tā laika mežos bija priede (putekšņu spektrā 60%) un bērzs (38%). Egles putekšņi šais nogulumos atrasti 2%, bet pilnīgi iztrūkst lapu koku putekšņi. Vēlāk, klimatam kļūstot siltākam, Klaucānu ezerā sedimentējās kaļķa sapropelis, apm. 1 m biežā slānī. Pēdējā bērzs reprezentēts putekšņu spektrā ar 60%, bet lazda ar 6—14%. Arī jauktā ozolmeža koku putekšņi parādās šo nogulumu augšējā daļā. Virs šī kaļķa sapropēļa slāņa atrodas pusmetru bieža boreala kaļķa jūtja. Šī laikmeta beigās alkšņi sasniedz maksimumu (35%), un ezerā sāka sedimentēties tipiska jūtja ar mazu kalcija karbonāta saturu. Līdz tam ezera ūdens bija dzidrs un alkalisks. *Trapa* augšanai šāda vide nebija piemērota. Atlantiskā laikmeta sākumā ezera ūdens kļuva brūns, tā reakcija neutrāla un ezerā izveidojās *Trapa* augšanai piemēroti apstākļi (pirms apm. 7000 gadiem). Šādi apstākļi ezerā, neskatoties uz dažām klimata maiņām, te uzglabājušies līdz šim. Atlantiskā laikmeta jūtjā *Trapa* augļi nav atrasti, bet tie konstatēti ezera rietumlīcī subboreālā laikmeta jūtjā. Lai gan ezerrieksta augšanai piemēroti apstākļi Klaucānu ezerā radās boreālā laikmeta beigās, auga ieceļošana, domājams, arī te, līdzīgi kā Rietumlatvijā pie Gipkas (Galeniecs 1928.), notikusi vēlāk, proti subboreālā laikmeta sākumā.

Trapa ezeriem piesērējot tie kļūst seklāki, un ja auga augšanas vietās to seklums sasniedz 1 m, auga eksistence tiek apdraudēta. Abās tagadējās augtenēs Klaucānu un arī Pakratas ezerā augs labi attīstas tais vietās, kur dziļums ir no 1.0—2.0 m. Te augs pasargāts

arī no citu augu konkurences (*Helodea*, *Nuphar*, *Potamogeton* etc.), kas slikto gaismas apstākļu dēļ te neaug vai vāji attīstas. Seklākās vietās *Batrachium*, *Helodea*, *Stratiotes* u. c. labu gaismas apstākļu dēļ var augt. Vasarā šais vietās augi intensīvi saista ūdens un bikarbonātu ogļskābi, kāpēc ūdens kļūst alkalisks, kas slikti ietekmē *Trapa* attīstību. Šādos ezeros *Trapa* eksistence kļūst neiespējama arī tāpēc, ka augs uz savas izplatības ziemeļu robežas samērā neizdevīgos termiskos apstākļus atvieto ar augstāku ogļskābes koncentrāciju vidē. Tādus nelabvēlīgus apstākļus ezerriekstam var sagādāt cilvēka rīcība, pazeminot vai regulējot ezeru līmeni; piem., tāds liktenis augu sagaida Pakratas ezerā pēc meliorācijas darbu pabeigšanas.

Pētījumi *Trapa L.* ekoloģijā.

II daļa.

Augļu dīgšanas un dīgstu attīstības nosacījumi. (Referats.)

Arv. Apinis.

Darba pirmajā daļā tika apskatīta auga agrākā un tagadējā izplatība Ziemeļeiropā, kā arī auga eksistences apstākļi un liktenis atsevišķās augtēnēs. Ziemeļeiropas floras vēsturē augs iegājis arī kā klimata indikators, pret ko pēdējā laikā ir celti iebildumi (Aario 1932.). Šo iemeslu dēļ, vadoties no auga augtēnes apstākļu analizē iegūtām atziņām, bija nepieciešams eksperimentāli pētīt dažas auga īpašības, kas ir cēlonis pieminētām parādībām.

Vispirms pieminama augļu īpašība, kas saistās ar to miera stāvokli. Daudziem augiem, sevišķi koku un krūmu sēklām, pirms dīgšanas jāatrodas zināmu laiku noteiktos termiskos nosacījumos. Tāda sēklu īpašība pieskaņota augu attīstības ritmam gada laikos. Arī *Trapa* augļiem nepieciešams miera stāvoklis zemākā, $1,5^{\circ}$ — $+10^{\circ}$ C temperatūrā. Tas mūsu dabiskos apstākļos ilgst 3—4 mēneši (no septembra līdz decembrim). Šī augļu īpašība liek ieturēt augam attīstībā piemērotu ritmu gada laikā, jo rudenī arī labos termiskos apstākļos augļu dīgšana nav iespējama.

Trapa augļi, iegūdami dīgspējas jau janvarī, vides zemās temperatūras dēļ dabiskos apstākļos dīgt tomēr nevar. Augļi dīgst, ja temperatūra vismaz 12° C. Auga tagadējā izplatība Eiropā saistīta

ar kontinentalāka klimata rajoniem. Arī Latvijā tagadējās augtenes atrodas austrumos, t. i. kontinentalākā daļā (skat. I d.). Termiski šī kontinentalākā klimata ietekme auga attīstībā izpaužas sevišķi pavasara un vasaras mēnešu augstākā temperatūrā, kā to liecina dati par 1938. gadu (tab. p. 140).

Trapa atlantiskā perioda beigās un subboreālā periodā audzis arī Latvijas rietumdaļā. Tagad pavasarī Latvijas rietumdaļā termiskie apstākļi nav izdevīgi, jo augļu dīgšanai un dīgstu attīstībai nepieciešama augstāka temperatūra. Tāpēc arī *Trapa* agrākā izplatība Latvijas rietumdaļā izskaidrojama ar subboreālā periodā valdošo kontinentalāko klimatu.

Lai gan augļu resistance pret izžūšanu, kā to liecina Nakajima (1926) novērojumi un eksperimenti, nav liela, tomēr tai zinamu ekoloģisku nozīmi var piedēvēt auga izplatīšanā. Kā zinams, Nathorst's (1886), Gam's's (1927) un citi atzīst *Trapa* augļu izplatīšanos ar augstāko dzīvnieku, putnu un arī ar cilvēka starpniecību. Tā kā augļi uzglabā dīgospējas izžūstot gaisā pat 4 dienas, tad šāds izplatīšanas veids ir iespējams.

Ekoloģiski nozīmīgs Terasawa (1927) atradums par *Trapa* augļu labāku dīgšanas spēju bezskābekļa vidē nekā vidē ar skābekli. Eksperimentā novērots, ka arī kalcija hidrosulfida šķīdumā augļi ātrāk izdīgst, jo videi skābekļa deficīts vai zinamas reducētājas īpašības. *Trapa* augteņu ūdenī, kā to liecina Turesson'a (1927) pētījumi, arī valda diezgan ievērojams O_2 deficīts. Jitjā, kur pārziemo un dīgst augļi, O_2 deficīts, domājams, ir vēl lielāks, kas augļu dīgšanu ietekmē labvēlīgi dabiskos apstākļos.

Gam's's (1927) apzīmē augu par kalcifobu. Arī Hard's (1924) un Samuelsson's (1934) konstatē, ka augs Zviedrijā agrāk izvairijies aukt merģelmāla rajonos. Latvijas tagadējo un agrāko augteņu raksturs (skat. I daļu) liecina to pašu: tas neaug ar karbonātiem bagātos, alkaliskos dzidrūdēns baseinos, bet gan vāji skābajos vai neutralos ūdeņos (pH 6—7), kas bagāti organiskām substancēm.

Cooper's (1927, 30, 32) ir atradis acidofiliem augiem substratos dabiskās augtenēs mazāku oksid-redukcijas potenciālu nekā augiem neutralās un alkaliskās augtenēs. Viņš ievērojis arī korelāciju starp neorganisko savienojumu saistīšanu un oksid-redukcijas potenciāla pakāpi vidē. Arī *Trapa* dabiskiem substrātiem skāba reakcija (pH ap 5—6), resp. mazāks oksid-redukcijas potenciāls vidē nekā citiem bazifiliem ūdens augiem. Šī iemesla dēļ Terasawa (1927) pēti-

jumu rezultats par bezskābekļa vides labvēlīgu ietekmi dīgstu attīstībā ir sevišķi nozīmīgs.

Eksperimentos *Trapa* attīstības fažu I—V optims ir vidēs ar pH 5—7. Attīstības optimalā pH amplitude liecina, ka augs dēvējams par neutrohipoacidofilu vai bazifobu. Šāda ūdeņraža ionu koncentrācijas amplitude (pH 6—7) ir mūsu abās tagadējās *Trapa* augtenēs Klaucānu un Pakratas ezeros (skat. I daļā).

Auga jutībai pret cOH dabiskās augtenēs vēl divējāda nozīme. Pirmkārt, mūsu abās augtenēs augs izvairas no citu augu konkurences. Šī parādība izskaidrojama ar citu ūdens augu spējām intensīvi izmantot ūdens CO₂ un bikarbonātus. Ūdens šais vietās kļūst alkalisks: pH 8,5 un pat 10,5. Sevišķi vasarā tāda parādība labi novērojama seklākās vietās (0,1—0,5 m) mūsu tagadējās augtenēs (skat. I daļā). Tā iemesla dēļ ezerriesksts aug noteiktā zonā 1—2 m dziļās vietās. Tē citu augu attīstībai gaismas maz, bet *Trapa* šai zonā necieš no vides alkalitātes.

Otrkārt, mūsu *Trapa* agrākās augtenēs novērojamas divas raksturīgas īpatnības. Ezeriem piesērējot, tie kļuvuši sekli: to dziļums vasarā 0,5—1,0 m. Bez tam vēl Kilučiu ezerā (Lietavā) un Stulves ezerā, kur agrāk audzis ezerriesksts, tagad novērojams lielāks ūdens dzidrums un alkalitāte nekā agrāk. Šais ezeros tagad vide auga attīstībai vairs nav piemērota.

Zināma ekoloģiska un arī augu ģeogrāfiska nozīme ir auga jutībai pret NaCl (nepanes 0,5—2% NaCl). G a m s's (1927) atzīmē, ka augs iztrūkst lielākā stepju teritorijā Dienvidaustrumeiropā. Lai gan termiskie apstākļi šais apgabalos augam piemēroti, tā iztrūkšana šajos stepju apgabalos, domājams, saistīta ar tā jutību pret NaCl un auga neutrohipoacidofiliju.

Latvijā augs atrodas ziemeļu izplatības robežā un ar to izskaidrojams apstāklis, ka vides aciditāte mūsu dabiskās augtenēs atbilst auga amplitudes optimam vai ir tuvu tam. Ievērojot arī apstākli, ka augļu dīgšanai un dīgstu attīstībai vajadzīga augstāka temperatūra, auga resistance vai ekoloģiskā amplitude termiski labvēlīgākos rajonos iepretim vides aciditātei un citiem apstākļiem, domājams, būs augam lielāka nekā mūsu teritorijas augtenēs tagadnē.

Untersuchungen über die Ökologie der *Trapa* L.

I. Teil.

Systematische Zugehörigkeit, Geschichte, Standortverhältnisse und die Verbreitung der Pflanze in Lettland.

Von

Arv. Apinis.

Inhaltsverzeichnis.

| | |
|---|---------|
| Vorwort | p. 7—9 |
| 1. Arbeitsmethoden | „ 9—11 |
| 2. Systematische Zugehörigkeit der rezenten <i>Trapa</i> L. Formen in Lettland | „ 11—13 |
| 3. Zur Geschichte der Pflanze | „ 14—18 |
| 4. <i>Trapa</i> als Kulturpflanze | „ 18—20 |
| 5. Das Aussterben der <i>Trapa</i> | „ 20—26 |
| 6. Beobachtungen über die Keimung und Entwicklung der <i>Trapa</i> im Frühjahr und Sommer 1938 im Klaucanu See | „ 26—33 |
| 7. Charakteristik des Klaucanu Sees als Standort der <i>Trapa</i> | „ 34—40 |
| 8. Ufer- und Wasservegetation des Klaucanu Sees | „ 40—48 |
| 9. Vegetation des Pakrata Sees | „ 48—56 |
| 10. Die gegenwärtigen klimatischen Verhältnisse der Lettländischen Standorte | „ 56—61 |
| 11. Vergleich der edaphischen, klimatischen und phytosoziologischen Verhältnisse an den früheren und jetzigen <i>Trapa</i> Standorten | „ 61—74 |
| 12. Betrachtungen über die Verbreitung der Pflanze in Nord- und Mitteleuropa | „ 74—78 |
| 13. Zusammenfassung | „ 78—79 |
| 14. Literatur | „ 79—83 |

Vorwort.

Die Verbreitung, eigentümliche Biologie und Geschichte der *Trapa* im Eis- und Nacheiszeitalter hat wiederholt das Interesse der Forscher gefesselt. Davon zeugt die beträchtliche Zahl der Veröffentlichungen, die der Pflanze gewidmet sind, resp. die dieselbe erwähnen. Es kann dennoch nicht behauptet werden, dass die Ökologie der Pflanze bisher gut erforscht worden sei. Jedenfalls ist das Schicksal der Pflanze mit wichtigen Theorien über die Geschichte der Flora und Klimatologie Europas verknüpft.

Im Jahre 1932, während eines Besuches des neuentdeckten *Trapa* Standortes im Pakrata See, entschloss ich mich die früheren und jetzigen Standorte der Pflanze in Lettland zu untersuchen, wenn auch mir damals nur wenig Hilfsmittel für solche Arbeiten zur Verfügung standen. Ich begann die Arbeit unter freundlicher Unterstützung seitens des Instituts und mit Mitteln des Vereins der Freunde des Botanischen Gartens durch Herrn Prof. N. Malta. Mit verschiedenen notwendigen Instrumenten war mir stets der verstorbene Herr cand. rer. nat. V. Ozoliņš behilflich. Bis zum Jahre 1935 gelang es, nicht nur alle früheren und jetzigen Standorte, sondern auch einen wichtigen Standort des vorigen Jahrhunderts im Kilučiu See in Litauen bei Biržai zu besuchen. Die Erforschung dieser früheren Standorte war darum notwendig, weil die hier gemachten Beobachtungen die einzige sichere Gewähr für die Erschliessung der Fragen, die sich mit der Biologie und Schicksal der Pflanze in Lettland verknüpfen, ergeben konnten.

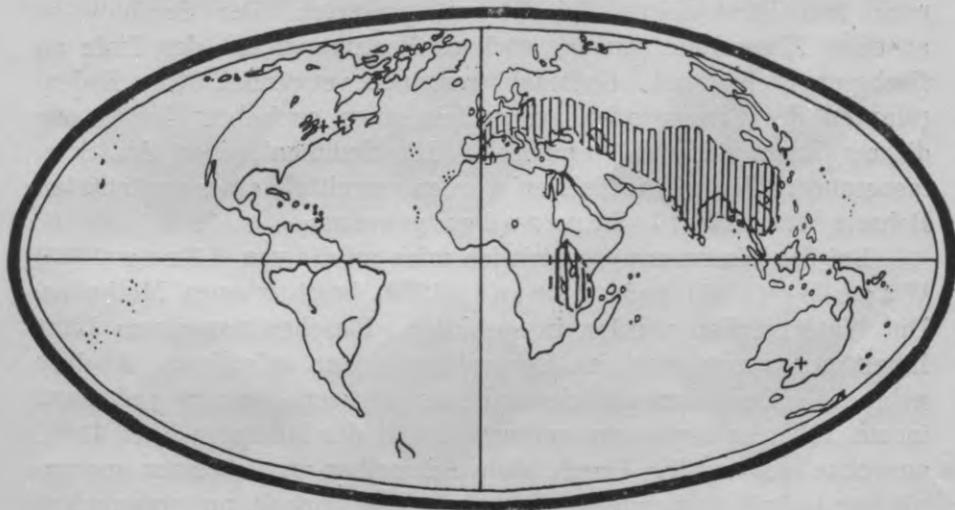
Im Jahre 1935 erlaubten die vom Kulturfond gewährten Mittel, die floristische Erforschung der beiden gegenwärtigen Standorte zu beenden. In diesem Jahre untersuchte Herr Privatdoz. H. Skuja die Planktonproben und die Diatomeen der Gytja. Hier sei auch der grosse Verdienst des Kriegs-Aviationsregiments erwähnt, das die Flugaufnahmen der jetzigen Standorte der Pflanze des Pakrata und Klaucanu Seen gemacht hat.

Die Durchführung der Untersuchung der chemischen Faktoren — die Wasser- und die Gytjaanalysen — wurde durch den Beistand des Herrn Obertaxators J. Vitiņš und Frh. cand. rer. nat. L. Freija im Landwirtschaftsministerium möglich. Die klimatologischen Daten der entsprechenden Stationen verlieh der Leiter des Meteorologischen Büros Herr J. Barloti. Der Direktor des Schulmuseums Herr J. Siliņš (der Klaucanu See ist ein Reservat des Schulmuseums) erlaubte wiederholt grössere *Trapa* Fruchtmengen im Klaucanu See einzusammeln. Herr Prof. A. T. Fleroff, Novočerkask, Herr Doz. H. Gams, Innsbruck, und Herr Prof. Turesson, Lund, stellten freundlichst aus ihren Privatbüchereien zwecks Einsichtnahme verschiedene Literaturwerke zur Verfügung. Direktor E. Šturms überreichte freundlichst *Trapa* Früchte u. a. Funde, die er bei Erforschung neolithischer Siedlungen Lettlands gefunden hatte. Fräulein Mag. M. Gilbert hat die pollenanalytische Bearbeitung der Ablagerungen des Klaucanu Sees durchgeführt. Herr L. Schwartz hat die Übersetzung des lettischen Manuskripts unter-

nommen. Für diese Teilnahme und freundliche Unterstützung bei der Arbeit spreche ich allen erwähnten Kollegen hier meinen verbindlichsten Dank aus.

Die Einteilung des Stoffes in den folgenden Kapiteln ist durch das Ziel und die Technik der Arbeit bestimmt. Diese zerfällt in zwei Teile. In dem vorliegenden ersten Teil wird die Systematik und Entwicklung der Pflanze, Beschreibung der Wachstumsverhältnisse und der Vegetation der gegenwärtigen Standorte, sowie Angaben über frühere Verbreitung der *Trapa* gebracht. Der zweite, experimentelle, Teil wird die unmittelbare Fortsetzung dieses ersten sein, wo die Azidophilie, Ruheperiode und Beziehungen der Pflanze zu anderen Faktoren betrachtet werden. Die systematische Bearbeitung früherer *Trapa* Rassen und die Zytologie der jetzigen Rassen Lettlands wird in nächster Zukunft veröffentlicht werden.

Riga, November 1939.



Verbreitung der *Trapa* (nach Gams).

Arbeitsmethoden.

Zur Bestimmung der systematischen Stellung der *Trapa*-Formen habe ich mich an Nathorst's (1888) Terminologie im wesentlichen gehalten.

Bei der Vegetationsbeschreibung der Klaucanu und Pakrata Seen habe ich eine eigene Interpretation in dieser Arbeit für zweckmässig gefunden, indem ich die Vegetation des Wassers und der Ufer in

THE
LIBRARY OF THE
MUSEUM OF
COMPARATIVE ZOOLOGY
AND ANATOMY
HARVARD UNIVERSITY
CAMBRIDGE, MASS.

verwandte, mehr oder weniger einheitliche Sektore eingeteilt habe. Das erleichterte bedeutend die Arbeit und gab eine bessere Übersicht der verschiedenen Standortsverhältnisse und die hiermit verknüpften Eigentümlichkeiten in der Verteilung der Arten. Die Vegetation der Ufer der kleinen Seen ist stark fragmentarisch und befindet sich oft unter starkem Kultureinfluss des Menschen. Darum habe ich in kurzen Beschreibungen der Vegetation auch die in der Phytosoziologie üblichen Methoden nicht gebraucht. Die charakteristischen und häufigsten Pflanzen des Wassers und Ufers sind in den betreffenden Sektoren notiert. Hiernach ist es leicht unter Zuhilfenahme der Schemata, Fliegeraufnahme und Photoaufnahmen, über den Charakter der See- und insbesondere der Ufervegetation zu urteilen.

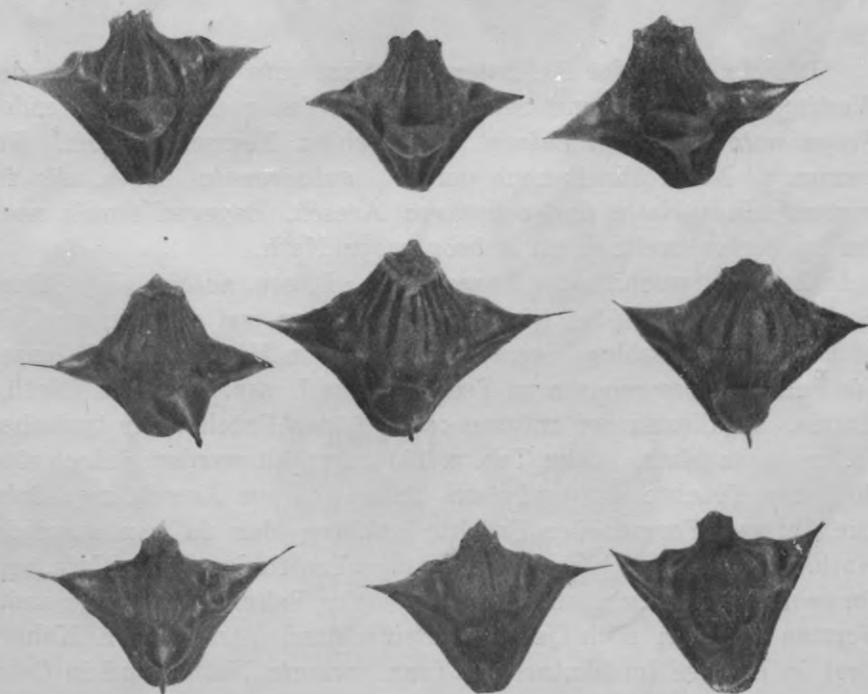
Die Temperatur des Wassers wurde vermittle des Richterschen Thermometers gemessen. Die Lichtverhältnisse wurden nach dem Secchidiskus (24×24 cm) gewertet. Der Secchidiskus an einer Messschnur wurde auch zu Bestimmungen der Tiefe an flacheren Stellen mit Gyttaablagerungen verwendet. Die Bodenpflanzen des Sees wurden vermittle eines einfachen Geräts aus dickem Draht («Katze») eingeholt. Die Sedimentproben des Sees, insbesondere dessen Profilerien wurden vermittle eines veränderten Bohrers nach Blytt-Sernander gewonnen.

Bei der Wasseranalyse hielt ich mich an die von König (1923) Wageler (1923) und Zariņš (1932) beschriebenen Methoden. Die Wasserproben wurden in speziellen Flaschen von einem Liter Inhalt genommen und ins Laboratorium zur sofortigen Analyse gebracht. Der Gesamtrückstand des Wassers wurde gefunden, indem 100 ccm Seewasser verdampft und der Rückstand bei 110°C ausgetrocknet wurde. Durch Glühen desselben wurde dessen anorganischer Gehalt festgestellt. Der aufgelöste Gehalt an organischen Stoffen wurde vermittle KMnO_4 Lösung in saurem Milieu nach Kubel bestimmt. Die Bikarbonate wurden durch Titrierung mit $n/10 \text{ H}_2\text{SO}_4$ in Anwesenheit von Methylorange bestimmt. Die Chloride wurden festgestellt durch Titration mit $n/100 \text{ AgNO}_3$ Lösung in mässig saurem Milieu, in Anwesenheit von KCrO_4 , die Sulphate aber in gewöhnlicher Weise vermittle Bariumchloridlösung. Das Eisen wurde kolorimetrisch nach König festgestellt. pH wurde elektrometrisch mit Chinhydronelektrode oder auch kolorimetrisch im Hellige Komparator bestimmt. Die Ergebnisse der Analysen sind in der Tabelle auf p. 64 zusammengestellt. Ausserdem ist noch der

Inhalt der Gytta an Karbonaten und Humuskohlensäure bestimmt, wie auch das pH nicht nur in den jetzigen, sondern auch den einstigen Standorten.

Systematische Zugehörigkeit der rezenten *Trapa* L. Formen in Lettland.

Durch Untersuchung der lettländischen *Trapa* L. Formen ist festgestellt, daß die Typen des Klaucanu Sees zu den Formen *Trapa natans* L. ssp. *natans* (L.) Schinz gehören (siehe Tab. unten). Die Mehrzahl der Früchte dieses Sees (ca 60%) gehören zur fo. *subcoronata* Nathorst (*Trapa hungarica* Fleroff). Fo. *coronata* Nath. sind weniger zahlreich (ca 30%); die Zahl der typischen Formen *subconocarpa* Nath. ist gering (ca 2%). Ca 5% der Früchte können der fo. *elongata* Nath. zugezählt werden, doch erinnern diese For-



Früchte der *Trapa natans* L. ssp. *natans* (L.) Schinz aus dem Klaucanu See. Oben 2 links liegende Früchte fo. *coronata* Nathorst, 1 Frucht fo. *elongata* Nath. Mittlere Reihe 2 rechts liegende Früchte fo. *subconocarpa* Nath. Unten 3 Früchte der fo. *subcoronata* Nath.

men noch stark an fo. *subconocarpa* Nath. Ca 2% der Früchte (tiefer in der Gyttja ist dieser Typus mehr verbreitet) gehören zur Übergangsform von *coronata* Nath. zu *conocarpoides* Nath. In der Westbucht des Sees (siehe Schema p. 41) sind einige ziemlich typische Früchte gefunden worden, welche zu *Trapa natans* L. ssp. *laevigata* (Nath.) Apinis fo. *laevigata* Nath., fo. *conocarpoides* Nath. und fo. *conocarpa* Aresch. gehören.

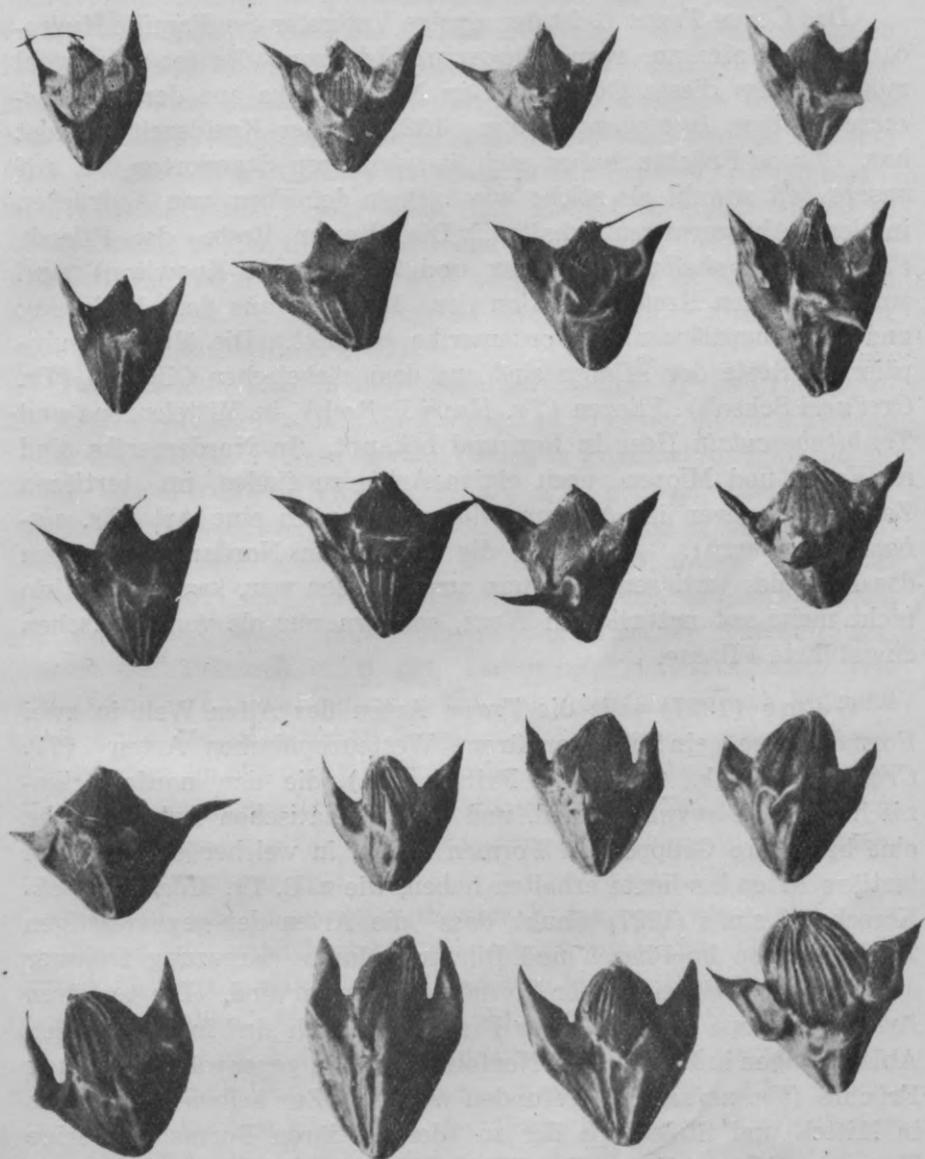


Die im Klaucanu See (W-Bucht) seltene *Trapa natans* L. ssp. *laevigata* (Nath.) Apinis Formen; von links nach rechts: fo. *laevigata* Nath., fo. *conocarpoides* Nath. und fo. *conocarpa* Aresch.

Die Merkmale der *Tr. natans* ssp. *laevigata* (Nath.) Apinis der Westbucht des Klaucanu Sees sind noch denen der dominierenden *Trapa natans* L. ssp. *natans* (L.) Schinz Formen ähnlich. Fo. *laevigata* Nath. ähnelt noch der fo. *subcoronata* Nath., die fo. *conocarpoides* Nath. und *conocarpa* Aresch. dagegen ähnelt noch der im See verbreiteten fo. *subconocarpa* Nath.

In Lettland wuchsen die *Trapa natans* L. ssp. *natans* (L.) Schinz Formen früher noch bei Ģipka in atlantischer und subborealer Zeit, in Dviete, im Baznicas See bei Balvi und in Užava. Die Pflanzen des Pakrata Sees gehören zu *Trapa natans* L. ssp. *laevigata* (Nath.) Apinis. In diesem See müssen ca 40% der Früchte der typischen fo. *laevigata* Nath. (siehe Tab. p. 13) zugezählt werden, jedoch sind 30% der Früchte der typischen fo. *conocarpa* Aresch. zugehörig. Die übrigen Formen der Früchte gehören der fo. *conocarpoides* Nath. und schliesslich den Formen zwischen fo. *laevigata* Nath. und fo. *conocarpa* Aresch. an. Der *Trapa* des Pakrata Sees verwandte Formen wachsen noch jetzt in Deutschland (Anhalt, Gr. Kühner See) in Ungarn im Skutari See (var. *rostrata* Nath.) und in Ostasien (var. *Ivasaki* Nak. in Japan).

Einst wuchsen diese Formen der ssp. *laevigata* (Nath.) Apinis in Lettland in einem Nebenfluss des Iča Flusses des Lubana Sees, im Baznicas See bei Balvi und an anderen Orten.



Früchte der *Trapa natans* L. ssp. *laevigata* (Nath.) Apinis ohne äuss. Perikarp aus dem Pakrata See. Erste und zweite Reihe von oben — verschiedene fo. *laevigata* Nath. Typen; dritte und vierte Reihe fo. *conocarpoides* Nath. und Übergangstypen von fo. *laevigata* Nath. zu fo. *conocarpoides* Nath. und fo. *conocarpa* Aresch; unten — typische fo. *conocarpa* Aresch.

Zur Geschichte der Pflanze.

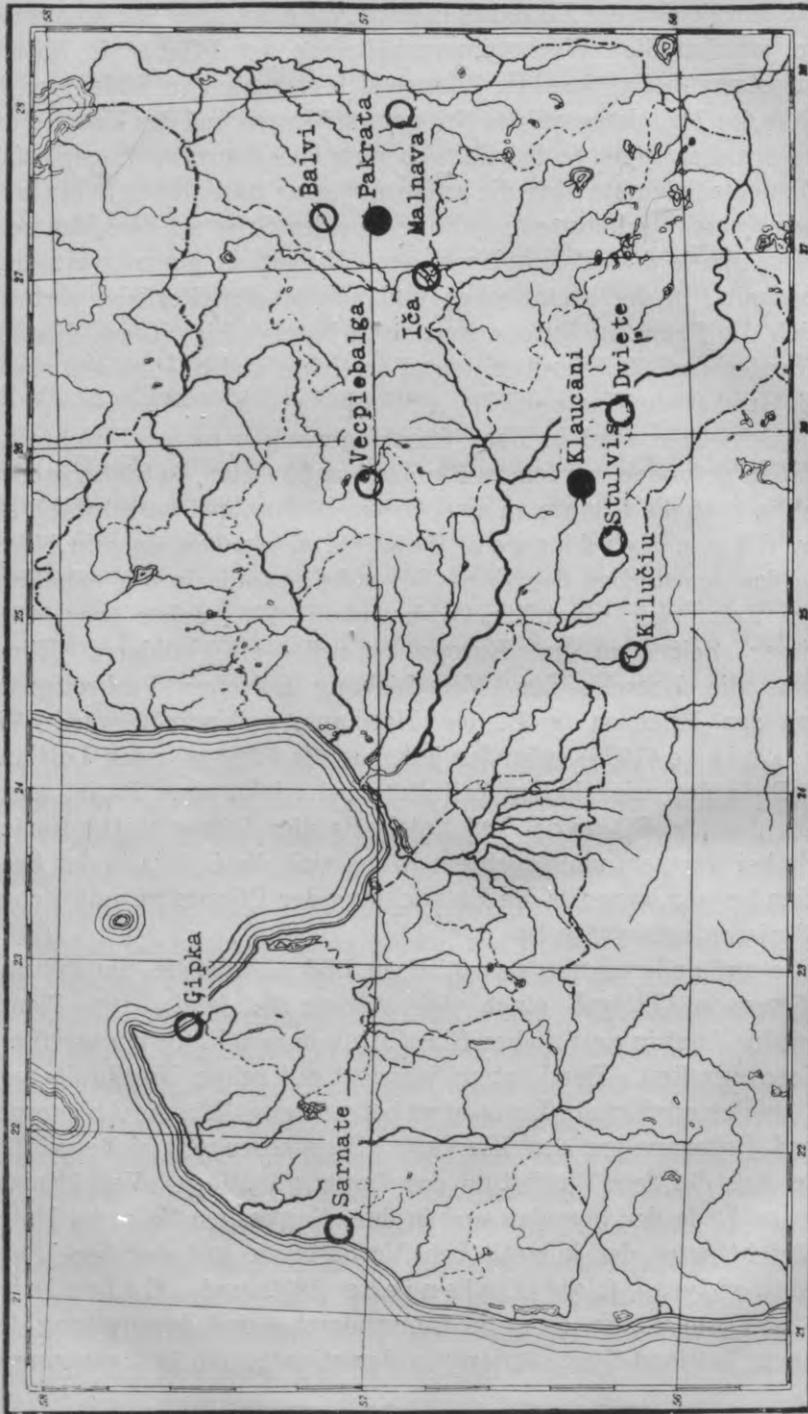
Das Genus *Trapa* L. ist der einzige Vertreter der Familie *Hydrocaryaceae* Raimann, resp. *Trapaceae* Adanson. Es ist sehr wohl möglich, dass dieses Genus sich in Nordamerika aus der *Oenotheraceae* Tribus *Jussieueae* (Gams 1927) in der Kreidezeit gebildet hat. *Trapa* Früchte haben sich in früheren Standorten bis auf unsere Zeit sowohl als solche wie auch in der Form von Abdrücken in den Ablagerungen erhalten. Die ältesten Reste der Pflanze (*Trapa microphylla* Lesquereux und *Tr. cuneata* Knowlton) sind aus der oberen Kreideformation der Laramie, aus dem Waioming und Montanapaläozen in Nordamerika bekannt. Die ältesten europäischen Reste der Pflanze sind aus dem sächsischen Oligozen (*Tr. Credneri* Schenk), Pliozen (*Tr. Heeri* Fritsch) in Mitteleuropa und *Tr. bituberculata* Heer in Portugal bekannt. In Nordamerika sind im Eozen und Miozen noch einige Arten zu finden, im tertiären Zeitalter dagegen im Alabamapliozen nur noch eine Art (*Tr. alabamensis* Berry). Nachdem die Pflanze in Nordamerika gegen das Ende des tertiären Zeitalters ausgestorben war, kam sie dorthin nicht mehr auf natürlichem Wege, sondern nur als vom Menschen eingeführte Pflanze.

Gams (1927) teilt die *Trapa* Arten der Alten Welt in zwei Formenkreise ein: Die tertiären Westeuropäischen Arten (*Tr. Credneri* Schenk., *Tr. Heeri* Fritsch etc.), die den nordamerikanischen Arten verwandt sind, und die ostasiatischen Arten, welche eine besondere Gruppe von Formen bilden, in welcher sich manche tertiäre Arten bis heute erhalten haben, wie z. B. *Tr. Maximovitschi* Korsch. Gams (1927) glaubt, dass die Arten der gegenwärtigen *Trapa* Formen im Pliozen und Diluvium durch Kreuzung früherer europäischer und asiatischer Formen entstanden sind. Die tertiären Arten in Europa starben in der Eiszeit aus, doch sind in präglazialen Ablagerungen in England bei Norfolk die ersten gegenwärtigen *Trapa* Früchte (*Tr. natans* L.) gefunden worden. Zur selben Zeit wuchs in Mittel- und Südeuropa der zu den tertiären Formen gehörige Typus der Pflanze, *Trapa Heeri* Fritsch. Für den Standpunkt Gams's spricht noch die Tatsache, dass die rezenten Formen der *Trapa natans* L. ssp. *laevigata* (Nath.) Apinis eine Ausbreitung nach Osten aufweisen. Besonders ähnelt den ostasiatischen rezenten tertiären Formen die ssp. *laevigata*, welche auch im Pakrata See in Lettland wächst.

Mit dem Beginn der Eiszeit in Europa, vor etwa einer halben Million Jahren, wurden die Wachstumsverhältnisse der Pflanze in Mitteleuropa so ungünstig, dass die Pflanze sich nur noch in Südeuropa in der Nähe des Mittelmeeres, des Schwarzen Meeres und des Kaspischen Meeres erhalten konnte. Sobald sich aber die wärmere Interglazialzeit einstellte, richtete sich die Pflanze wieder nach Norden hin und fand geeignete Wachstumsverhältnisse in der Schweiz, Norddeutschland, Dänemark und Polen. Nach der Eiszeit in einem wärmeren Zeitabschnitt, in der atlantischen und subborealen Periode, verbreitete sich die *Trapa* in Europa weit nach Norden hin, indem dieselbe in Schweden den 60. Nordbreitengrad erreichte und in Finnland sogar den 63. Grad (siehe Karte p. 77).

In Schweden sind in den Seeablagerungen *Trapa* Früchte an 300 Stellen gefunden worden, in Finnland an 50 Orten. In Südschweden wuchs bis 1916 die Pflanze an zwei Orten, in Finnland verschwand sie früher. Gams, Nordhagen, Post u. a. glauben, dass in Nordeuropa das Aussterben der *Trapa* besonders rapide in der subatlantischen Zeit sich einstellte, d. h. etwa 700 Jahre vor Chr. In dieser Zeit trat in Europa schnell ein kühleres Klima ein, was die Ursache der Verschiebung mancher Verbreitungsgrenzen der Pflanzen (z. B. der Haselnuss) südwärts war. Wie es Galeniece (1928) gefunden hat, zog die Pflanze nach Lettland gegen Ende des atlantischen Zeitalters bei Ģipka ein. Es ist anzunehmen, dass im SO und S Teil Lettlands dies früher stattgefunden hat, als bei warmem und feuchtem Klima sich die Gyttja in den Seen zu bilden begann, was für die Entwicklung der Pflanze in natürlichen Verhältnissen notwendig ist.

Wie auf anderen nordeuropäischen Böden, war die Verbreitung der Pflanze in Lettland einst viel stärker als jetzt. Die Pflanze hat sich bis jetzt in natürlichen Standorten in den Klaucanu und Pakrata Seen erhalten. Der letztere Standort mit seiner Nordbreite von 56° ist als der nördlichste Europas zu betrachten. Wie die Ablagerungen und Pollenanalyse des Klaucanu Sees bezeugen (siehe p. 37), stellten sich die dem Wachstum der *Trapa* günstigen Verhältnisse im See zu Ende der borealen und in der atlantischen Zeit ein. Unter Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse und der See- resp. Ablagerungstypen (siehe Galeniece 1930 und Galeniekš 1937), ist anzunehmen, dass die Einwanderung und Ausbreitung der Pflanze in Lettland ihren Anfang in der atlantischen Zeit genommen hat.



Gegenwärtige und einstige Verbreitung der *Trapa* in Lettland und im angrenz. Litauen (Kilaučiu See).

Bisher sind 8 frühere Standorte in Lettland bekannt. Walter (1925) fand Torfstücke mit Früchten der *Trapa natans* L. var. *muzzanensis* Jäggi am Stulvja Seeufer im Gemeindebezirk Sauka. Der See befindet sich am O-Ende eines grösseren Moores (Siehe Fliegeraufnahme p. 24). Der See ist seicht (Tiefe ca 1—1,5 m) und die Vegetation ist, des reichlichen Gehalts an Kalkkarbonat und günstiger Lichtverhältnisse wegen, ziemlich reich.

Galenieks-Liniņa (1928) fand *Trapa* Früchte in der Gytija der atlantischen Zeit bei Ģipka, und 1928 in einer dem Torftechnologischen Laboratorium eingesandten Torfprobe aus Vecpiebalga (aus einem Moor in Tiefe von 4,5 m).

Im Jahre 1935 fand Jansons *Trapa* Früchte im Baznīcas See bei Balvi. Eben solche, an das W-Ufer des Balvu Sees, herausgespülte Früchte fand ich einige Kilometer weiter.

Grotans (1935) sandte Früchte aus dem Silajāņu See bei Malnava ein, wo diese in den Dy-Ablagerungen am Ufer des früheren Sees gefunden worden sind. Die Früchte sind hier nicht am ursprünglichen Standort der Pflanze gefunden worden, sondern sie konnten dahin vom Wasser herangespült worden sein (oft schwimmen die ausgekeimten Früchte auf und werden alsdann vom Wasser ans Ufer gespült).

Pērkonis fand 1938 im Sommer *Trapa* Früchte bei Dviete, unterhalb eines Sees in der in einem Bach aufgebaggerten Gytija.

Direktor šturms fand zusammen mit neolithischen Funden (datiert ca 2000 Jahre v. Chr.) im Flussbett des Iča Flusses *Trapa natans* ssp. *laevigata* Formen. Ebenfalls wurden Früchte der *Tr. natans* ssp. *natans* im Užava Gemeindebezirk in einem Sumpf gefunden, welche ca 1000 Jahre v. Chr. zu datieren seien.

Gams (1927) glaubt, dass die diluviale, postglaziale und gegenwärtige Verbreitung der Pflanze durch drei Umstände bestimmt werden: «Kalkscheu, verbunden mit hohem Nährstoff- und Wärmebedürfnis, Verbreitung durch Säugetiere und Menschen.» Wieweit dieser Standpunkt berechtigt ist, wird in den weiteren Teilen dieser Arbeit behandelt, wo der Kalziphobie besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird.

Zur Geschichte der Pflanze gehören noch zwei Problemkomplexe: 1) Dessen Rolle als altertümliche Kulturpflanze und 2) die Veränderung der Nordgrenze resp. die Ursachen des Aussterbens der Pflanze.

1959: 7088



Das erste Problem wird kurz in dem folgenden Kapitel, und das zweite wird im experimentellen zweiten Abschnitt dieser Arbeit behandelt.

Trapa als Kulturpflanze.

Die reichlichen Nährstoffe der *Trapa* Früchte hat der Mensch zur Ernährung bereits im grauen Altertum verwertet. In den Siedlungen des Menschen des neuen Steinzeitalters in der Schweiz, Südschweden, Finnland werden reichlich Schalen der Wassernuss gefunden. Der damalige Jäger und Fischer wird sie vielleicht in der Nähe seiner Behausung mit Absicht kultiviert und mit sich nach anderen Orten verpflanzt haben. Dies wird von mehreren Forschern, wie Auer (1925), Brockmann (1917), Gams (1927) und Sundelin (1919) angenommen.

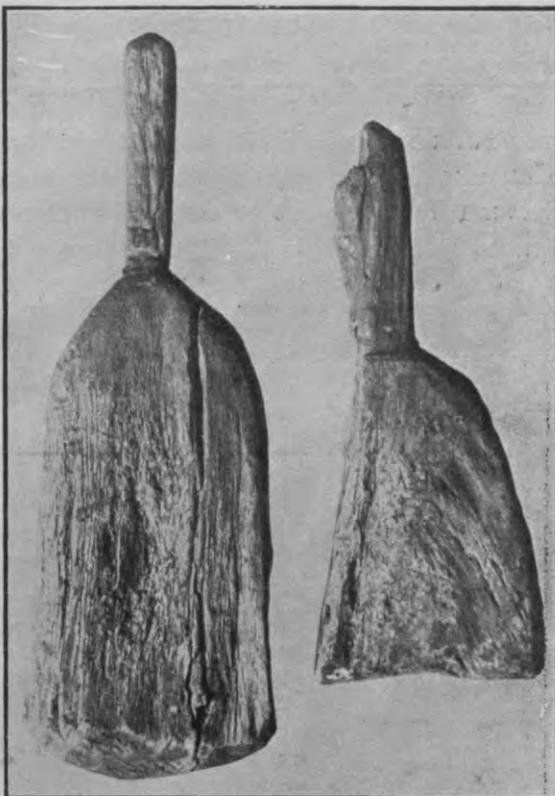
Im klassischen Altertum bemerken Dioskurid und Plinius (cit. Jäggi 1886), dass in Ägypten und in Thrakien aus dem Mehl der Wassernuss Brot gebacken wurde. Später, im 16. Jahrh. schreibt ein italienischer Botaniker, dass die «Wasserkastanie» besonders reichlich in der Umgegend von Ferrara und Mantua wächst, wo sie, wie echte Kastanien, auf dem Markte verkauft und verwendet wird, wie gebacken, so auch zu Mehl zermahlen für Brot. Die Früchte werden auch zu Rosenkränzen verwendet, die von Pilgern erworben werden und auch am Halse als Schmuck oder Amulett getragen. Ähnlich wird die Frucht im 18. Jahrh. in Südfrankreich, Italien, Ungarn gebraucht. Nach Chitrowo (1905) war die Ausbeute in einem See des Orlov Gouvernements in Mittellussland an die 160.000 kgm. So wurden im 19. Jahrhundert in Südasien von der englischen Verwaltung Seen speziell zur *Trapa*-Kultur gepachtet und einige Zehntausend Menchen ernährten sich mehrere Monate von den Früchten. Fleroff (1926) erwähnt, dass in Südrussland, wo die Wassernuss reichlich wächst, noch vor dem Kriege deren Früchte gekocht, roh oder gebacken gebraucht wurden.

Die alten Griechen und Römer sagten der Pflanze bedeutende Heilkräfte nach. Auch die Ärzte des Mittelalters und die Apotheken verwendeten sie als «aquaticae nucis fructus» in verschiedener Weise. So lesen wir in einer damaligen Botanik, dass die Wassernuss kühle, und bei Mund und Halsentzündungen zum Spülen nütze. Ebenfalls nütze sie zu Umschlägen. Deren Samen fördere die Abscheidung des Urins und vermindere Nierensteine. Es versteht sich, dass es sich

später erwies, dass die Pflanze keine Heilkräfte besitzt, oder aber, dass diese unbedeutend sind. Im 19. Jahrhundert verschwand dies unschuldige Mittel aus den Apotheken. Um diese Zeit wurde das Mehl der Früchte noch in Kärnten gegen Durchfall verwendet, was wahrscheinlich durch deren Gehalt an Gerbstoffen erklärlich ist.

Es ist sicher bewiesen, dass in Lettland der Mensch in der Stein- und Bronzezeit sowie später die Früchte zur Verpflegung gebraucht hat. Der Direktor des Staatlichen Geschichtsmuseums Šturms hat im Herbst dieses Jahres im Užava Sumpf in einer alten Behausung selbst spezielle Holzgeräte zum Zerstoßen der Rinde der Früchte ge-

Holzgeräte, datiert ca 500—1000 Jahre v. Chr., gefunden von Dir. E. Šturms im Užava Moor bei Sarnate, Gesinde Lidumnieki in einstmaliger Menschensiedlung. Diese wurden auch zum Zerstoßen von *Trapa* Früchten verwendet, da im Holz dieser Geräte die Reste der Fruchstacheln gefunden wurden. Möglicherweise wurden damit auch Haselnüsse zerstoßen, da neben den *Trapa* Früchten auch Reste dieser hier gefunden worden sind. Ca. 2× verkleinert.



funden (siehe Abbildung). Auch andere frühere Standorte Lettlands befinden sich in der Nähe alter Menschensiedlungen, wie bei Ģipka, Dviete etc. Es ist möglich, dass der Mensch die Verbreitung der Pflanze in der atlantischen und subborealen Zeit auch auf unserem Territorium bedeutend gefördert hat, indem er die Früchte zum Un-

terhalt verwendete. Über die Verwendung der Pflanze in der Gegenwart fehlen Angaben. Ältere Personen erinnern sich, dass vor dem Weltkriege in der Gegend des Klaucanu Sees die Früchte der Wassernuss gekocht als Speise verwendet wurden. Jetzt hat die Pflanze in Europa keinen praktischen Wert und muss zu den vergessenen Kulturpflanzen gezählt werden. In neuerer Zeit wurde sie auch als Kaffeesurrogat empfohlen. Nur im wärmeren Klima Südasiens, in Ägypten etc. wo die Wassernuss in grossen Mengen wächst, spielt sie noch jetzt als Verpflegungsmittel eine gewisse Rolle.

Das Aussterben der Wassernuss.

Zweifellos war die *Trapa* in der atlantischen und subborealen Zeit in Europa viel mehr verbreitet als jetzt (siehe Karte p. 77). Das rapide Aussterben der Pflanze hat schätzungsweise um die Zeit 900 v. Chr. angefangen, wahrscheinlich durch das Einsetzen eines kälteren Klimas. Trotzdem ist es niemand zu beobachten gelungen, dass an irgend welcher Stelle die Pflanze direkt des ungünstigen Klimas we-



Wiese am S-Ufer des Kilučiu Sees bei Biržai (Litauen). Im See sind reichliche *Scirpus lacustris* Bestände zu sehen, zwischen denen *Nymphaea*, *Nuphar*, *Potamogeton* u. a. Pflanzen. Die Tiefe des Sees ist im Sommer nicht über 1 m.

gen ausgestorben wäre. So erklärt Westberg (1900) das Verschwinden der *Trapa* aus dem Kilučiu See in Litauen durch das Eintreten des kalten Winters. Kupffer (1925) weist darauf hin, dass diese Erklärung wenig glaubwürdig ist, weil in diesem Winter im naheliegenden Klaucanu See die Pflanze bestehen blieb. Das Aussterben der Pflanze in diesem See geschah wohl aus anderen Gründen (siehe p. 61—74).

Jäggi (1885) bezeichnet *Trapa* als eine im Aussterben begriffene Pflanze. Er vergleicht sie mit anderen tertiären Pflanzen. Es wird auch der Gedanke ausgesprochen, dass die Selbstbefruchtung die Pflanze zur Degeneration führt. Auch Schimper (cit. Chitrowo 1905) findet, dass die gegenwärtige Wassernuss degeneriere. Bisher jedoch ist es nicht gelungen irgendwo solche aussterbenden oder degenerierten *Trapa* Rassen zu beobachten. Man kann dagegen wohl sagen, dass die Wassernuss sich gut gewissen Wachstumsverhältnissen angepasst hat. In solchen Verhältnissen ist es zu beobachten, dass die Pflanze gut mit anderen Pflanzen konkurriert und dass sie sich nicht nur in wärmerem Klima, sondern auch an der Nordgrenze ihrer Verbreitung ausbreitet. Auch wird die Selbstbefruchtung in der Pflanzenwelt in der modernen Biologie nicht als Zeichen der Degeneration betrachtet. Die Ursachen des Aussterbens sind durchaus nicht in der Pflanze selbst zu suchen, sondern in den Veränderungen der äusseren Wachstumsverhältnisse, die chemisch-physikalischer Natur zu sein scheinen. Durch die Veränderung der Verhältnisse des Standortes verschwinden die den neuen Verhältnissen nicht entsprechenden Arten, denn diese werden durch die besser angepassten ersetzt. Aus diesem Grunde verschwinden in Pflanzengesellschaften einzelne Arten und kommen neue Arten in die Gesellschaft hinein. Es verändern sich stark auch die Gesellschaften selbst. Überall, wo die *Trapa* aus äusseren Gründen im Verschwinden begriffen ist, hat sich auch der Bestand der Pflanzengesellschaft verändert, was zu vermuten den Grund gab, dass die *Trapa* wegen der Konkurrenz anderer Pflanzen aussterbe. Einige Beispiele liefert die Literatur über die Konkurrenz der *Helodea canadensis*. Doch kann dieser Konkurrent der *Trapa* diese nur dann verdrängen, wenn sich die äusseren Verhältnisse des Standortes verändert haben: wenn das Wasser seichter und die Lichtverhältnisse günstiger werden, so dass die *Helodea* sich einbürgern kann. An Stellen, die tiefer sind als 1 m, wie im Klaucanu See, wo die *Trapa* gut wächst, kann die *Helodea*, wie auch andere Wasserpflanzen der schlechten Lichtverhältnisse wegen sich nicht ent-

wickeln, resp. ist deren Entwicklung schwach und haben sie als Konkurrenten der *Trapa* gar keine Bedeutung.

Chitrowo (1905) bemerkt, dass die Pflanze sich gut entwickelt, wenn der biologische Koeffizient des Milieus dem betreffenden Koeffizient der Pflanze entspricht. Als einen notwendigen Bestandteil des biologischen Koeffizienten bezeichnet Verfasser das Sichbefinden der Pflanze in natürlichen Verhältnissen in bestimmter Tiefe, indem auf diese Weise eine Zonierung der Pflanze im Bassin geschaffen wird.

Im humiden Klima werden die Seen immer seichter (darauf weisen die Ablagerungen der Seen hin), und an den seichteren Stellen siedeln andere Pflanzen an (*Helodea*, *Batrachium*, *Nymphaea*, *Nuphar*). *Trapa*, diesen Pflanzen weichend, versetzt sich an tiefere Stellen des Sees, ferner vom Ufer, wo die Konkurrenz dieser Pflanzen nicht vorhanden ist. Wenn ein *Trapa*-See ca 1 m tief wird, verändert sich oft die chemische Zusammensetzung des Wassers und des Bodens, wie dies im Kilučiū See zu beobachten ist, wo die obere Schicht des Bodens stark kalkhaltig ist, 20 cm tiefer aber typische Gytija findet. Diese Phase erlangen die *Trapa* Standorte in längerer oder kürzerer Zeit, je nach dem Klima und Typus der Seen (siehe Kapitel über Klima p. 56). In manchen Seen, wo das Wasser genügend tief ist, blieb die Pflanze bis heute erhalten. An anderen Stellen, wo die Seen seicht sind, ist *Trapa* ausgestorben oder deren Entwicklung schwach. Dagegen bedeckt viele frühere Standorte eine dicke Torfschicht.

Tanfilliev (1890) glaubt auf Grund von Beobachtungen der Veränderungen in Wasserbassins, das Aussterben der Pflanze durch die Verminderung des *Mn*-Gehalts erklären zu können. Es ist aber erwiesen, dass die Wassernuss auch in Wasserbecken wächst, wo wenig *Mn* vorhanden ist.

Man findet in der Literatur auch Hinweise auf die Rolle der Parasiten in dem Aussterben der Pflanze. Es wurde in Kulturen beobachtet, dass wenn die äusseren Verhältnisse des Wachstums der Pflanze entsprechen, der Widerstand gegen Bakterien und Pilze besser ist. Dies lässt annehmen, dass wenn sich die äusseren Verhältnisse ändern, auch die Bedeutung der Bakterien und anderer Organismen der Pflanze verhängnisvoll werden kann.

Die Anschauung, dass die Pflanze sich nicht vermehren könne, wenn gewisse Tiere nicht vorhanden seien, ist nicht bewiesen. Ich habe im Klaucanu See beobachtet, dass wenn ein hoher Wasserspiegel

besteht, die Pflanze sich gut im See bei windigem Wetter verbreiten kann (es wurden schwimmende Pflanzen gesehen). In grösseren Flüssen kann das Wasser ebenfalls der Verbreitung der *Trapa* dienen. Auch hat die *Trapa* noch heute die Möglichkeit mit den Fischernetzen in ein anderes Bassin vermittlems des Menschen zu gelangen, wie z. B. aus dem Klaučanu See in den Priekulanu und Viesites See, doch scheinen diese Möglichkeiten nicht so gross zu sein wie einst, als der Mensch sich für die Kultur der Pflanze interessierte. Brockmann (cit. Gams 1927) weist darauf hin, dass einst der Mensch stets der Verbreitung der *Trapa* günstig war, was über die Gegenwart nicht gesagt werden kann. In den letzten 200 Jahren sind auch in Europa viele Seen dem Kultureinfluss unterworfen worden, wo auch die Wassernuss vorhanden gewesen war. Zum grössten Teil, durch die teilweise Trockenlegung der Wasserbecken, ist die Pflanze vernichtet worden. Dieses Schicksal droht auch in nächster Zukunft der *Trapa* des Pakrata und des Priekulanu Sees. Auch wird die Pflanze von der Fischerei und anderer Betätigung des Menschen bedroht.

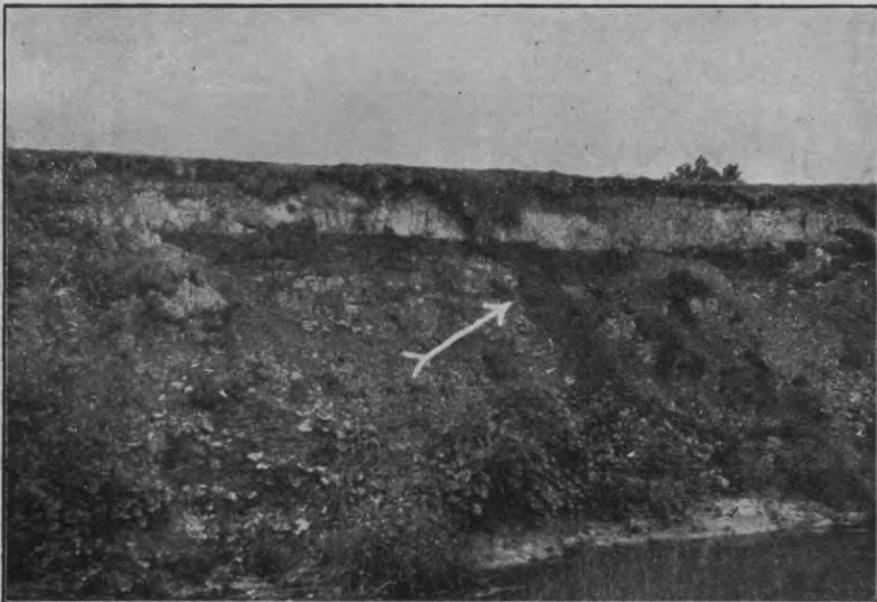
Man kann sagen, dass bisher keine direkte Beteiligung der klimatischen Verhältnisse an dem Aussterben der *Trapa* beobachtet worden ist. Auch ist keine Veränderung in der Konstitution der Pflanze bemerkt worden, welche zur Ursache ihrer Degeneration und Aussterbens werden könnte. Im Gegenteil: die Empfindlichkeit der Pflanze gegen die Veränderungen in den äusseren Verhältnissen (welche oft durch die Veränderung der Pflanzengesellschaft erwiesen wird) beweist die konstitutionelle Stabilität der Pflanze. Daher kann der einzige reale Grund des Verschwindens der Pflanze in grösseren Gebieten oder einzelnen Standorten nur die ungünstige Veränderung in den Standortverhältnissen sein. Diese Veränderungen entstehen in der chemischen Zusammensetzung der Ablagerungen des Seebodens, in den Lichtverhältnissen und auch in der hiermit verbundenen phytosoziologischen Zusammensetzung der Vegetation an *Trapa* Standorten. An vielen früheren Standorten der *Trapa* in Lettland und auch in Schweden (Malmström 1920), sind die Seen ca 1 m flach geworden. In Lettland ist dies im Stulves See (siehe Fliegeraufnahme p. 24), Baznicas See, Priekulanu See und in Litauen im Kilučiū See der Fall. Auf unserem Territorium ist der Verlauf der Ablagerung auf den Seeböden, deren Verwachsen, d. h. das Schicksal der Seen, eng mit dem Klima verbunden. Bei mehr kontinentalem Klima scheint dieser Vorgang langsamer sich abzuwickeln als in einem



Fliegeraufnahme des Stulves Sees am 19. VIII 36. Masstab 1:9000. Am W- und SW-Ufer ist ein Übergangsmoor, am O-Ufer sumpfiger Kiefernwald, nördlich — Wiese und Bruchwald. Im Wasser des S- und SW-Ufers ein breiter Gürtel von Schwimmblatt-Wasserpflanzen, wo der See verwächst. Am O-Ufer *Scirpus*- und *Equisetum*-Gürtel; am N-Ufer Schilfbestände.

ozeanischen Klima, deswegen ist auch die *Trapa*, vielleicht im Westteil des Landes, wo sie früher wuchs, völlig verschwunden. Im Ostteil, wo das Klima mehr kontinental ist, hat sich die *Trapa* an zwei Standorten erhalten.

Das Aussterben der *Trapa* in Lettland mag also die Folge natürlicher Verhältnisse oder menschlicher Tätigkeit sein. Im ersten Falle kann dies im Laufe längerer Zeit geschehen, indem sich die Verhältnisse im See ändern, wobei wichtige Veränderungen mit dem Seichtwerden und Verwachsen des Sees verbunden sind. Dies kann das Klima direkt oder indirekt durch die Menge der Niederschläge, die



Gyttja Ablagerungen bei Ģipka (schwarzer Horizont) unter sandiger Oberschicht mit *Trapa* Früchten (↗).

Länge der Vegetationsperiode etc. fördern oder hindern. Das natürliche Verschwinden durch die Veränderung der Standortverhältnisse durch das Klima hat im Stulves See, Sarnate, Vecpiebalga etc. stattgefunden. Im einstmaligen Ģipka See ist das Verschwinden der Pflanze durch das Heben des Meeressufers und die dadurch verursachte schnelle Veränderung der Standortverhältnisse bedingt. Im zweiten Falle kann die Wassernuss vernichtet werden, wenn der Seewasserspiegel künstlich herabgedrückt oder reguliert wird, indem

man indirekt das Mikroklima und die Zusammensetzung des Wassers verändert. Dies geschieht auch wenn man das Uferterritorium für die Landwirtschaft verwendet. Zu dieser Kategorie müsste der einstmalige Standort des Baznica Sees bei Balvi zugezählt werden und auch der jetzige Standort im Pakrata See, sobald im letzteren die Meliorationsarbeiten beendet werden.



S-Ufer des Baznicas Sees bei Balvi, wo ca 20 m vom Ufer in der Gytija *Trapa* Früchte sich finden (↘). Der See hat keine natürliche Ufervegetation. Die Tiefe des Sees 1—2 m.

Beobachtungen über die Keimung und Entwicklung der *Trapa* im Frühjahr und Sommer 1938 im Klaucanu See.

Kinzel (1916) und Eberle (1925) beobachteten das Keimen der Früchte bei Zimmertemperatur. Gams (1927) glaubt, dass die Früchte im Winter keimen. Gams findet auch, dass für die Entwicklung der Pflanze insbesondere aber in der Blütezeit und nacher, wenn die Früchte reifen, eine Temperatur des Milieus von 21—22°C nötig sei.

In Experimenten vom Januar bis April wurde wiederholt beobachtet, dass die Fruchtkeimung (nach Einsammlung aus dem Klau-

canu See) erst dann einsetzt, wenn die Temperatur über 10°C ist, dagegen habe ich in einer Milieutemperatur unter 10° keine Keimung im Experiment beobachtet. So keimten die am 22. Dezember 1937 aus dem See eingesammelten und am nächsten Tage in Kulturen von 10—15°C eingesetzten Früchte bereits am 13. Januar 1938. Die im März eingesammelten Früchte keimten im Treibhaus des Botanischen Gartens bei 20—25°C schon am nächsten Tage.

Im Mai 1938 wurden Beobachtungen der Fruchtkeimung und Entwicklung der Pflanze im Klaucanu See angestellt.

Am 15. V. 38 wurden die eingesammelten ersten ausgekeimten Früchte zur Messung eingesandt. Die Wassertemperatur war an diesem Tage am Standort der *Trapa* in der Südbucht um 8 Uhr in 1 m Tiefe 12,6°C, in 2 m Tiefe aber 12,0°C. In der Westbucht war die Wassertemperatur in 1 m Tiefe 12,6°C, in 2 m Tiefe aber 12,4°C. Länge der Keimlinge bei 4 Früchten (je 2 aus jeder Bucht) von 0,2 cm — 1,0 cm. Ihre Farbe — hellviolett. Die Früchte gehören der fo. *subconocarpa* Nath. an. Im April war die Wassertemperatur 4,0°C bis 6,4°C und am 1. Mai erwärmte sich das Wasser bis 12,8°C in 2 m Tiefe, wo die Früchte überwintert hatten. Das zeugt dafür, dass die Fruchtkeimung in natürlichen Verhältnissen eine Temperatur von über 10°C bedürft.

Am 30. V. 1938 wurden 4 ausgekeimte Früchte eingesammelt (je 2 von der Süd- und Westbucht). Wassertemperatur in der Südbucht um 18 Uhr in 1 m. Tiefe 16,5°C und in 2 m. Tiefe (am Grunde wo die *Trapa* Keimlinge sich entwickeln) 16,4°C; in der Westbucht dagegen in 1 m Tiefe 16,8°C und in 2 m Tiefe, wo sich die *Trapa* Früchte befinden 15,6°C. Die Längen der Keimlinge in der Westbucht sind:

1) Fo. *subconocarpa* Nath. Hypokotyl 8,5 cm, Hauptwurzel 7,5 cm, Stengel 0,5 cm.

2) Fo. *subcoronata* Nath. Hypokotyl 8,5 cm, Hauptwurzel 7,5 cm, der Stengel jedoch 1,0 cm (Die Hauptwurzel beginnt Nebenwurzeln zu bilden).

In der Südbucht ist die Länge der Keime an den Früchten folgende:

1) Fo. *subconocarpa* Nath. Hypokotyl 7,5 cm Hauptwurzel 9,0 cm, Stengel 1,0 cm.

2) *Fo. subcoronata* Nath. (kleine Frucht) Hypokotyl 7,5 cm. Hauptwurzel 4,0 cm, doch hat die Stengelanlage nicht zu wachsen begonnen. Diese Beobachtungen zeigen, dass der Anfang der Keimung und die Entwicklung der Früchte in beiden Buchten dieselben sind, da auch die Temperatur keine größere Differenz aufweist. Auch zeigt die Entwicklung der Keimlinge im See keine morphologischen Unterschiede im Vergleich mit den Beobachtungen im Experiment bei optimalem Milieu. Das wichtigste für den Anfang der Keimung und Entwicklung der Keimlinge in natürlichen Verhältnissen ist die Temperatur des Wassers: diese muss bestimmt über 10°C sein.

12. VI. 1938. Von jeder Bucht des Klaucanu Sees werden je 2 Keimpflanzen zum Messen eingesandt. An diesem Tage um 12 Uhr ist die Wassertemperatur in der Südbucht in der Tiefe von 0,3 m 22,2°C und in 1 m Tiefe 21,8°C. In der Westbucht um 11.30 Uhr in 0,3 m Tiefe 22,0°C, in 1,5 m jedoch (auf dem Bodenschlamm) 21,6°C.

Die Länge der Keimpflanzen in der Südbucht: 1) *Fo. subcoronata* Nath. Hypokotyl 7,0 cm, Hauptwurzel 9,0 cm (hier sind Nebenwurzeln bis 4,0 cm), Stengel 100,0 cm lang mit Blattrosette (an den drei unteren Knoten des Stengels beginnen sich grüne Nebenwurzeln zu bilden); der zweite Stengel 4,0 cm lang, am Hauptwurzelansatz sind bis 17 cm lange violette Wurzeln (positiv geotropisch) gebildet, vermittels welcher die Pflanze sich in der Gytija des Bodens befestigen kann. 2) *Fo. subcoronata* Nath. Hypokotyl 7,0 cm, Hauptwurzel 7,0 cm (hier sind grüne negativ geotropische Nebenwurzeln bis 4,5 cm lang und violette positiv geotropische am Ansatz der Hauptwurzel bis 16,0 cm lang). Stengel 81 cm lang mit Blattrosette; an den unteren 2—3 Knoten sind grüne Nebenwurzeln.

Keimlinge der Westbucht: 1) *Fo. subcoronata* Nath. Hypokotyl 10,0 cm, Hauptwurzel 8,5 cm, (die Hauptwurzel hat grüne negativ geotropische Nebenwurzeln bis 4,5 cm lang, und positiv geotropische Wurzeln bis 17,0 cm). Stengel 91 cm lang mit brauner Blattrosette (an den unteren 3 Stengelknoten haben sich statt linealer Blätter grüne Nebenwurzeln gebildet); der zweite Stengel 2,0 cm lang. 2) *Fo. subconocarpa* Nath. Hypokotyl 7,0 cm, Hauptwurzel 7,8 cm (grüne Nebenwurzeln bis 6,0 cm, aber violette, am Ansatz der Hauptwurzel bis 18 cm lang). Stengel 84 cm mit linealen Blättern an den oberen Knoten und mit Blattrosette (an den 3—4 unteren Stengelknoten bilden sich statt linealen Blättern gespaltene grüne Nebenwurzeln); der zweite Stengel 3,0 cm lang.

Am 21. VI. 1938 sind mehrere Früchte der *Trapa natans* L. ssp. *laevigata* (Nath.) Apinis vom Pakrata See eingesandt. Sie gleichen in der Entwicklung den Früchten vom Klaucanu See, die am 12. VI. 38 eingesammelt worden sind. Nach dem 12. VI. stellte sich ein kühleres Wetter ein, weswegen deren Entwicklung langsamer vor sich ging. Die Pflanzen haben sich bereits ziemlich gut in der Gytja eingewurzelt; der Stengel ist länger und an den Stengelknoten haben sich bereits gespaltene, fadenförmige Blätter oder Nebenwurzeln zu bilden begonnen.

1) *Fo. conocaroides* Nath. Hypokotyl 4,0 cm, Hauptwurzel 5,0 cm (grüne Nebenwurzeln 6,0 cm); Stengel 125 cm, Rosette 5—10 cm Durchmesser.

2) *Fo. conocaroides* Nath. Hypokotyl 2 cm, Hauptwurzel 5,0 cm (grüne Nebenwurzeln 5,0 cm). Stengel 130 cm.

3) *Fo. laevigata* Nath. Hypokotyl 6,0 cm, Hauptwurzel 5,0 cm (grüne Nebenwurzeln bis 7,0 cm), Stengel 95 cm.

Bei manchen Pflanzen entwickelt sich am oberen Teil des Stengels ein Seitenzweig mit Rosette (der Seitenzweig entsteht ca. 10—15 cm unter der Hauptrosette). Neue Seitensprosse können sich auch am unteren Teil des Stengels bilden. An den 1—3 unteren Stengelknoten bilden sich an der Stelle der braunroten linealen Blätter grüne gespaltene fadenförmige Blätter. Die echten Wurzeln, vermittels welcher sich die Pflanze in der Gytja befestigt, bilden sich am Ansatz der Keimwurzel und des Stengels. Solche können sich auch an den unteren Stengelknoten bilden.

Beim Vergleich der Keimlinge aus dem Klaucanu See vom 12. VI 39 mit denen vom 30. V ist folgendes festzustellen:

Im Laufe dieser Zeit sind die Hauptwurzeln und die Keimblätter nicht in die Länge gewachsen. Wohl bildet die Hauptwurzel noch grüne positiv heliotropische Wurzeln, wovon die Hauptwurzel sich biegt. Doch ist dies nur scheinbar ein Geotropismus, denn die Biegung (manchmal spiralartig) wird nur durch die einseitige Bildung der grünen Wurzeln verursacht. Das schnelle Wachstum des Stengels ist sehr merkwürdig: in 12 Tagen wuchs der Stengel 80—100 cm in die Länge, bildete die Blattrosette und grüne Nebenwurzeln am unteren Teil des Stengels statt der linealen Blätter. Auch ist das Wachstum der positiv geotropischen, dunkel violetten Wurzeln in

dieser kurzen Zeit bemerkbar. Diese entwickeln sich gleichzeitig mit dem Stengel und erreichen die Länge von 18 cm. Vermittels dieser befestigt sich die Pflanze später fest im Boden des Sees (Gyttja). Der stacheligen Frucht fällt keine besondere Bedeutung in der Befestigung der Pflanze im Substrat zu. Die Blattrosetten stehen in dieser Zeit nahe der Wasseroberfläche. Sobald diese die Wasseroberfläche



Blattrosetten der *Trapa* zusammen mit *Nuphar* Blättern auf dem Wasser in der N-Bucht des Pakrata Sees. Phot. E. J a n s o n s, August 1935.

erreichen, befestigt sich die Pflanze vermittels der «echten» violetten Wurzeln im Bodenschlamm. Während die Pflanze noch an den Stengelknoten die verzweigten grünen Nebenwurzeln bildet, erlangt sie schnell ihre endgültige Länge (Länge des Stengels 1—1,5 m; in manchen Fällen im Klaucanu See selbst 3 m). Diese rapide Entwicklung des Keimlings ist Dank den reichlichen Reservestoffvorräten der Früchte möglich. Dass die Entwicklung der Keimlinge in grossem Maße von dem Milieu unabhängig ist, konnte auch im Laboratorium festgestellt werden, wo es in destilliertem Wasser gelang, in mehreren Fällen die Entwicklung der Keimpflanzen bis zu der Entwicklung der Blütenknospen zu führen.

3. VII. 38. Im Klaucanu See haben alle Rosetten der Pflanze die Wasseroberfläche erreicht. 24. VII. 38 wurde das Blühen in beiden Buchten beobachtet. An diesem Tage war die Temperatur in der Südbucht:

| | |
|-----------------|---------|
| 0,5 m | 22,0°C, |
| 2,0 „ | 21,0°C. |

In der Westbucht:

| | |
|-----------------|---------|
| 0,5 m | 22,4°C, |
| 2,0 „ | 21,2°C. |

Im Pakrata See wurden Blütenknospen am 15. VII. 36 beobachtet. Nach einigen Tagen öffneten sich diese. Die Wassertemperatur um 15 Uhr war:

| | |
|-----------------------|---------|
| 25 cm Tiefe | 21,1°C, |
| 100 cm „ | 20,7°C. |

Am 14. VIII. 38 wurde im Klaucanu See beobachtet, dass manche Früchte fast völlig gereift waren. Ende dieses Monats beginnen die Früchte sich von der Pflanze zu trennen, doch zeigt die Beobachtung am 12. IX. 38, dass die Pflanzen im See schon meistens abgestorben sind. Wohl sind hier und da noch kleine (sekundäre) Rosetten zu sehen.

16. X. 38, 10,00 Uhr in der Südbucht ist die Temperatur:

| | |
|-----------------------------|---------|
| Tiefe 1 m. | 9,5°C, |
| am Boden Tiefe 2 m. | 10,0°C. |

11.00 Uhr in der Westbucht:

| | |
|-----------------------------|---------|
| Tiefe 1 m. | 9,6°C, |
| am Boden Tiefe 2 m. | 10,0°C. |

In der Südbucht ist *Trapa* gänzlich verschwunden. Man sieht in der Bucht noch viele *Potamogeton lucens* und *P. natans*, sowie *Nuphar luteum* Blätter. An flacheren Stellen auch *Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Moenk. und *Potamogeton pusillus*. In der Westbucht sieht man die vorherigen Pflanzen; *Helodea* beginnt einzu-gehen und *Scirpus lacustris* wird gelblich. Am Ende der Westbucht ca 70 cm tief, an vom Winde geschützter Stelle beim *Phragmites* Bestand (an der Sonne exponierter Stelle) sind noch grüne *Stratiotes aloides*, *Hydrocharis morsus ranae* und *Riccia fluitans*, zusammen mit *Lemna polyrrhiza* vorhanden. Hier sind auf anderen Wasserpflanzen in der Nähe des Ufers massenhaft *Rhisoclonium hieroglyphium*, *Chaetomorpha herbipalensis*, *Cladophora fracta* var. *lacustris*, *Cedogonium* sp. ster., *Tolypotrix distorta* und *Spirogyra* sp. ster. zu finden. Am N-Ufer dieser Bucht an gegen S exponierter und anderen Stellen sind schwimmende *Trapa* Stengelteile mit kleinen sekundären Blattrosetten zu sehen. An manchen Rosetten am N-Ufer sind noch lange Stengelteile, die noch schwach in der Gytja befestigt sind.

Die Beobachtungen im Klaucanu See bezeugen, dass die Früchte dann zu keimen beginnen, wenn im Wasser die Temperatur sich dauernd auf 12—15°C einstellt. Diese stimmt gut mit der Mai Mitteltemperatur in Krustpils überein (siehe p. 33). In diesem Monat war in den ersten 10 Tagen die Mitteltemperatur der Luft 6.8°C, in den folgenden 10 Tagen jedoch, als die Früchte im See keimten 13.8°C. In Malnava, in der Nähe des zweiten *Trapa* - Standortes war die Mitteltemperatur in den ersten 10 Tagen (Mai) 6.6°C, in den nächsten 10 Tagen aber 13.3°C. Die gleichen Lufttemperaturen in beiden unseren Standortbezirken lassen vermuten, dass die Keimung an beiden Orten zu gleicher Zeit einsetzte. Die rapide Einstellung höherer Temperatur über 10°C im Mai, wie dies die folgenden Tabellendaten bezeugen, steht im Zusammenhang mit grösserer Kontinentalität des Klimas in diesen Bezirken im Vergleich mit dem Westteil Lettlands. Die rapide Erhöhung der Temperatur im Mai und Juni im Ost- und Südostteil Lettlands fördert besonders die Entwicklung des Keimlings, was man von Bezirken mit grösserem Einfluss des Meeres im Frühjahr, nicht sagen kann. Aus diesem Grunde kann man annehmen, dass für die Entwicklung der Pflanze der thermisch kontinentalere Teil unseres Territoriums günstiger sei.

Mittlere Lufttemperatur im Frühling und Sommer 1938 bei Krustpils, Malnava und Liepāja.

| Monat | Station | I. Dekade | II. Dekade | III. Dekade | Mittlere | Beobachtungen über die Keimung und Entwicklung der <i>Trapa</i> im Klaucanu See. |
|-----------|--------------|-----------|------------|-------------|----------|--|
| April | 1) Liepāja | 2.5 | 3.8 | 5.9 | 4.1 | Früchte keimen nicht im See. |
| | 2) Krustpils | 1.0 | 3.3 | 7.0 | 3.8 | |
| | 3) Malnava | -0.1 | 2.9 | 7.9 | 3.6 | |
| Mai | 1) Liepāja | 5.6 | 9.8 | 10.2 | 8.5 | 1. V. 38. Früchte keimen nicht im See. |
| | 2) Krustpils | 6.8 | 13.8 | 12.6 | 10.7 | 15. V. 38. Früchte im See fangen an zu keimen. Keimlinge von 0.2—1.0 cm. |
| | 3) Malnava | 6.6 | 13.3 | 13.2 | 11.0 | 30. V. 38. Keimlinge 12—17 cm, Stengel ca 1.0 cm. |
| Juni | 1) Liepāja | 15.5 | 12.6 | 12.5 | 13.6 | 12. VI. 38. Stengel 80—100 cm lang, die Pflanzen beginnen sich in der Gytija vermittels Wurzeln zu befestigen. |
| | 2) Krustpils | 18.0 | 12.6 | 13.9 | 14.8 | 19. VI. 38. ca $\frac{1}{20}$ der Pflanzen haben Rosetten über dem Wasser. |
| | 3) Malnava | 18.3 | 12.5 | 13.0 | 14.6 | |
| Juli | 1) Liepāja | 16.7 | 16.6 | 18.3 | 17.2 | 3. VII. 38. Alle Rosetten der Pflanzen über Wasser. |
| | 2) Krustpils | 17.1 | 18.8 | 19.8 | 18.6 | 24. VII. 38. In der Südbucht ca die Hälfte, Westbucht ein Drittel der Pflanzen blühen. |
| | 3) Malnava | 17.9 | 19.8 | 19.8 | 19.2 | |
| August | 1) Liepāja | 20.4 | 19.8 | 17.6 | 19.2 | 14. VIII. 38. Manche Früchte schon ganz reif. |
| | 2) Krustpils | 20.5 | 19.2 | 19.4 | 19.7 | |
| | 3) Malnava | 19.8 | 19.0 | 21.4 | 20.1 | |
| September | 1) Liepāja | 17.3 | 14.0 | 15.0 | 15.4 | 12. IX. 38. Die Pflanzen im See gehen ein. |
| | 2) Krustpils | 16.9 | 10.4 | 10.9 | 12.7 | |
| | 3) Malnava | 18.7 | 11.4 | 12.3 | 14.1 | |

Charakteristik des Klaucanu Sees als *Trapa* Standort.

Der Klaucanu See befindet sich am Südöstlichen Rande der Lubana Ebene (Koordinate: 56°31' 0".2 und 56°31'13".4 N-Breite, und 25°45'15".4 und 25°46'17".7 O-Länge).

L a n e m a n i s (1934) weist darauf hin, dass in der letzten Eiszeit beim Abtauen und Rücktritt der Gletscher sich der längliche Viesites See gebildet hat, und, wie anzunehmen ist, auch der Klaucanu und Priekulanu Seebecken. Während sich das Eis in der Richtung N und NO zurückzog, wurden die jetzigen glazialen Bodenmaterialien hinterlassen — Geschiebelehm und die fluvioglazialen Materialien — Sande, Kiese und Bändertone. Letzterer deckt eine grössere Fläche nach NO hin, was darauf hinweist, dass beim Rückzug des Eises und beim Abtauen des Gletschers hier sich viel Wasser angesammelt hatte. Z ā n s (1936) glaubt, dass die Erhöhungen bei der Station Pilskalni, östlich vom Klaucanu See, als erste Spuren des Gletscher-rückzugs zu betrachten sind. Daher ist es anzunehmen, dass der Klaucanu See sich früher, als die anderen Seen der Lubana Ebene gebildet hat, und dass er als Wasserbehälter des tauenden Gletschers gedient haben muss. Nach dem Rückzug des Gletschers herrschte hier noch im Laufe von 2000—3000 Jahren ein rauhes subarktisches Klima und in den jetzigen Sumpf- und Seevertiefungen bildeten sich langsam artenarme Sumpfpflanzengesellschaften (G a l e n i e k s 1937).

In der Westbucht des Klaucanu Sees am Staatswalde fand ich unter den Ablagerungen des Sees (7 m tief unter dem Winterwasserspiegel) eine kleine Torfschicht mit *Scorpidium scorpioides*. Das lässt vermuten, dass ähnlich wie andere Seevertiefungen auch der Klaucanu See vor ca 9000—12000 Jahren während einer dünnen Zeit ausgetrocknet war. Diese Schicht ist in kalkreiche Ablagerungen mit Sandbeimischung eingeschlossen. Nach der Pollenanalyse von Gilbert ist *Pinus* mit 60%, *Betula* mit 38%, und *Picea* mit 2% vertreten (siehe Pollendiagramm p. 37). Später hatte sich eine Schicht am Seeboden gebildet, die aus einem fast 1 m dickem kalkigem Sapropel besteht und in der verschiedene Muscheln und Pflanzenreste eingeschlossen sind. Die obere Schicht dieser Ablagerungen, in der *Betula* mit 60%, *Corylus* mit 6—14% und die Elemente des Eichenmischwaldes vertreten sind, ist sandig. Über dieser Schicht liegt eine ca 0,5 m dicke schwach kalkhaltige boreale Gyttja. Am Ende der borealen Zeit, in der *Alnus* seine maximale Ausbreitung (35%) fand, bildete sich im See eine typische Gyttja mit sehr gerin-

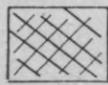
gem Kalkgehalt. Um jene Zeit, wird der See flacher und von klarem Wasser gewesen sein. Das Wachsen der *Trapa* war um diese präboreale und boreale Zeit, des alkalischen Wassers und der kalkhaltigen Ablagerungen wegen, nicht möglich. Am Ende der borealen Zeit und später wird das Wasser bräunlich gefärbt gewesen sein und in der Nähe des Sees werden sich geschlossene Wälder und Sümpfe gebildet haben. In atlantischen Ablagerungen erreichen die Elemente des Eichenmischwaldes ihr Maximum (16%). Auf diese Ablagerungen folgt eine ca 40 cm dicke atlantische Gyttschicht mit Sandbeimischungen. Wie zu ersehen ist, wurde in frühatlantischer und atlantischer Zeit, der Charakter des Sees für das Wachstum der Pflanze geeignet. Ob der Standort der Pflanze im Klaucanu See wirklich das Alter des atlantischen Zeitalters erreicht, konnte nicht festgestellt werden. Eine *Trapa* Frucht wurde nur in subborealer Gyttschicht nahe dem jetzigen Ufer gefunden. Gleichzeitig mit der Veränderung der Menge des Wassers und dessen chemischer Zusammensetzung, veränderte sich auch die Seevegetation. Auch die Form des Sees veränderte sich. Durch den Einfluss der herrschenden SW-Winde, verwächst der Klaucanu See, wie viele der ostbaltischen Seen (Klinge 1892), an der West- und Südseite, was noch heute rapide vor sich geht (siehe Schema p. 41).

Die Länge des Sees ist nach der Fliegeraufnahme 1050 m und die Breite ca 400 m. Fläche 24 ha. Die Uferlinie ist stark gewunden. Die grösste Tiefe des Sees nach Siliņš (1932) ist 9 m. Die Tiefe an den Standorten der Wassernuss ist 1—3 m, meistens 1—2 m. Den Boden des Sees bedeckt, besonders am S- und W-Ende, eine dicke Schlammschicht (Gyttja); an manchen Stellen ist der Boden sandig oder von wenig zersetzten Pflanzenresten bedeckt. Die Verschiedenheit des Bodens im Wasser bestimmt auch die höhere Pflanzenwelt: am sandigen N-Ufer wächst keine *Trapa*. In der Südbucht des Sees, wo die Wassernuss wächst, ist dunkelbraune Gyttschicht, die nach der Analyse Humuskohlensäure 83,2% enthält, pH 6,74 und Karbonatkohlensäure 2,76%. In der Westbucht, an deren Ufer Nadelwald sich befindet, und wo auch *Trapa* wächst, enthält die 2 m tief liegende Gyttschicht Humuskohlensäure 88,5%, pH 6,55 und Karbonatkohlensäure 1,24%. In der Südbucht sind in der Gyttschicht mehr Karbonate vorhanden und die Reaktion ist neutraler als in der Westbucht. Die Ursache dessen ist die dünnere Gyttschicht, Quellen und weniger sumpfiges Ufer, welche neutraler sind und Umstände schaffen unter

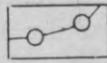
welchen sich eine mehr kalkhaltige Gyttja ansetzt. Auch ist hier kein Wald, sondern Felder (siehe Schema).

Das Wasser des Klaucanu Sees ist bräunlich oder gelbbraun, weil es viel organische Stoffe enthält. Aus diesem Grunde macht sich im

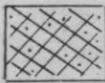
Erläuterungen zum Pollendiagramm.



Gyttja



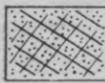
Betula.



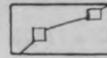
Gyttja mit schwacher Sandbeimischung.



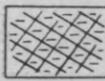
Pinus.



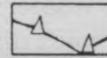
Gyttja mit starker Sandbeimischung.



Alnus.



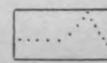
Schwach kalkhaltige Gyttja.



Picea.



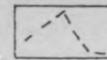
Stark kalkhaltige Gyttja.



Ulmus.



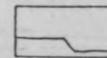
Sapropel u. a. kalkhaltige Ablagerungen.



Tilia.



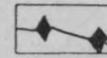
Hypnumtori.



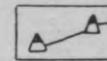
Quercus.



Sand.



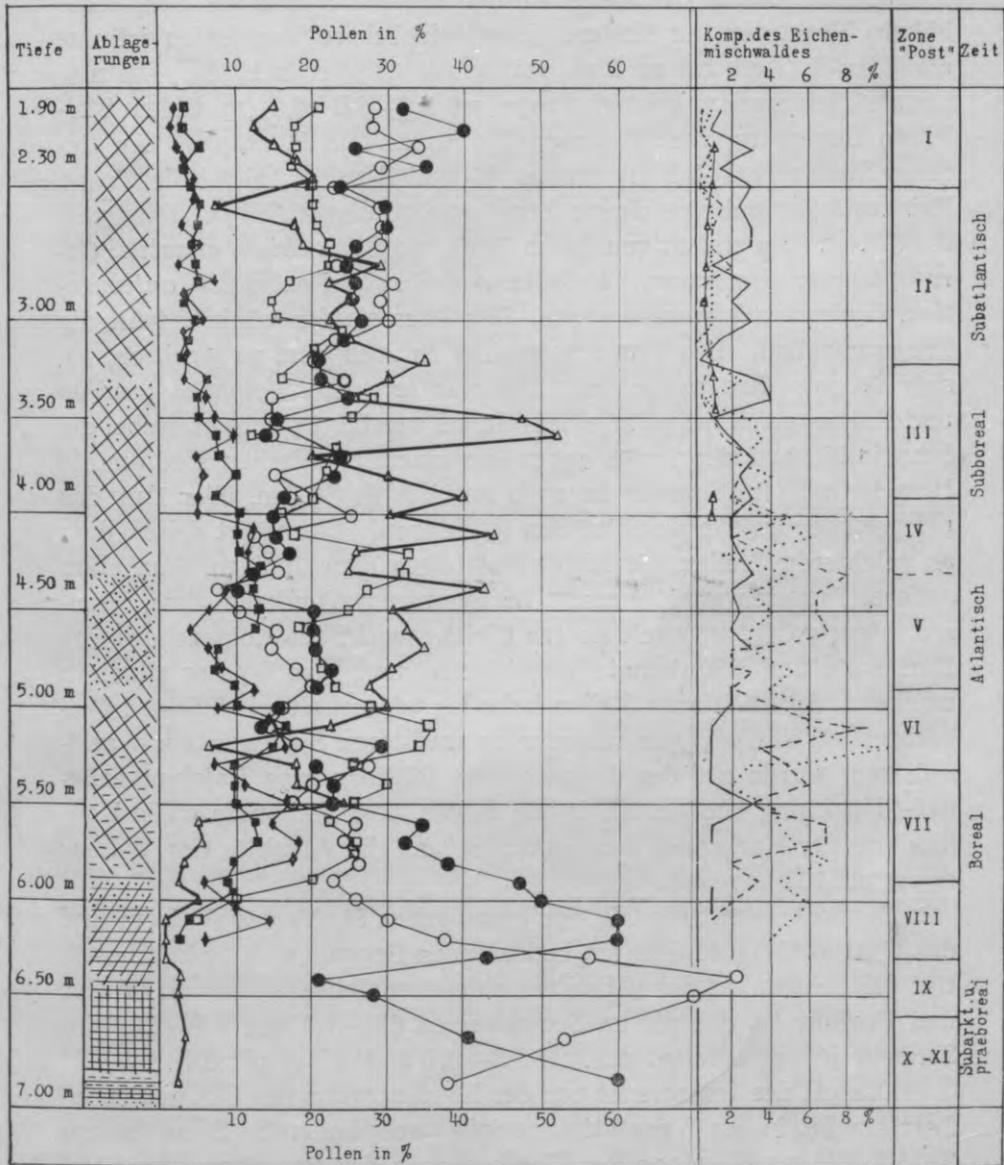
Corylus.



Carpinus.

Wasser stets ein Sauerstoffdefizit merkbar. Nach den im Herbst 1932 genommenen Proben wurde in 1 lit. organischer Stoffe (berechnet nach Zahl der ccm des verbrauchten KMnO_4) 30—31 mg, Eisen 0,4—0,5 mg, Phosphorsäure (als P_2O_5) 0,06—0,1 mg und pH 7,0—7,1 gefunden. Im Wasser verschwindet der Secchidiskus, der aufgelösten

Pollendiagramm der Ablagerungen des Klau-
canu Sees.



organischen Stoffe wegen, in der Tiefe von 1,0—1,6 m, durchschnittlich 1,2—1,3 m. Daher muss die Tiefengrenze für höhere Pflanzen $1,25 \times 2 = 2,5$ m tief liegen. Dies ist auch die Tiefengrenze der sub-

litoralen höheren Pflanzenwelt, was durch das der Pflanzenentwicklung notwendige Lichtminimum bestimmt wird.

Aus demselben Grunde ist an den tieferen Stellen des Sees keine höhere Vegetation zu finden. Eine reichlichere Vegetation ist nur am Ufer in Tiefe bis zu 1 m vorhanden (A pinis 1936). Die maximale Tiefengrenze erlangt *Trapa* an 1,0—2,0 (3,0) m tiefen Stellen in Begleitung von: *Potamogeton lucens* und *P. natans*. An tieferen Stellen (1,5—2,5 m) in der W- und S-Bucht bildet die *Trapa* Reinbestände und eine eigene Zone parallel einem *Scirpus-Phragmites* Gürtel. An Stellen von 0,5 m Tiefe, wo *Batrachium aquatile*, *Ceratophyllum demersum*, *Helodea canadensis*, *Fontinalis antipyretica*, *Hydrocharis morsus ranae*, *Stratiotes aloides* wächst, fehlt die *Trapa* gänzlich. Die *Trapa* vermeidet es auch dort zu wachsen, wo sich *Scirpus-Phragmites* mit *Nuphar luteum*, *Nymphaea candida* und *Potamogeton lucens* zu einem Gürtel vereinigt wachsen, wobei die Empfindlichkeit der *Trapa* gegenüber einem alkalischen Medium die Ursache ist. Im Sommer ist auch an tieferen Stellen, über 1 m das pH geringer im Vergleich zu den seichteren. Das rührt daher, dass an seichteren Stellen die Lichtverhältnisse dem üppigen Wachstum anderer Pflanzen günstig sind. Im Sommer assimilieren diese Pflanzen intensiv CO_2 , wodurch sie das Gleichgewicht der Kohlensäure, der Karbonate und Bikarbonate verschieben und das Wasser alkalisch machen. An seichteren Stellen habe ich wiederholt pH 7,9—8,4 beobachtet. Weil die Wasserpflanzen an seichteren Stellen intensiv assimilieren, wurde auf den *Potamogeton* Blättern eine Kalziumkarbonat-Ablagerung beobachtet, indem in der Assimilation fast alle Kohlensäure der Karbonate ausgenutzt ist und die Alkalität des Wasser sogar pH 10,5 erreicht.

Dennoch schafft die CO_2 der organischen Stoffe des Wassers und der Gytta-Ablagerungen ein bedeutendes Gegengewicht. Das bestätigt das Schwanken des pH zu verschiedenen Jahreszeiten: im Winter und Frühjahr ist das pH im Seewasser ca 6,5—7,0 und 7,1—7,2, im Sommer jedoch erreicht das pH 7,6—8,1 und selbst pH 8,4.

Das pH des Wassers ist von der Konzentration der CO_2 abhängig. Letztere ist in der Vegetationsperiode schwankend. Diese ist am 28. VI. 34. am Eingange der Westbucht an der Oberfläche um 10,00 Uhr:

| | |
|-------------|---------|
| | pH 8,1; |
| 1,5 m. tief | pH 7,9; |
| 4,5 m. „ | pH 7,2; |

Um dieselbe Zeit war die Temperatur:

25 cm tief 22,0°C;
 1,5 m „ 19,5°C;
 4,2 m „ 16,7°C.

An diesem Tage erwärmte sich das Wasser an den *Trapa* Standorten bis 26°C am Nachmittage, in der Südbucht aber am 29. VI. um 15,00 Uhr erwärmte sich die Wasseroberfläche bis 28°C. Um diese Zeit ist am *Trapa* Standort das pH 8,1. In der *Potamogeton lucens* Zone näher dem Ufer pH 8,4 (Bodenwasser pH 8,1) und in der Nähe des Ufers in 30 cm Tiefe, wo sehr viel *Batrachium aquatile* wächst pH 8,8! An tieferen Stellen des Sees (5 m Tiefe) ist die Reaktion des Wassers neutral. An genanntem Tage war das pH des Wassers an der Oberfläche der Westbucht 8,00 Uhr pH 7,8, am Nachmittag jedoch erreichte das pH 8,4, wann eine intensive CO₂ Bindung vor sich geht. Das Wasser erhält diese alkalische Reaktion nicht von den am Ufer und im Boden befindlichen Quellen (das pH des am S-Ufer sich befindenden Quells bei Klaucani ist pH 7,2, das Wasser des Klaucanu Brunnens ist pH 7,15). Die Bodenablagerungen an den *Trapa* Standorten ergeben pH ca 6,5.

Heil (1938) weist für die Standortsverhältnisse der Wasserpflanzen in Naturschutzgebiet des Lamperheimer Altrheins hin, dass *Trapa* im kalkreicheren Substrat die Austrittstellen von Quellen mit kohlenäurereichem Wasser bevorzugt. Das S-Ufer des Klaucanu Sees, insbesondere nahe der S-Bucht, wo die *Trapa* wächst, ist reich an Quellen.

Im Frühjahr ist die Reaktion des Wassers neutral. Solch ein Milieu bedarf die Pflanze in der Anfangsperiode ihres Wachstums und diese wird durch die Kohlensäure des Wassers und Bodengyttja auch in der Vegetationsperiode eingehalten. Freilich stört bei Erwärmung des Wassers die Assimilation des Planktons und der höheren Pflanzen dieses Gleichgewicht, jedoch hat zu dieser Zeit die Entwicklung der *Trapa* eine solche Stufe erreicht, dass die Pflanze in der Lage ist die Verhältnisse zu überstehen und auch selber die Reaktion des Wassers zu regulieren. Dies beweist, dass die Menge des Wassers im See, und das Mengeverhältniss des von den niederen und höheren Pflanzen verwerteten und unverwerteten Wassers, in der chemischen Zusammensetzung des Wassers und der Gyttja ein gewisses Gleichgewicht schaffen, welches die Entwicklung der *Trapa*

ermöglicht. Nur an den seichteren Stellen ist eine stärkere Veränderung dieses Gleichgewichts merklich, was dann auch der Entwicklung der *Trapa* schädlich ist.

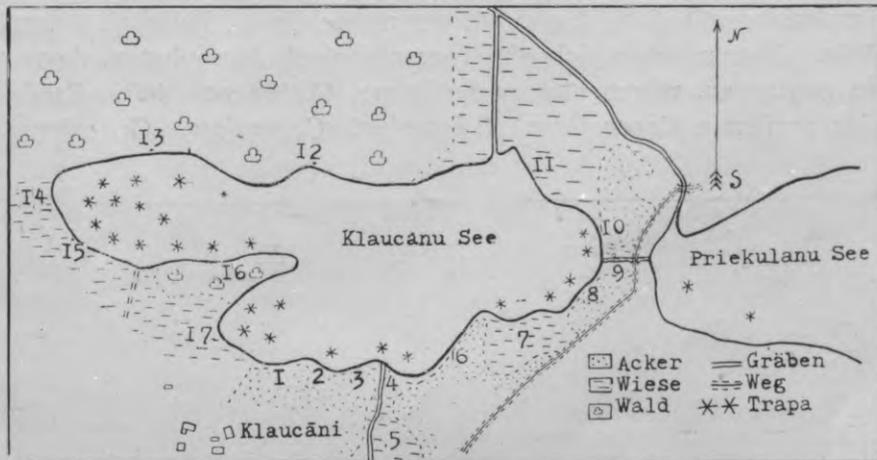
Nach dem Kalkgehalt der Gyttja, ebenso wie der Reaktion und dem Gehalt an Phosphorsäure des Wassers und der Gyttja ist dieser See den eutrophen Seen zuzuzählen, wennauch in der ärmlichen Vegetation, die von den ungünstigen Lichtverhältnissen herrührt, sich der oligotrophe Charakter geltend macht. Wegen der organischen Stoffe sind auch die oligotroph-distrophen Züge charakteristisch. Jedoch, durch die Verbesserung der Lichtverhältnisse, welche sich mit dem Seichterwerden der Seen einstellt, wenden sich diese Seen entschieden dem eutrophen Typus zu, wie dies der Fall im Kilučiu See in Litauen ist, wo eine besonders schöne Vegetation herrscht. Gewiss hat sich hier zugleich die chemische Zusammensetzung des Wassers und der Ablagerungen geändert: das Wasser ist klar und alkalisch, die Ablagerungen jedoch kalkig geworden. Solch ein Milieu ist für das Wachstum der *Trapa* nicht mehr geeignet. Aus obigen Gründen ist der Klaucanu See zu den distroph-eutrophen Seen zu rechnen (Apiniš 1936). Dennoch kann man den Gehalt des Wassers an Salzen nicht als reich bezeichnen, was auch Gams für die mitteleuropäischen Standorte nachweist. Eine allgemeine Eutrophie ist im Wasserbecken nicht vorhanden, sondern sie bezieht sich lediglich auf die von der *Trapa* geforderten Verhältnisse in Bezug auf Licht, Wärme und chemische Faktoren.

Ufer- und Wasservegetation des Klaucanu Sees.

Am S- und O-Ufer liegen Felder (siehe Schema p. 41). Deren breiterer oder schmalerer Wiesengürtel wird gemäht und als Weide benutzt. An der N-Küste ist ein gemischter Kiefern und Laubwald, der sich auch weiter westlich vom See in einiger Entfernung erstreckt. Die Enden der Buchten auf der W- und S-Seite sind sumpfig. Bei näherem Betrachten der Vegetation der Grenzzone, d. h. der unter direktem Einfluss des Seewassers stehenden Ufer, ist die Beeinflussung durch den Menschen klar zu erkennen (siehe Fliegeraufnahme p. 44). Von den künstlich erzeugten Pflanzengesellschaften haben sich diejenigen Pflanzen erhalten, die das Mähen und Weiden überstehen können, oder aber sich diesen Verhältnissen anzupassen im Stande sind. Würde hier der Mensch nicht mit seiner Arbeit eingreifen, so

wäre der See von allen Seiten von Wald oder Gebüsch umstellt. In diesem Sinne sind zwei Ufervegetationstypen zu unterscheiden: a) die natürliche Vegetation an der N-Seite des Sees (siehe Photoaufnahme), wo sich der Staatswald befindet, und im Sumpfigen Teil an beiden Enden am W- und S-Ufer; b) die durch die Tätigkeit des Menschen stark veränderte Ufervegetation am S-, O-, und NO-Ufer, wo die Wiesen gemäht und geweidet werden. Es versteht sich, dass die Tätigkeit des Menschen an keinem Teil der Ufervegetation völlig ausgeschlossen ist.

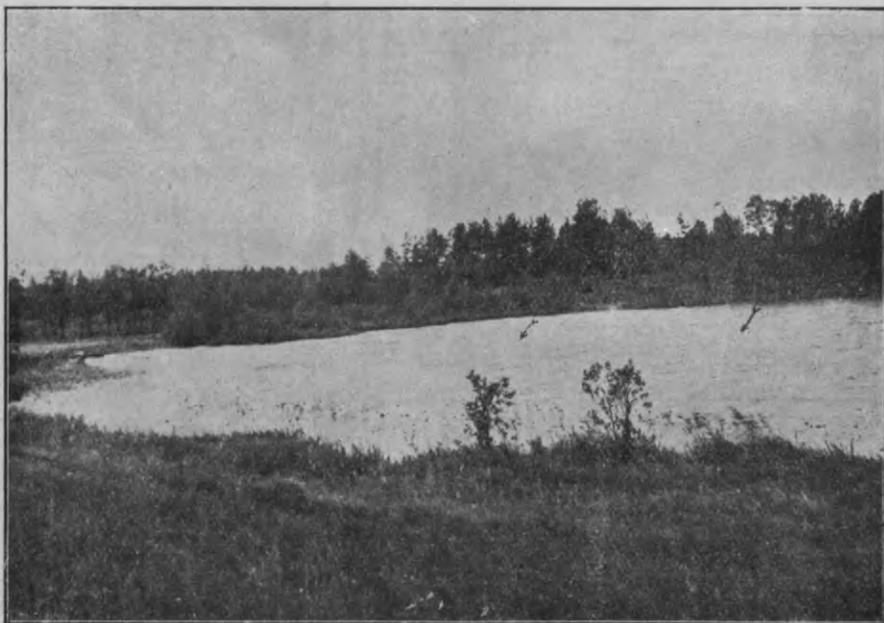
Schema des Klaucanu Sees nebst Umgebung.
Masstab 1:14500.



Ausserdem hat die Tätigkeit des Wassers auch die Ufer gebildet. Jene ist von der herrschenden Windrichtung (Klinge 1892) abhängig, aber auch von der Ausbildung der Uferlinie, vom Bodenrelief des Sees und Uferrelief. Daher hat das Ufer und dessen Vegetation sehr charakteristische Züge, die in zwei natürlichen Typen auftreten: 1) die Tätigkeit der Wellen hat ein mehr oder weniger charakteristisches Erosionsufer verursacht und 2) eine Versumpfung der Ufers, welche durch die intensive Sedimentation und schwache Wellentätigkeit verursacht ist.

An den Stellen, wo die Wellentätigkeit intensiver ist, ist der Wiesengürtel zwischen dem höheren und tieferen Wasserspiegel schmaler, weil das Ufer steiler ist, ausgenommen das NO-Ufer, wo

die Wiese flach liegt. Solch ein Ufertypus ist in den Sektoren 1, 3, 6, 8 und 10 anzutreffen (siehe Schema p. 41). Das Gebüsch am Ufer ist hier schwach ausgebildet (siehe Photographie unten) und besteht aus *Alnus glutinosa*, *Salix cinerea* und *S. pentandra*. Nur am Nordufer des Sees, in den Waldsektoren 12 und 13, wie auch 16 gesellt sich zu ihnen *Pinus silvestris*, *Betula verrucosa*, *Populus tremula*, *Rhamnus frangula* und andere. Von den Blütenpflanzen der letzteren 3 Sektoren sind zu nennen: *Acorus calamus*, *Dryopteris thelypteris*, *Calamagrostis lanceolata*, *Carex acutiformis*, *C. stricta*, *C. vesicaria*, *C. pseudocyperus*, *Equisetum heleocharis*, *Heleocharis acicularis*, *H. palustris*, *Iris pseudacorus*, *Lysimachia thyrsiflora*, *Lythrum salicaria*, *Ranunculus lingua* und *Rumex hydrolapathum*. Am S- und O-Ufer ist das gebüsch licht, oder aber fehlt in den schmalen Wiesengürtelsektoren 1, 3, 6, 8 und 10, der menschlichen Tätigkeit wegen, völlig. Hier mischen sich oft Hygrophyte mit Mesophyten. Ausser den genannten, wären hier zu notieren: *Caltha palustris*, *Cardamine pratensis*, *Carex flava*, *C. leporina*, *C. panicea*, *C. rostrata*,

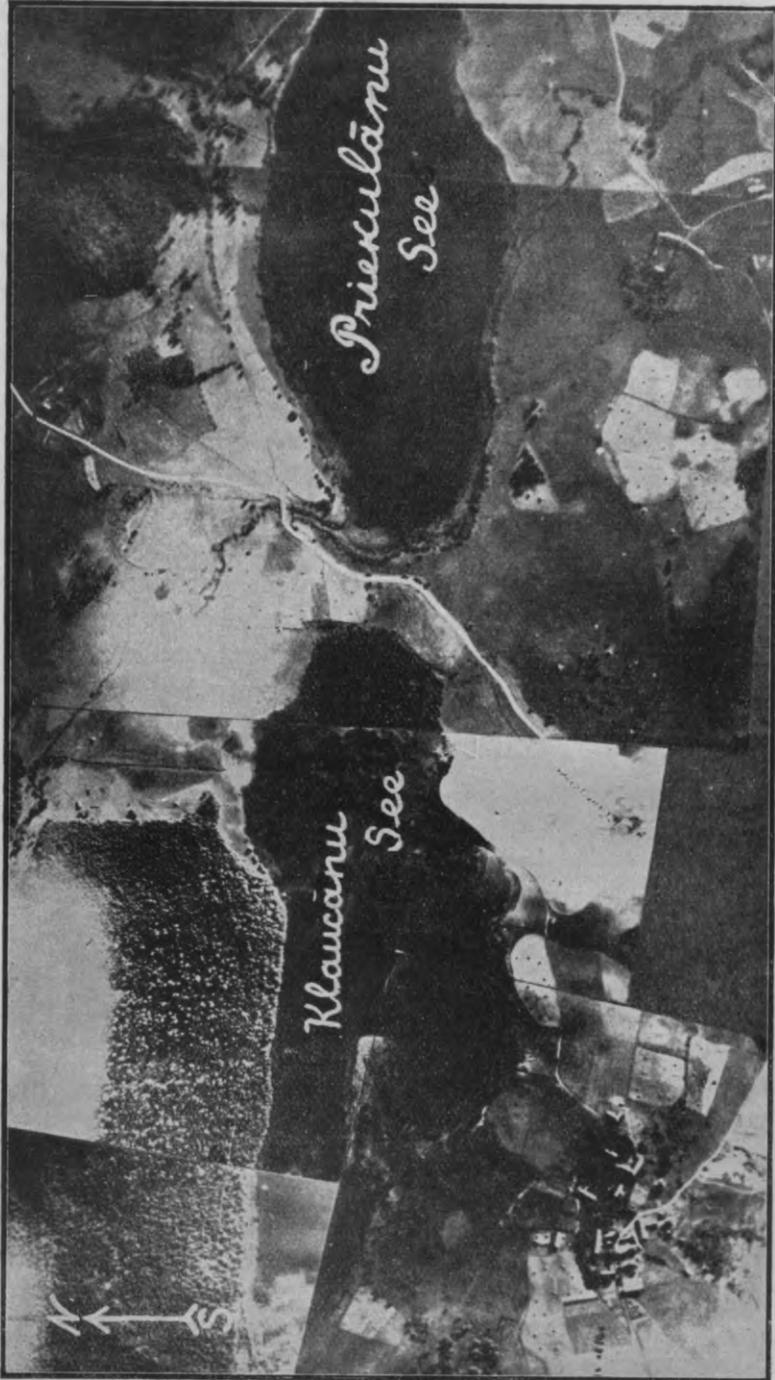


Vegetation des Ufers der S-Bucht des Klaucanu Sees. Vordergrund und links schmale Uferwiese. Hintergrund — Überwachsung des Sees (sumpfiges Ufergebüsch); ferner Kiefern und Fichten auf kleiner *Leucobryum*-Halbinsel. Im Wasser nahe des Ufers *Nymphaea*, *Nuphar* und *Potamogeton*, weiter im See *Trapa* (♂).

C. vulgaris, *Deschampsia caespitosa*, *Galium palustre*, *Geum rivale*, *Glyceria fluitans*, *Heleocharis palustris*, *Hierochloa odorata*, *Iris sibirica*, *Lysimachia nummularia*, *Myosotis palustris*, *Pedicularis palustris*, *Phragmites communis*, *Ranunculus acer*, *R. repens*, *Stellaria glauca*, *Triglochin palustris*, *Ulmaria pentapetala* u. a.

Sumpfige Ufer liegen im S- und W-Teil in den Sektoren: 2, 4, 7, 9, 14, 15 und 17 (siehe Schema p. 41). Hier ist in der engeren (Sekt. 2 und 9) oder breiteren (Sekt. 7, 15 und 17) Zone der See verwachsen. Am Wasserrand besteht das Gebüsch in Sektoren 7 und 9 aus *Alnus glutinosa*, *Salix cinerea* und *S. pentandra*. Infolge der Tätigkeit des Menschen ist es schwach entwickelt in Sektoren 2, 4 und 15, wo durch das Mähen der Wiesen das Wachsen der Büsche am sumpfigen Ufer verhindert wird. Das Ufergebüsch ist gut in den Sektoren 7 und 9 ausgebildet: in der sumpfigen Wiese und Ufergebüsch wachsen: *Acorus calamus*, *Agrostis vulgaris*, *Calla palustris*, *Calamagrostis lanceolata*, *Carex acutiformis*, *C. canescens*, *C. diandra*, *C. filiformis*, *C. limosa*, *C. rostrata*, *C. stricta*, *C. pseudocyperus*, *Cicuta virosa*, *Comarum palustre*, *Dryopteris thelypteris*, *Equisetum heleocharis*, *Eriophorum polystachium*, *Galium palustre*, *Menyanthes trifoliata*, *Pedicularis palustris*, *Peucedanum palustre*, *Stellaria glauca*. In der Moosdecke sind hier *Acrocladium cuspidatum*, *Drepanocladus intermedius*, *Marchantia polymorpha*, *Mnium affine* u. a. An manchen Stellen siedeln in der Moosdecke *Sphagna* ein. Die Versumpfung tritt stark an den Ufern der S- und W- Buchten auf, wo das Verwachsen des Sees früher als an anderen Stellen begonnen hat (Sekt. 14 und 17). Die Büsche werden hier durch *Alnus glutinosa*, *Betula verrucosa*, *Rhamnus frangula*, *Salix cinerea*, *S. lapponum*, *S. pentandra* und *S. repens* erzeugt. Kräuter und Gräser wie oben, doch dominieren in der Moosdecke *Sphagna*. Im Sektor 14 hat sich ein typisches Hochmoor zu bilden begonnen wo hie und da grössere *Sphagnum medium* Teppiche mit *Vaccinium oxycoccus* und *Drosera rotundifolia* zu sehen sind.

Die Vegetation der flachen Wiese am NO-Ufer (Sekt 11) ist der der anderer Sektoren ähnlich (Nr. 2 und 3). Der Einfluss der Wellen auf das Ufer ist sichtbar. Durch das Mähen wird das Ufergebüsch vernichtet, das an anderen Stellen gut wächst und das Ufer vor den Wellen schützt. Näher dem Walde sind grössere *Salix cinerea*, *S. pentandra*, *Alnus glutinosa* und *Rhamnus frangula* Büsche, welche am O-Ufer in diesem Sektor durch das Mähen vernichtet sind. Hier wachsen in der Nähe des Wassers: *Acorus calamus*,



Fliegeraufnahme des Klaucanu und Priekulanu Sees am 19. VIII. 36. Masstab 1:11000. Am N-Ufer des Klaucanu Sees — Wald, am O- und S-Ufer — Felder und Wiesen. Das Verwachsen des Klaucanu Sees ist gut am W- und S-Ufer zu sehen. An den N-, S- und O-Ufern Fragmente von Ufergebüsch. Schwimmblätter Zone mit *Trapa* ist in den W- und S-Buchten des Klaucanu Sees ausgebildet.

Agrostis vulgaris, *Dryopteris thelypteris*, *Caltha palustris*, *Carex diandra*, *C. canescens*, *C. filiformis*, *C. rostrata*, *C. stricta*, *C. vesicaria* (auch *C. vulgaris* und *C. flava*), *Calamagrostis lanceolata*, *Cicuta virosa*, *Deschampsia caespitosa*, *Equisetum heleocharis*, *Eriophorum polystachium*, *Galium palustre*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia thyrsiflora*, *Pedicularis-palustris*, *Peucedanum palustre*, *Ranunculus lingua* u. a. m.

In der Ufervegetation spiegelt sich das Schicksal und der Charakter des Sees, aber sie hat keinen direkten Einfluss auf das Wachstum der *Trapa*. Einen indirekten Einfluss übt das Gebüsch und der Wald an dem S-, W- und N- Ufer des Sees aus, welche die *Trapa* Standorte vor den Winden schützen und auf diese Weise der *Trapa* in der Vegetationsperiode bessere thermische Verhältnisse schaffen. Sonst fördert dies Gebüsch das Verwachsen des Sees, indem es die den Rand des Sees überziehende Pflanzendecke stärkt.

Die Verteilung der Wasserpflanzen im See ist vom Typus der Bodenablagerungen und der Tiefe des Wassers abhängig. Da im Wasser sehr viel organische Stoffe vorhanden sind, sind die Lichtverhältnisse ungünstig und in der Tiefe von 2,0—2,5 m liegt schon die Tiefengrenze der Wasservegetation. Am W- und z. T. am S-Ufer ist diese seichtere Strecke mit besseren Lichtverhältnissen der intensiveren Sedimentation wegen breiter, als am O- und N-Ufer. Die Gytjtja-Ablagerungen am W- und S-Ufer sind dicker als am N- und O-Ufer, wo sie ausserdem sandig sind. An seichteren Stellen bis zu 1 m Tiefe wachsen auf schlammigem Boden *Batrachium aquatile*, *Ceratophyllum demersum*, *Drepanocladus aduncus*, *Equisetum heleocharis*, *Fontinalis antipyretica*, *Helodea canadensis*, *Hydrocharis morsus ranae*, *Lemna trisulca*, *Nuphar luteum*, *Nymphaea candida*, *Phragmites communis*, *Potamogeton gramineus*, *P. natans*, *P. pusillus*, *Scirpus lacustris*, *Sium latifolium*, *Stratiotes aloides*. Den ganzen See, mit wenigen Unterbrechungen umgibt die *Phragmites-Scirpus lacustris* Zone, an ca 1—2,2 m tiefen Stellen (siehe Photo p. 47), mit *Nuphar luteum*, *Potamogeton lucens*. Auf schlammigerem Boden dominiert *Sc. lacustris* mit *Nymphaea candida* und *Potamogeton natans*. In der *Phragmites-Scirpus lacustris* Zone gibt es Unterbrechungen gegenüber den W- und S-Ufersektoren 4, 14, 15 und 17, die durch das Verwachsen des Sees, oder durch das Überwachsen dieser Stellen entstanden sind. Diese Zone hat sich nicht in die Tiefe hin erneuert, sondern es haben sich nur Fragmente dieser früheren Zone erhalten. Weiter in die tieferen Stellen des

Sees reicht nur *Potamogeton lucens* und *Trapa natans*. Letztere wächst im S- und O-Teil des Sees gegenüber den Ufersektoren 1, 2, 3, 4, 7, 9 (siehe Schema p. 41) in kleineren Gruppen und vereinzelt, zusammen mit *Potamogeton lucens*, *P. natans*, *Nuphar luteum* und *Nymphaea candida*. Am Ostufer im Wasser (gegenüber Sekt. 6 und 10), wie auch in dem N-Teil des Sees (ausser NW-Teil) fehlt die Wassernuss. Grössere *Trapa* Bestände sind in der W- und S-Bucht in Tiefe von 1—2 m gegenüber den Ufersektoren 14, 15, 16 und 17 vorhanden. An tieferen Stellen wächst die Pflanze (1,5—2,0 m) in gesonderten grösseren Gruppen, oder in Begleitung von *Potamogeton lucens*. An etwas flacheren Stellen, näher zum Rande gesellt sich zu ihr noch *Potamogeton lucens*, *P. natans*, *Nuphar luteum* und *Nymphaea candida*.



W-Bucht des Klaucanu Sees, wo *Trapa* (♀) auf grösserer Fläche wächst. Vorne Schwimmblätterzone aus *Nuphar*, *Nymphaea* und *Potamogeton*. Links *Phragmites-Scirpus* Zone. Phot. E. Jansons, Sommer 1935.

Charakteristisch ist die Vegetationszonierung der Wassernuss am S-Ufer (an diesem Ufer wächst im Kiefernwald *Leucobryum glaucum*); hier in seichterem Wasser findet sich (ca 0,5 m tief): *Heleocharis acicularis*, *Batrachium aquatile*, *Ceratophyllum*

demersum, *Helodea canadensis*, *Fontinalis antipyretica* und andere Pflanzen. Ferner, ca 10—15 m befindet sich eine *Scirpus-Phragmites* Zone mit *Nuphar luteum*, *Nymphaea candida*, *Potamogeton lucens*. Nach dieser Zone kommt die *Trapa natans* bis zu 2 m Tiefe. Dies wird auch die ursprüngliche Siedlungsstelle der Pflanze gewesen sein, als sich die Versumpfung des Ufers und das Verwachsen im S- und W-Teile des Sees noch nicht eingestellt hatte. Auch an anderen Stellen sucht die Wassernuss diese Sitierung zu bewahren, doch nicht in so charakteristischer Weise. Hier ist es klar zu sehen, wie sich die Wassernuss an solchen Stellen entwickelt, wo, schlechter Lichtverhältnisse wegen, keine andere höhere Pflanze sich entwickeln kann. An flacheren Stellen mag es viele Konkurrenten geben, doch in Tiefe von 1,2—1,5 m in den Seebuchten sind solche Konkurrenten nicht zu finden. *Helodea*, *Batrachium*, *Fontinalis*, *Stratiotes* und andere bedeutendere Konkurrenten wachsen an seichteren Stellen.



Blick auf den Klaucanu See vom O-Ufer. Im Wasser *Scirpus-Phragmites* Zone.

Diese vermögen die Wassernuss zu verdrängen, wenn durch das Seichtwerden des Sees die Lichtverhältnisse an den *Trapa* Standorten sich verbessern. Dies kann auch dann stattfinden, wenn das Wasser im See klarer wird. In beiden Fällen können die Konkurrenz-

pflanzen an den *Trapa* Standorten zu wachsen beginnen und die Wassernuss verdrängen. Die Konkurrenz dieser Pflanzen besteht darin, dass sie stark höhere CO_2 Konzentration ausnutzen und das Wasser dadurch alkalisch machen. So z. B., macht die *Helodea* durch Assimilation im Wasser das letztere bis zu pH ca 10,5 alkalisch. Da die Wassernuss gegen Alkalität empfindlich ist (Apinis 1939), geht sie in tiefere Stellen über, wo diese ungünstigen Verhältnisse nicht vorliegen. Auch morphologisch ist die Pflanze mehr dem Wachstum in tieferen, mit CO_2 reicheren Stellen angepasst.

Bei der Untersuchung der oberen Schicht der Gytija an den *Trapa* Standorten wurden die Arten des dystrophen Wassers der Gattungen *Eunotia*, *Melosira*, *Pinnularia* und *Surirella* gefunden. Ebenfalls sind die kalkliebenden Diatomeen zu erwähnen, wie *Cymbella*, *Epithemia*, *Gomphonema*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Rhopalodia* und ausser den Diatomeen noch *Pediastrum* und *Scenedesmus* Arten. Die charakteristischen Diatomeen der Gytija der Klaucanu, Pakrata und Gipka Seen sind in Tab. p. 70 zusammengefasst.

Vegetation des Pakrata Sees.

Der See befindet sich im N-Teil der Lubana Ebene ($56^{\circ}57'20''$,3 und $56^{\circ}57'42''$,2 N-Breite und $27^{\circ}14'06''$,6 und $27^{\circ}14'18''$,6 O-Länge) zwischen flachen Binnendünen, lehmigen Sand- resp. sandigen Lehmhügeln. Der See liegt 111,2 m über dem Meeresspiegel, ist, wie andere *Trapa* Standorte in Nordeuropa, nicht gross, da in kleineren Wasserbecken die thermischen Verhältnisse für die Pflanze günstiger sind. Nach einem Plan ist die Fläche des Sees 10,5 ha, nach dem Photogramm jedoch nur 9,3 ha. Die Länge ist ca 650 m. Die Breite am S-Ende ca 250 m, am N-Ende aber nicht über 100 m. Die Tiefe ist nicht über 1,5 m. Die Farbe des Wassers braun-gelb. Der Secchidiskus entschwindet dem Auge in 1,0—1,3 m Tiefe (durchschnittlich 1,15 m), weil das Wasser viel gelöste organische Stoffe enthält (siehe Analyse p. 49). Anorganische Stoffe sind im Wasser wenig vorhanden, die Reaktion ist neutral.

Der Boden des Sees ist eine galertartige Gytija von brauner Färbung. An der Luft getrocknet wird sie dunkelgrau und sehr hart. Die Reaktion der Gytija ist schwach sauer (pH 6,34), Karbonatenkohlenensäure beträgt 0,74%, Humuskohlenensäure 88,7%. Diesen kleinen See mit braunem Wasser und niedrigem Bikarbonatgehalt

kann man gut dem dystrophen Typus zuzählen. Geringe Tiefe und Fläche sind Ursachen der guten thermischen Verhältnisse. Diese, zusammen mit den umliegenden Feldern, bedingen auch eine gewisse Eutrophie. Darum kann man den See auch als eutroph-dystroph bezeichnen, wie dies auch aus der Gyttaanalyse hervorgeht (Tab. p. 68).

Wasseranalyse des Pakrata Sees.
Substanzen berechnet in mg auf 1 Liter.

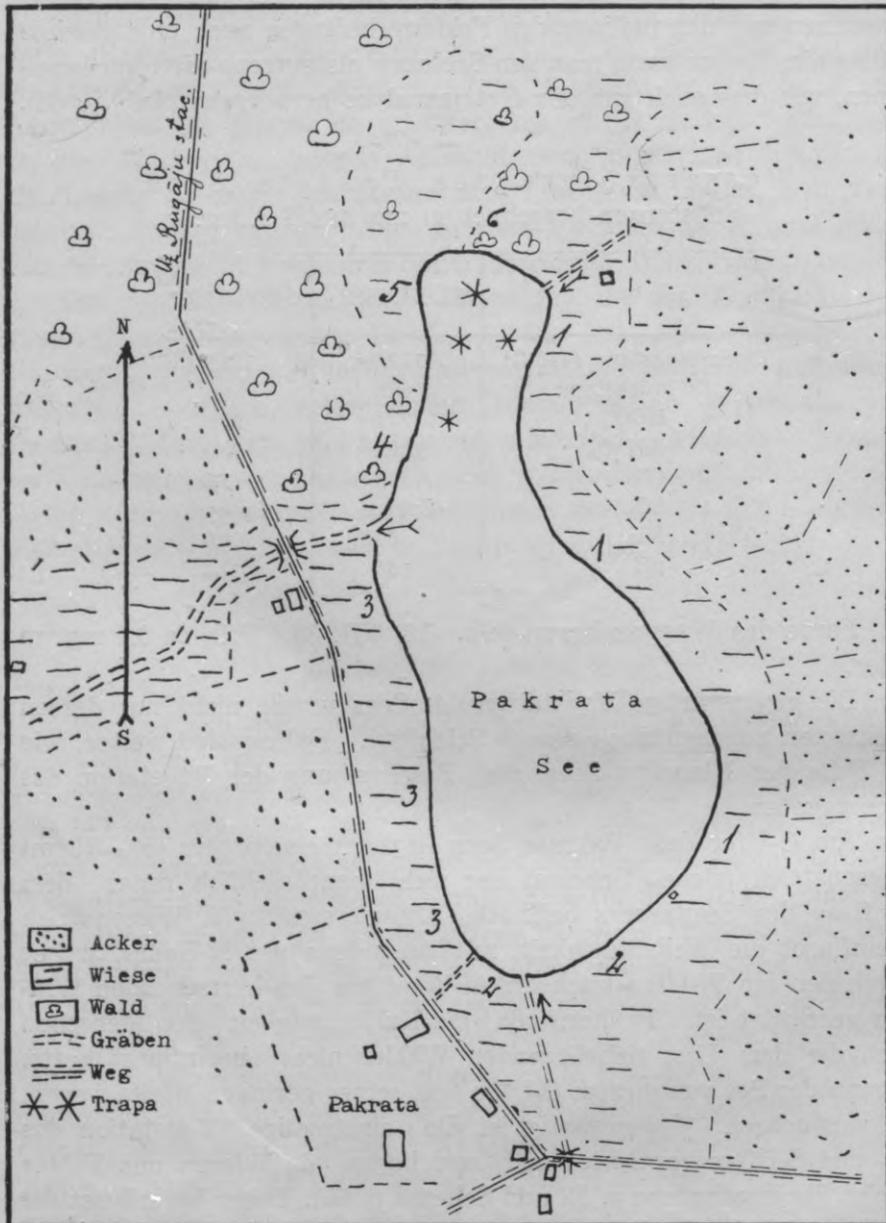
| | 11. XI. 1932. | 16. VII. 1933. |
|-------------------------|---------------|----------------|
| Trockensubstanz (110°C) | 112,0 | 121,0 |
| Glührückstand | 66,0 | |
| HCO ₃ | 73,0 | 97,6 |
| KMnO ₄ | 126,0 | 98,0 |
| Cl' | 1,0 | 1,0 |
| SO ₄ " | Spuren | Spuren |
| Fe.. | 0,27 | 0,2 |
| pH | 6,7 | 7,2 |

Farbe des Wassers braun-gelb. 16. VII. 33. P₂O₅ ca 0,1 mg im Liter.

Die gegenwärtige Vegetation des Sees verrät nicht nur dessen Charakter, sondern auch dessen Schicksal. Daher wird weiter, wie im Falle des Klaucanu Sees, die Beschreibung der Vegetation des Sees gegeben.

Am O-Ufer des Pakrata Sees liegt ein schmaler (50—70 m) Wiesenstrich (siehe Schema) der sich hauptsächlich unter dem Einfluss des Seewassers befindet. Diesen sumpfigen Wiesenstrich beeinflusst die Wellentätigkeit, mit Ausnahme des N-Endes, wo er durch den am W-Ufer wachsenden Wald vor den herrschenden Winden geschützt ist. Früher, als die Kulturtätigkeit des Menschen noch die dem Ufer naheliegenden Wälder nicht beeinflusst hatte, begann der See von diesem O-Ufer aus, seiner geringen Breite wegen, zu verwachsen. Gegenwärtig ist die einstmalige Vegetation des W- und S-Ufers vernichtet und nun liegen da Wiesen und Felder (siehe Photoaufnahme p. 52 und Schema p. 50). Daher beeinflusst die Wellentätigkeit ziemlich stark diese sumpfige Wiese am O-Ufer, wo sie an manchen Stellen bis zu mehreren Metern erodiert ist. Eine ähnliche Erscheinung ist auch an den O- und NO-Ufern des Klaucanu Sees zu beobachten. Es ist auch möglich, dass die Richtung

Schema des Pakrata Sees nebst Umgebung.
 Masstab 1:6600.



der herrschenden Winde einst eine andere gewesen ist, doch kann dies nur eine spezielle Untersuchung über die Morphologie und Genese der Seen feststellen.

An diesem O-Ufer befindet sich an der Grenze des Wassers und der Wiese am Wasserrande Gebüsch, dass an manchen Stellen ganz fehlt. Dieses Gebüsch ist ein Überrest der früheren Vegetation, da das alljährliche Mähen der Wiesen selbst die Möglichkeit der Bildung eines Waldes ausschliesst. Auch ist am S- und W-Ufer ein breiterer Wiesengürtel mit Fragmenten natürlicher Vegetation zu finden. Nur am NO- und N-Ufer ist eine wenig veränderte natürliche Vegetation, wo sich ein sumpfiger Wald befindet. Man kann sagen, dass drei Viertel der jetzigen Vegetation am O-, S- und z. T. W-Ufer des Sees durch den landwirtschaftlichen Einfluss des Menschen bedingt sind.

Wie in der Nähe eines jeden Wasserbeckens, so weist auch hier die Vegetation eine Zonierung auf. Dessen Ursache ist die verschiedenheit des Wasserregimes in den verschiedenen Zonen. Letztere stimmen meistens genau mit den Linien der Uferhöhe überein, wie das schon Ozoliņa (1931) für den Usma See gezeigt hat.

Die herrschende Windrichtung bestimmt die eigentümliche Sedimentation der organischen Stoffe im See und in der Nähe der Seeufer (Klinge 1892) und das dadurch bestimmte Verwachsen des Sees. Das Verwachsen ist besonders am S- und W-Ufer zu bemerken. Da das Wasser des Sees wenig Karbonate und andere Elektrolyte aufweist, stellt sich beim Verwachsen des Sees eine Versumpfung ein, die besonders sich am W-Ufer merklich macht.

Die Verteilung und die Charakteristik der Vegetation des Wassers werden hauptsächlich von den Lichtverhältnissen und dem Typus des Seebodens bestimmt. Da das Wasser viel organische Stoffe enthält (der Secchidiskus entschwindet dem Auge in Tiefe von 1,15 m) sind die Lichtverhältnisse schon in 1 m Tiefe schlecht und Pflanzen sind nur an seichteren Stellen des Sees anzutreffen. Der grössere Teil der Gytja im See ist, ungeachtet dessen, dass die Tiefe im Sommer nicht 1,5 m übersteigt, fast völlig ohne höhere Vegetation. Die Wasserpflanzen sind im Folgenden je nach den einzelnen Ufersektoren angeführt. In tieferen Stellen (ca 1,5 m) sind hie und da Fadenalgen (*Mougeotia* und *Spirogyra*), wie auch Moose (*Drepanocladus* und *Fontinalis*) anzutreffen.

Das Gebüsch des O- und SO-Ufers (Sekt. 1 und 2), das am S-Ende fast gänzlich ausgerottet ist, bilden:

Alnus glutinosa, *Rhamnus frangula*, *Salix aurita*, *S. cinerea*, *S. nigricans*, *S. pentandra* und *Viburnum opulus*. Von den Kräutern und Gräsern am Ufer und auf der naheliegenden feuchten

Wiese sind zu nennen: *Acorus calamus*, *Alisma plantago*, *Dryopteris thelypteris*, *Butomus umbellatus*, *Calamagrostis lanceolata*, *C. neglecta*, *Calla palustris* (im Graben), *Caltha palustris*, *Carex canescens*, *C. diandra*, *C. lasiocarpa*, *C. pseudocyperus*, *C. rostrata*, *C. stricta*, *C. vesicaria*, *C. vulgaris*, *Comarum palustre*, *Epilobium palustre*, *Eriophorum polystachium*, *Equisetum heleocharis*, *E. palustre*, *Galium palustre*, *Geum rivale*, *Iris pseudacorus*, *Juncus filiformis*, *J. lamprocarpus*, *Lythrum salicaria*, *Menyanthes trifoliata*, *Pedicularis palustris*, *Ranunculus flammula*. In der Nähe des Wassers und z. T. im Wasser: *R. lingua*, *Rumex hydrolapathum*. Am SO-Ende an der Grabenmündung: *Butomus umbellatus*, *Phragmites communis*, *Sium latifolium*, *Typha angustifolia* und *Sparganium ramosum*. In diesem Wiesenstrich der sich unter direktem Einfluss des Seewassers befindet sind von den Moosen *Acrocladium cuspidatum*, *Calliergon giganteum*, *Chiloscyphus polyanthus*, *Climacium dendroides*, *Marchantia polymorpha*, *Sphagna recurva coll. sp.* (am O-Ufer am N-Seeende) zu nennen. Im Wasser längs dem O-Ufer findet sich eine *Equisetum heleocharis* Zone mit *Nuphar luteum* und *Scirpus lacustris* als üblichen Begleitern. Am SO- und S-Ufer sind folgende Pflanzen häufig: *Nymphaea candida*, *Nuphar luteum*, *Potamogeton natans* und *Sagittaria sagittifolia*.

Am Westufer des Sees (Sekt. 3) liegt ein breiterer sumpfiger Wiesenstrich, der z. T. von dünnem Gebüsch bedeckt ist (siehe Photoaufnahme), darunter: *Alnus incana*, *Betula verrucosa*, *Salix repens* u. a.

Auch hier ist in der Nähe des Wassers Ufergebüsch (siehe Photoaufnahme) mit den für die bereits genannten Sektoren üblichen Pflanzen ausgebildet.

Die trockene Wiese in der Nähe des Weges geht in einen feuchteren Wiesenstrich über, wo folgende Moose charakteristisch sind: *Acrocladium cuspidatum*, *Drepanocladus intermedius* und *Bryum ventricosum*. Zwischen diesen Zonen und dem in der Nähe des Wassers sich befindendem Gebüsch hat sich ein Sumpfgürtel gebildet mit oben erwähnten Sträuchern. Hier finden sich in der Moosdecke: *Polytrichum strictum*, *Sphagnum medium*, *Sph. teres*, *Sph. recurva coll. sp.*, *Helodium lanatum* u. a. Als charakteristische höhere Pflanzen sind hier zu erwähnen: *Agrostis canina*, *Calamagrostis neglecta*, *Carex canescens*, *C. diandra*, *C. lasiocarpa*, *Drosera rotundifolia*, *Lysimachia thyrsiflora*, *Menyanthes trifoliata*, *Peucedanum palustre*, *Vaccinium oxycoccus*, *Viola palustris* u. a. Im Wasser

längs diesem Ufer ist eine breitere Zone aus folgenden Pflanzen: *Acorus calamus*, *Equisetum heleocharis*, *Nuphar luteum*, *Nymphaea candida*, *Potamogeton natans*, *P. lucens* und *Sagittaria sagittifolia*, *Sparganium ramosum*. Gegenüber dem Seeauslauf in den Bach finden sich einige Exemplare der *Trapa*.



Vordergrund — Schwingmoor («Wiese») der Überwachungszone am W-Ufer des Pakrata Sees mit schwach ausgebildetem Ufergebüsch; Hintergrund links (Sekt. 4) und rechts (Sekt. 6) ist das NW- und N-Ufer, wo sich ein Bruchwald befindet.

Am W-Ufer (Sekt. 4) befindet sich eine natürliche, von der Kultur des Menschen wenig beeinflusste Vegetation mit *Alnus glutinosa*, *Betula verrucosa*, *Pinus silvestris*, *Rhamnus frangula*, *Salix cinerea*, *Rubus saxatilis*. Auf feuchtem Bruchwaldstorf (pH. ca 5,5—6,0 der Rhizosphäre) und an den Wurzeln der Bäume sind folgende Moose: *Acrocladium cuspidatum*, *Blepharostoma trichophyllum*, *Dicranum Bonjeani*, auf Baumrinde *D. viride*, *Fissidens adiantoides*, *Mnium affine*, *Plagiothecium laetum*, *Pl. curvifolium*, *Orthodicranum montanum*, *Polytrichum attenuatum*, *Sphagnum squarrosum* u. a. Von höheren Pflanzen sind noch zu erwähnen: *Dryopteris cristata*, *Calamagrostis lanceolata*, *Carex canescens*, *C. muricata*, *C. pseudocyperus*, *C. rostrata*, *C. vesicaria*, *Glyceria aquatica*, *Hottonia palustris*, *Iris pseudacorus*, *Lycopus europaeus*, *Ranunculus cassubicus* u. a.

Am N-Ende des W-Ufers hat sich eine Überwachsungszone gebildet mit *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*, *B. verrucosa*, *Cassandra calyculata*, *Pinus silvestris*, *Salix cinerea*, *Salix repens*. In der Mooschicht *Calliergon stramineum*, *Polytrichum strictum*, *Sphagnum medium*, *Sph. subbicolor* und *Sph. recurva* coll. sp. Für diese Sumpfszone sind noch zu nennen: *Andromeda polifolia*, *Carex lasiocarpa*, *C. limosa*, *Drosera rotundifolia*, *Eriophorum polystachyum*, *E. vaginatum*, *Lysimachia thyrsiflora*, *Menyanthes trifoliata*, *Peucedanum palustre* und *Scheuchzeria palustris*. Zwischen diesem Sumpfgürtel und dem trockenen Dünenwald liegt ein Sumpfiger Kiefernwald mit *Eriophorum vaginatum*, *Ledum palustre* und *Vaccinium uliginosum*.

Am Ufer des N-Teiles (Sekt. Nr. 6) gleicht die Vegetation dem Sektor 4 des W-Ufers. Die Wasservegetation in der N-Bucht, wo auch die *Trapa* wächst, ist der thermischen Verhältnisse wegen reichhaltiger. Diese N-Bucht ist dem S-Wind ausgesetzt und durch den Wald vor den SW-, W- und N-Winden geschützt. Die Wassertemperatur ist hier am 15. VII. 33 höher befunden worden, als an anderen Stellen im See (Wind von SW her). Am S-Ende des Sees war die Temperatur ca 30 m vom Ufer neben dem *Nymphaea*-Gürtel:

| | |
|------------|---------|
| 10 cm tief | 20.9°C, |
| 50 „ „ | 20.8°C, |
| 100 „ „ | 20.7°C, |
| 150 „ „ | 20.6°C. |

In der Nähe des W-Ufers gegenüber der Mündung des Baches:

| | |
|-------------|---------|
| 25 cm Tiefe | 20.9°C, |
| 50 cm „ | 20.8°C, |
| 100 cm „ | 20.8°C, |
| 130 cm „ | 20.7°C. |

An dem *Trapa* Standort am N-Ende, den der Wald des W-Ufers vor dem SW-Winde schützt:

| | |
|------------|---------|
| 25 cm tief | 21.1°C, |
| 50 cm „ | 20.9°C, |
| 100 cm „ | 20.8°C. |

Im See sind, der geringen Tiefe wegen, keine grösseren Temperaturabstufungen bemerklich. Am N-Ende, wo der Wind keinen Einfluss ausübt, ist die Temperatur der Wasseroberfläche höher. An diesem Tage wurde auch die Bildung der Blütenknospen der *Trapa* beobachtet.

Der See überwächst in der N-Bucht und am W- und NO-Ufer. Am Bruchwaldsufer (Sekt. 4) wächst *Acorus calamus*, *Equisetum heleocharis*, *Nuphar luteum*, *Nymphaea candida*, *Sagittaria sagittifolia*. Hier wächst auch in kleiner Gruppe die *Trapa* an 1 m tiefer Stelle. Auf der Bodengyttja findet sich ein Teppich von Fadenalgen (*Mougeotia* und *Spirogyra*).

Das N-Ende des Sees (Sekt. 5 und 6) ist des Verwachsens wegen, stark sumpfig (Bruchwald). In der Nähe des Wassers Sträucher: *Alnus glutinosa*, *Salix aurita*, *S. einerea* und *Betula*. An diesem Ufer sind noch gewöhnlich: *Dryopteris thelypteris*, *Carex riparia*, *Lythrum salicaria*, *Sium latifolium*, *Phragmites communis*, *Rumex hydrolapathum*, *Typha angustifolia*.



N-Bucht des Pakrata Sees. Am Ufer nasser Bruchwald. Im Wasser *Nuphar*, *Nymphaea*, *Sagittaria* und *Trapa*.

Am N-Ende des Sees (siehe Photoaufnahme) im Wasser von 0,5—1,0 m Tiefe *Ceratophyllum demersum*, *Drepanocladus aduncus*, *Equisetum heleocharis*, *Fontinalis antipyretica*, *F. hypnoides*, *Hydrocharis morsus ranae*, *Nuphar luteum*, *Nymphaea candida*, *Potamogeton lucens*, *P. natans*, *P. zosterifolius*, *Riccia fluitans*, *Sagittaria sagittifolia* und *Utricularia vulgaris*. *Trapa* wächst nicht in der Nähe

dieses Ufers. Doch bildet sie etwas entfernt vom Ufer zusammen mit *Potamogeton lucens*, *P. natans* und an anderen Stellen mit *Nuphar* und *Nymphaea* kleinere Gruppen. Dennoch, wie auch im Klaucanu See, weigert sich die *Trapa* an seichteren Stellen zusammen mit anderen Pflanzen zu wachsen. Eine *Trapa* Zonierung, wie im Klaucanu See, ist der geringeren Tiefenabstufung wegen hier nicht zu beobachten. Die im Jahre 1933 beobachtete Zahl der *Trapa*-Exemplare ist hier nicht gross: ca. 200—300. Die Beobachtungen lassen annehmen, dass in diesem See die Pflanze, der Sukzession am Standorte wegen, sich nahe der natürlichen Existenzgrenze befindet. Dank dem bedeutenden Gehalt an Humus im Wasser und dem geringen Gehalt an Bikarbonaten, ist die Existenz der Pflanze in diesem See noch heute möglich. Der See ist dem Stadium nahe, wo des Verwachsens und Seichtwerdens wegen, den anderen höheren Pflanzen im See, die Möglichkeit gegeben wird, weitere Flächen zu bedecken, als dies eben der Fall ist. Indem die Menge der Wasserpflanzen zunimmt, werden sich auch die Verhältnisse im Gehalt der Ablagerungen und des Wassers ändern. Dem folgt gewöhnlich eine schnelle Verwachsung und Versumpfung des Sees. Darauf weist auch die jetzige Vegetation der Ufer und des seichten Wassers hin, welche für das Schicksal unserer Seen bezeichnend ist.

Die gegenwärtigen klimatischen Verhältnisse der Lettländischen Standorte.

Das mässig feuchte Klima Lettlands mit gleichmässig über die Jahreszeiten verteilten Niederschlägen ist der Entwicklung von Wäldern günstig. Wennauch unser Klima dem Einfluss des Atlantischen Ozeans und der Ostsee unterliegt (denn der Winter ist mild und der Sommer kühler), so ist doch auf diesem verhältnismässig kleinen Territorium eine stufenweise und doch ziemlich bedeutende Verminderung der Ozeanität in der Richtung West-Ost zu beobachten. Diese klimatische Eigentümlichkeit hat bereits K u p f f e r (1925) beobachtet, indem er die Ostgrenze unserer Gebietsflora aufstellte und auch indem er innerhalb des Landes eine bedeutende Verminderung der Zahl der Pflanzenarten (ca 40—50 Arten auf je 100 km) in der Richtung West-Ost feststellte. Dieser Umstand hat die Klärung der Verbreitung der Landpflanzen gefördert und wird auch fernerhin der Schlüssel zur Lösung anderer ähnlicher Probleme sein. Auch die jet-

(Baumanis 1936): In Ventspils betragen die Jahresschwankungen in der rel. Feuchtigkeit der Luft 9%, in Rīga, jedoch 22%. Diese Verschiedenheit der Ozeanität auf unserem Territorium schafft, im Laufe längerer Zeit, auch eigentümliche Standorte. So ist die Versumpfung im Westteil Lettlands bedeutend grösser, als im Ostteil, worauf der Versumpfungskoeffizient hinweist (Nomals 1936).

$$\text{Der Versumpfungskoeffizient:} = \frac{\text{Niederschläge}}{\text{Verdunstung}} = \frac{N}{V};$$

| Station | $\frac{N}{V}$ |
|-----------------------|---------------|
| Rucava | 1.70 |
| Ventspils | 2.20 |
| Stende | 1.97 |
| Krustpils | 2.03 |
| Preiļi | 1.90 |
| Augstroze | 2.48 |
| Jaungulbene | 1.57 |
| Malnava | 1.38 |

Wie anzunehmen, ist daher das Verwachsen der Seen und die Veränderung der Standortsverhältnisse in den Wasserbecken, im Westteil rapider als im Ostteil.

Die Dauer des Sonnenscheins an dem Klaucanu See und auch am Pakrata See wird durch die Beobachtungen des Meteorologischen Büros in den Jahren 1929, 1930 und 1931 auf den Stationen Nereta, Daugavpils, Jaungulbene und Malnava charakterisiert. Zum Vergleich ist die Station Ārava gewählt:

Dauer des Sonnenscheins nach den Angaben des Meteor. Büros über die Jahre 1929, 1930 u. 1931 in Stunden.

| Station | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | VII | Jahresmittel |
|--------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|----|----|-----|--------------|
| Ārava . . . | 33 | 79 | 132 | 210 | 297 | 323 | 259 | 250 | 177 | 91 | 49 | 29 | 1897 |
| Nereta . . . | 35 | 73 | 142 | 186 | 230 | 289 | 248 | 211 | 148 | 88 | 32 | 17 | 1685 |
| Daugavpils . | 34 | 73 | 138 | 183 | 266 | 252 | 253 | 216 | 149 | 83 | 27 | 18 | 1691 |
| Malnava . . | 31 | 74 | 149 | 184 | 274 | 250 | 247 | 214 | 133 | 79 | 30 | 25 | 1757 |
| Jaungulbene | 31 | 78 | 149 | 178 | 270 | 268 | 253 | 214 | 142 | 72 | 26 | 19 | 1690 |

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich, ist die Dauer des Sonnenscheins im Ostteil Lettlands, wo die *Trapa* vorkommt im Frühjahr und im Sommer geringer als im Westteil, und gleicht den Verhältnissen in

Schweden (Småland und Schona), wo noch unlängst die Wassernuss vorkam.

Die Menge der Niederschläge in Lettland ist nicht gleichmässig, sondern weist grosse Differenzen auf. Im Westteil von Kurzeme (Barloti 1932) erreichen die Niederschläge im Jahr 700—850 mm, dagegen auf der Vidzeme-Höhe 700—900 mm. Die Minimalgebiete für Niederschläge befinden sich auf der Zemgale-Ebene und in Ostlettland (ca 600 mm).

Niederschläge in den jetzigen *Trapa* Standorts-Gebieten nach Angaben des Meteorologischen Büros in den Jahren 1922 — 1931 in mm.

| Station | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Jahr |
|----------------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|------|
| B. Leimaņi | 25 | 23 | 32 | 34 | 68 | 84 | 79 | 106 | 61 | 62 | 56 | 33 | 663 |
| Malnava | 18 | 22 | 26 | 30 | 63 | 89 | 65 | 98 | 60 | 51 | 46 | 28 | 597 |
| Bērzi | 27 | 28 | 35 | 33 | 61 | 79 | 92 | 90 | 63 | 54 | 55 | 38 | 654 |
| Stiglava | 20 | 22 | 24 | 31 | 59 | 83 | 81 | 107 | 62 | 57 | 53 | 31 | 630 |

Die gegenwärtigen *Trapa* Standorte befinden sich in Bezirken mit geringer oder mittlerer Niederschlagsmenge. Auch in dieser Hinsicht ist eine Ähnlichkeit mit den Gebieten Småland und Schona in Schweden vorhanden. Die Mässigkeit der Niederschläge behütet die Standorte vor einer übermässigen Schwankung des Wasserspiegels, welche der Pflanze schädlich ist (Eberle 1926). Auch ist anzunehmen, dass die geringe Niederschlagsmenge Ursache des langsameren Verseichtens des Sees durch Zufuhr von Ablagerungsmaterial ist. Solche Seen oder andere Wasserbecken bewahren länger die der *Trapa* günstige Tiefe.

Die mittlere Temperatur der Luft an den jetzigen und einstigen *Trapa* Standorten 1886 — 1910.

(Nach Meyer und Bauman 1927.)

| Station | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Mittl. Jahres-temp. | Mittl. Temperatur-ampl. |
|----------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|---------------------|-------------------------|
| Liepāja . . . | -2.2 | -2.4 | -0.2 | 4.6 | 9.8 | 13.5 | 16.1 | 15.9 | 12.8 | 8.1 | 3.4 | -0.7 | 5.6 | 18.6 |
| Ventspils . . | -2.8 | -3.2 | -1.1 | 3.7 | 8.8 | 12.9 | 15.7 | 15.4 | 12.2 | 7.6 | 2.9 | -1.2 | 5.9 | 18.5 |
| Mērsragciems | -3.2 | -3.8 | -1.7 | 3.1 | 8.5 | 13.5 | 16.2 | 15.3 | 11.7 | 7.1 | 2.2 | -1.8 | 5.6 | 19.4 |
| Jēkabpils . . | -6.5 | -5.0 | -2.0 | 5.0 | 11.5 | 16.5 | 18.0 | 17.0 | 12.5 | 6.5 | 0.0 | -4.0 | 6.0 | 24.5 |
| Daugavpils . . | -5.9 | -5.5 | -2.2 | 5.1 | 12.3 | 16.3 | 17.9 | 16.3 | 11.6 | 6.1 | 0.2 | -4.4 | 5.6 | 23.8 |
| Kārsava . . . | -6.9 | -6.7 | -3.1 | 4.1 | 11.1 | 15.1 | 16.9 | 15.1 | 10.7 | 5.3 | -0.8 | -5.3 | 4.6 | 23.8 |

Die Jēkabpils Angaben sind nach Rykatscheffs Beobachtungen in dieser Periode.

Mittlere Temperatur der Luft in der Nähe der jetzigen und früheren *Trapa* Standorten in den Jahren 1926 — 1935 (Barloti 1936).

| Station | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Mittl. Jahrestemp. | Mittlere Jahrestemp. ampl. |
|----------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|------|--------------------|----------------------------|
| Liepāja . . . | -2.4 | -3.2 | -0.1 | 4.5 | 9.4 | 12.6 | 16.3 | 16.5 | 13.3 | 8.4 | 3.9 | -0.8 | 6.6 | 19.8 |
| Ventspils . . | -2.7 | -3.4 | -0.5 | 3.9 | 9.1 | 12.7 | 16.5 | 16.2 | 12.7 | 8.1 | 3.5 | -0.8 | 6.2 | 19.9 |
| Mērsrags . . | -3.5 | -4.3 | -1.3 | 3.1 | 8.5 | 13.0 | 16.7 | 16.0 | 12.3 | 7.5 | 3.0 | -1.0 | 5.9 | 21.0 |
| Spilve . . . | -4.5 | -5.1 | -1.4 | 4.4 | 10.9 | 14.0 | 17.5 | 16.1 | 12.1 | 7.2 | 2.4 | -2.6 | 5.9 | 22.6 |
| Krustpils . . | -6.0 | -7.0 | -2.5 | 4.4 | 11.5 | 13.9 | 17.1 | 15.6 | 11.1 | 6.3 | 1.2 | -4.4 | 5.1 | 24.4 |
| Daugavpils . . | -6.3 | -7.4 | -2.9 | 4.5 | 12.1 | 14.5 | 17.1 | 15.9 | 11.7 | 6.7 | 1.4 | -4.9 | 5.2 | 24.5 |
| Malnava . . . | -6.9 | -8.2 | -3.6 | 3.8 | 11.7 | 13.8 | 16.8 | 15.6 | 11.1 | 6.9 | 0.8 | -5.6 | 4.6 | 25.0 |

Aus den obigen Tabellen ist zu ersehen, dass die mittlere Temperatur im Westteil Lettlands, wo einst die *Trapa* gewachsen hat, niedriger ist im Mai, Juni und Juli, als an den jetzigen Standorten im östlichen Teil unseres Territoriums. Da die Pflanze an ihren früheren Standorten (Gipka und Užava) in Westteil zu Ende der atlantischen Zeit, sowie am Anfang der borealen und subatlantischen Zeit wuchs, konnte die ihr zugängliche Wärmemenge ausreichend gewesen sein, falls das Klima auf diesem Gebiete damals kontinentaler gewesen ist. Diese Standorte befinden sich in der Nähe alter Menschensiedlungen, und der Mensch verwendete die Wassernuss zu seiner Verpflegung (siehe p. 18.). Möglicherweise befand sich die Pflanze in der Obhut des Menschen.

Die Temperaturangaben für die letzten 10 Jahre zeigen ein ähnliches Bild. Es ist bezeichnend, dass die mittlere Temperatur des Mai an den gegenwärtigen Standorten über 10°C ist.

Wie mehrere Forscher annehmen, hat sich das Klima im Nacheiszeitalter (besonders die thermischen Verhältnisse) mehrfach geändert. Beim Einzug der Pflanze in Lettland, zu Ende des atlantischen Zeitalters, werden die thermischen Verhältnisse bedeutend günstiger gewesen sein, als jetzt. Dasselbe ist über die subboreale Zeit zu sagen, als die Pflanze am weitesten gegen N in Schweden und Finnland vorgerückt war. Es ist anzunehmen, dass in diesem kontinentalen Zeitalter die rapide Ausbreitung der Pflanze nach N in Schweden und Finnland, wie auch in Lettland, durch den schnellen Eintritt des Frühjahrs mit einer Mitteltemperatur im Mai von über 10°C wesentlich gefördert wurde, da diese für die Keimung der Früchte notwendig ist (siehe Tab. p. 33). Auch ist eine höhere Mitteltemperatur im Juli in kontinentalen Gebieten für das Blühen und die Fruchtreifung günstig.

Nach Gams (1923—1927), Nordhagen (1923) u. a. traten die der Pflanze ungünstigen klimatischen Verhältnisse in Europa gegen 900—500 Jahre v. Chr. ein, wonach ein rapides Aussterben der Pflanze in Europa eingetreten ist und noch jetzt fort dauert. Es ist möglich, dass der Eintritt eines kühleren und an Niederschlägen reicheren Klimas dazu geführt hat, dass die Pflanze an vielen Standorten zu verschwinden begann. Dennoch kann man das Verschwinden der Pflanze in Nordeuropa in den letzten 200 Jahren nicht allein durch die klimatischen Verhältnisse erklären.

Barloti (1936) findet im Vergleich der Mitteltemperaturen der letzten zwei Zeitabschnitte von je 30 Jahren, dass die Mitteltemperatur in Nordeuropa und Nordosteuropa um $\frac{1}{4}^{\circ}$ bis $\frac{3}{4}^{\circ}$ gestiegen ist. In Island ist die Temperatur um $\frac{1}{4}^{\circ}$ gestiegen, dagegen weist die Temperatur an der Westküste Britanniens eine negative Verschiebung auf. Dieser Vergleich bezeugt, dass in Nord- und Nordosteuropa in den letzten 30 Jahren die thermischen Verhältnisse sich merklich verbessert haben, und daher können diese nicht die Ursache des Aussterbens der *Trapa* an den zwei Standorten in Schweden sein.

Vergleich der edaphischen, klimatischen und phytosoziologischen Verhältnisse an den früheren und jetzigen *Trapa* Standorten.

Die Existenz einer jeden Pflanze ist von den drei Faktorenkomplexen abhängig: von den klimatischen, edaphischen und biologischen Verhältnissen. Durch den Vergleich der chemischen Zusammensetzung des Wassers und der Ablagerungen, den einstigen und jetzigen *Trapa* Standorten, kann man über die Verhältnisse urteilen, die der Pflanze günstig oder auch schädlich sein mögen. Auf diesem Wege kann man auch die Verhältnisse feststellen, die die Pflanze zum Verschwinden an einzelnen Standorten bringen. Auch der Vergleich der klimatischen und besonders der thermischen Verhältnisse an den einstigen und jetzigen nördlichen Verbreitungsgrenze lassen darüber urteilen, welche Rolle den Veränderungen der klimatischen Verhältnisse in der Veränderung der Verbreitung der Pflanze zukommt. Die jetzige Verbreitung der *Trapa* in Lettland wird auch verständlicher, wenn man die Verhältnisse an den jetzigen Standorten der Pflanze mit denen einstiger Standorte in Europa vergleicht.

Die Lufttemperatur in einigen rezenten und subfossilen *Trapa* Standorten von Nordeuropa.

| Station Monate | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Mittlere | Amplitude |
|---------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|----------|-----------|
| I) | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Bällinge | -4.4 | -4.7 | -2.6 | -2.9 | 8.4 | 14.0 | 16.2 | 14.7 | 10.5 | 4.9 | 0.0 | -3.7 | 4.7 | 20.7 |
| 2. Jäxbo | -4.6 | -4.8 | -2.7 | 2.7 | 8.4 | 13.5 | 15.4 | 13.7 | 9.8 | 4.4 | -0.4 | -3.9 | 4.3 | 20.2 |
| II) | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Ankarsrum . . | -2.8 | -2.9 | -1.1 | 4.0 | 9.4 | 14.3 | 16.7 | 15.3 | 11.4 | 6.2 | 1.6 | -1.8 | 5.9 | 19.6 |
| 4. Mälen | -2.1 | -1.8 | -0.3 | 4.2 | 9.1 | 13.7 | 15.3 | 14.5 | 11.4 | 6.4 | 2.1 | -1.3 | 5.9 | 17.4 |
| III) | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Helsinki | -5.7 | -6.2 | -3.4 | 2.0 | 8.1 | 13.3 | 16.6 | 14.8 | 10.3 | 5.5 | 0.6 | -3.5 | 4.4 | 22.8 |
| 6. Tampere | -7.2 | -7.6 | -4.1 | 2.1 | 8.5 | 13.7 | 16.6 | 14.3 | 9.6 | 4.4 | -0.7 | -5.1 | 3.7 | 24.2 |
| 7. Kuopio | -9.4 | -10.0 | -6.0 | 0.9 | 7.0 | 12.9 | 16.0 | 13.4 | 8.7 | 3.2 | -2.3 | -7.3 | 2.3 | 26.0 |
| IV) | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. Kaunas | -4.7 | -3.8 | -0.4 | 6.1 | 12.9 | 16.2 | 17.9 | 16.5 | 12.1 | 6.9 | 1.3 | -2.9 | 6.5 | 22.6 |
| 9. Königsberg . . | -2.9 | -2.7 | -0.2 | 5.5 | 10.7 | 15.4 | 17.3 | 16.6 | 13.1 | 7.6 | 1.8 | -1.9 | 6.7 | 20.2 |
| V) | | | | | | | | | | | | | | |
| 10) Liepāja | -2.2 | -2.4 | -0.2 | 4.6 | 9.8 | 13.5 | 16.1 | 15.9 | 12.8 | 8.1 | 3.4 | -0.7 | 6.6 | 18.6 |
| 11) Mežragciems . | -3.2 | -3.8 | -1.7 | 3.1 | 8.5 | 13.5 | 16.2 | 15.3 | 11.7 | 7.1 | 2.2 | -1.8 | 5.6 | 19.4 |
| VI) | | | | | | | | | | | | | | |
| 12. Jēkabpils . . . | -6.5 | -5.0 | -2.0 | 5.0 | 11.5 | 16.5 | 18.0 | 17.0 | 12.5 | 6.5 | 0.0 | -4.0 | 6.0 | 24.5 |
| 13. Daugavpils . . | -5.9 | -5.5 | -2.2 | 5.1 | 12.3 | 16.3 | 17.9 | 16.3 | 11.6 | 6.1 | 0.2 | -4.4 | 5.6 | 23.8 |
| 14. Kārsava | -6.9 | -6.7 | -3.1 | 4.1 | 11.1 | 15.1 | 16.9 | 15.1 | 10.7 | 5.3 | -0.8 | -5.3 | 4.6 | 23.8 |
| VII) | | | | | | | | | | | | | | |
| 15. Smolensk . . . | -8.1 | -7.7 | -3.2 | 4.3 | 13.8 | 16.3 | 17.8 | 15.9 | 10.7 | 4.9 | -1.7 | -6.6 | 4.6 | 25.9 |
| 16. Pinsk | -5.2 | -4.0 | -0.1 | 7.0 | 14.5 | 17.2 | 18.7 | 17.4 | 12.7 | 7.0 | 1.0 | -3.3 | 8.9 | 23.9 |
| 17. Novgorod . . . | -8.4 | -7.9 | -4.2 | 3.3 | 10.8 | 15.4 | 17.6 | 15.2 | 10.2 | 4.0 | -1.7 | -5.0 | 4.0 | 20.6 |
| 18. Kostroma . . . | -12.3 | -10.3 | -5.5 | 2.8 | 11.5 | 15.4 | 18.2 | 15.5 | 9.6 | 3.1 | -4.0 | -9.3 | 2.3 | 30.5 |

I) Subfossile *Trapa*-Funde an der N-Grenze in Schweden. II) Jetzige und frühere Standorte in Schweden. III) Frühere Verbreitung in Finnland. IV) Rezenten und geschichtlich-rezente Funde in Ostpreussen und Litauen. V) Subfossile *Trapa*-Funde in Westlettland. VI) Jetzige Verbreitung in Ostlettland. VII) Die den jetzigen Lettländischen Standorten naheliegenden Standorte in NO, O und SO Russland.

Die auf den Stationen 1—4 genannten Lufttemperaturen, welche sich auf die Periode 1856—1907 beziehen, sind aus der Arbeit Malmströms (1920) genommen. Gleichfalls auch Nr. 12 (Rykatscheff) für die Periode 1849—1899. Alle anderen Angaben beziehen sich auf die Periode 1886—1910 und sind den Arbeiten Meyers und Baumans (1927), Gorczynskys (1916), Rubinsteins und Wallens (1930) entnommen.

Die ausgedehnten Forschungen Nomals (1931 und 1935) über die Wässer der Moore Lettlands (darunter sind die Wässer der sog. Übergangsmoore ähnlich den jetzigen *Trapa* Seen) geben die Möglichkeit die chemische Beschaffenheit der Wässer der Seen auf dem lettländischen Territorium im subozeanischen und subkontinentalen Klima (im Ostteil) zu vergleichen. Ich führe hier die Tabelle der Ergebnisse des Autors an, welche auch diesen Vergleich liefert (Nomals 1936).

Chemische Zusammensetzung der Wässer der
Moorseen Lettlands nach Nomals (1936).

| Farbe | Moortypus | O-Lettland | | In der Riga-Jelgava Niederung u. NO- Kurzeme | | W-Lettland im Küstengebiet | |
|--------------------------------|---------------|-------------------------|------------------|--|------------------|-------------------------------------|------------------|
| | | Schwankungen | Mittel | Schwankungen | Mittel | Schwankungen | Mittel |
| | | Gelblich bis braun | | Fast farblos bis gelb | | Schwach gelblich bis gelb | |
| pH | Hochmoor | 4.5 — 6.9 | 6.0 | 5.1 — 5.7 | 6.0 | 4.0 — 5.3 | 4.6 |
| | Niedermoor | 6.8 — 7.0 | 6.9 | — | — | — | — |
| | Übergangsmoor | 6.2 — 7.0 | 6.6 | 7.2 — 7.6 | 7.4 | 5.8 — 7.6 | 6.8 |
| Härte (CaO) | Hochmoor | 0.3 — 4.9 ^o | 1.5 ^o | 0.7 — 2.9 ^o | 1.7 ^o | 1.0 ^o — 1.9 ^o | 1.5 ^o |
| | Niedermoor | 4.7 — 11.9 ^o | 7.9 ^o | — | — | — | — |
| | Übergangsmoor | 0.6 — 8.9 ^o | 4.1 ^o | 1.9 — 10.1 ^o | 5.3 ^o | 1.6 — 3.5 ^o | 2.5 ^o |
| Trocken- substanz | Hochmoor | 45 — 518 | 183 | 83.0 — 153.8 | 114.7 | 90.2 — 175.3 | 136.0 |
| | Niedermoor | 136 — 270 | 225 | — | — | — | — |
| | Übergangsmoor | 126 — 348 | 224 | 121.2 — 305.0 | 193.5 | 82.9 — 183.0 | 132.0 |
| KMnO ₄ Verbrauch | Hochmoor | 16.9 — 427 | 145 | 43.2 — 116.4 | 76.7 | 63.2 — 144.0 | 99.4 |
| | Niedermoor | 10.0 — 176 | 98 | — | — | — | — |
| | Übergangsmoor | 50.2 — 242 | 137 | 76.0 — 127.6 | 104.1 | 33.0 — 133.5 | 75.9 |
| NH ₃ | Hochmoor | Spur — 1.10 | 0.18 | 0.02 — 0.12 | 0.08 | 0.06 — 0.15 | 0.09 |
| | Niedermoor | — 0.31 | 0.16 | — | — | — | — |
| | Übergangsmoor | — 0.35 | 0.14 | 0.09 — 0.19 | 0.12 | 0.07 — 0.14 | 0.10 |
| N ₂ O ₅ | Hochmoor | Spur — 4.0 | 1.73 | 1.0 — 3.0 | 1.47 | 2.0 — 3.0 | 2.4 |
| | Niedermoor | — 4.0 | 2.10 | — | — | — | — |
| | Übergangsmoor | — 5.0 | 2.10 | 2.0 — 3.0 | 2.3 | 1.0 — 4.0 | 2.8 |
| SO ₃ | Hochmoor | 1.0 — 15.0 | 5.7 | 1.0 — 5.0 | 2.86 | 3.0 — 5.0 | 4.4 |
| | Niedermoor | 10.0 — 23.0 | 14.2 | — | — | — | — |
| | Übergangsmoor | 1.0 — 23.0 | 5.9 | 3.0 — 5.0 | 4.35 | 3.0 — 7.0 | 4.7 |
| SiO ₂ | Hochmoor | 2.0 — 14.7 | 6.6 | 4.0 — 15.0 | 9.47 | 5.0 — 10.0 | 6.6 |
| | Niedermoor | 6.0 — 9.5 | 7.9 | — | — | — | — |
| | Übergangsmoor | 3.0 — 17.6 | 8.0 | 6.0 — 11.0 | 8.2 | 7.0 — 10.0 | 8.8 |
| P ₂ O ₅ | Hochmoor | Spur — 1.10 | 0.23 | 0.06 — 0.20 | 0.13 | 0.04 — 0.11 | 0.07 |
| | Niedermoor | 1.26 — 1.45 | 1.33 | — | — | — | — |
| | Übergangsmoor | Spur — 1.37 | 0.85 | 0.22 — 1.00 | 0.45 | 0.03 — 0.24 | 0.14 |
| Cl | Hochmoor | Spur — 15.0 | 3.5 | 1.8 — 4.0 | 2.77 | 2.6 — 4.5 | 3.0 |
| | Niedermoor | 2.5 — 6.0 | 5.3 | — | — | — | — |
| | Übergangsmoor | 0.5 — 11.3 | 3.8 | 3.3 — 6.5 | 5.50 | 3.5 — 6.5 | 5.6 |
| Fe ₂ O ₃ | Hochmoor | 0.06 — 0.94 | 0.32 | 0.31 — 1.45 | 0.84 | Spur — 0.33 | 0.21 |
| | Niedermoor | 0.10 — 1.76 | 0.50 | — | — | — | — |
| | Übergangsmoor | 0.04 — 1.57 | 0.34 | 0.62 — 1.39 | 1.12 | Spur — 0.56 | 0.31 |
| K ₂ O | Hochmoor | 1.0 — 5.80 | 3.00 | 0.80 — 3.52 | 1.59 | 0.96 — 2.60 | 1.86 |
| | Niedermoor | 2.72 — 4.80 | 3.43 | — | — | — | — |
| | Übergangsmoor | 0.64 — 5.80 | 3.10 | 0.80 — 2.90 | 1.66 | 0.96 — 3.04 | 2.07 |
| Na ₂ O | Hochmoor | — | — | 0.97 — 2.30 | 1.68 | 1.22 — 3.78 | 2.35 |
| | Niedermoor | — | — | — | — | — | — |
| | Übergangsmoor | — | — | 0.80 — 2.70 | 1.90 | 1.12 — 4.02 | 2.60 |

mg pro Liter

Die Tabelle bezeugt, dass die Wässer der Sumpfseen Ostlettlands mehr organische Stoffe enthalten und daher auch brauner sind, als die Wässer in der Riga-Jelgava-Niederung und in den Gebieten des Westteils unseres Territoriums in der Nähe des Meeres. Auch der Trockenrückstand der Wässer ist im Ostteil Lettlands in den Hoch- u. a. Mooren grösser als im Westteil und in den Seen der Riga-Jelgava-Gegend. Durchschnittlich ist auch der Gehalt an NH_3 , P_2O_5 in den Wässern der Übergangs- und Hochmooren in Ostlettland grösser. Das Gegenteil ist in Bezug auf N_2O_5 zu verzeichnen, dessen Gehalt in den Wässern des betreffenden Moortypus in der Westgegend höher ist, als in der Ostgegend.

Analysen des Wassers der Seen an früheren und jetzigen *Trapa* Standorten. Die Substanzen sind in mg per Liter berechnet.

| Standort | Trockenrückstand | | Verbr. an KMnO_4 | HCO_3' | Cl' | SO_4'' | Fe'' | pH | Farbe |
|---|------------------|-------------|---------------------------|-----------------|-----|-----------------|------|-----|--------------------------------|
| | bei 110° C | nach Ausgl. | | | | | | | |
| Pakrata See. N-Teil, 75 cm tief am <i>Trapa</i> Standort, 11. XI 32 | 112 | 66 | 126 | 73 | 1.1 | Spuhr. | 0.3 | 6.7 | braungelb |
| Wie oben. 30 cm tief. 16. 7. 33 | 121 | — | 98 | 97 | 1.1 | " | 0.2 | 7.2 | " |
| Baznicas See bei Balvi. W-Teil, 30 cm tief. 18. 7. 33 | 134 | 79 | 111 | 85 | 0.4 | — | 0.3 | 7.1 | " |
| Stulves See. O-Teil, 40 cm tief. 24. 6. 33 | 135 | 62 | 80 | 128 | 0.4 | schwach Spuhr. | 0.1 | 7.4 | schwach gelblich |
| Viesites See. W-Teil, 30 cm tief. 20. 6. 33 | 145 | 66 | 87 | 61 | 0.7 | deutl. Spuhr. | — | 7.3 | " |
| Priekulanu See. SW-Teil. 30 cm tief. 21. 6. 33 | 153 | 79 | 100 | 122 | 0.7 | — | 0.3 | 7.1 | bräunlich-gelb |
| Klaucanu See. S-Bucht, 50 cm tief. 13. 9. 32 | 134 | 54 | 119 | 104 | 0.6 | Spuhr. | 0.4 | 7.1 | " |
| Klaucanu See. W-Bucht, 1 m tief. 13. 9. 32 | 138 | — | 123 | 104 | 0.6 | " | 0.5 | 7.1 | " |
| Klaucanu See. S-Bucht, 40 cm tief. 23. 6. 33 | 132 | 65 | 83 | 122 | 0.4 | " | 0.3 | 7.1 | " |
| Kilučtu See. W-Teil, 30 cm tief. 20. 8. 38 | — | — | 63 | 207 | 0.7 | — | 0.1 | 7.5 | schwach-gelblich, fast farblos |

Das Gesagte bezeugt, dass die Übergangs- und Hochmoorseen im Ostteil Lettlands eutroph sind, als im Westteil. Man kann behaupten, dass diese Erscheinung fast ausschliesslich durch das kontinentlere Klima in dieser Gegend zu erklären ist. Hier kann bemerkt werden, dass den *Trapa* Standorten eine Distrophie charakteristisch ist, welche sich mit einer gewissen Stufe der Eutrophie im Sinne der Nährstoffe, verbindet. Dies lässt vermuten, dass dieser Seetypus, der dem Wachstum der Pflanze angemessen ist, dem kontinentalen Klima der verschiedenen Gebiete des Ostteils Lettlands seine jetzige Existenz zu verdanken hat.

Der Vergleich der chemischen Zusammensetzung der Wässer der *Trapa* Standorte, bezeugt, dass in diesen Wässern:

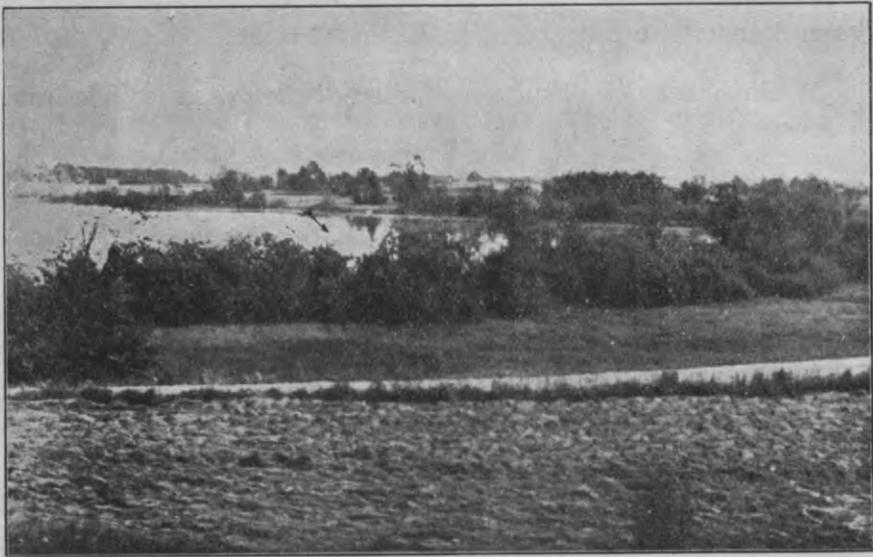
- 1) ein hoher Gehalt an organischen Stoffen (grosser Verbrauch an KMnO_4),
- 2) mittlerer oder geringer Gehalt an Trockensubstanz,
- 3) mittlerer oder geringer Gehalt an Bikarbonaten,
- 4) neutrale Reaktion und
- 5) braune Farbe, besteht.

Der Vergleich der einstigen *Trapa* Standorte im Stulves und Kilučiū See mit den jetzigen ergibt folgenden Unterschied:

- 1) grösserer Bikarbonatgehalt,
- 2) weniger organische Stoffe, weshalb das Wasser auch klarer ist,
- 3) alkalische Reaktion.

Eine Ausnahme bietet der Baznicas See bei Balvi, der sich nicht wesentlich von den jetzigen Standorten unterscheidet. Möglicherweise ist die Pflanze hier der menschlichen Tätigkeit wegen verschwunden, u. zwar, entweder durch direkte Ausrodung, oder durch die Ausrodung der Wälder. Dadurch hat sich das Mikroklima verschlechtert, nicht aber die chemische Zusammensetzung des Wassers. Auch das Wasser des Viesite Sees entspricht nicht völlig dem des Klaucanu Sees und des Pakrata Sees. Dadurch, — nehme ich an, — ist es auch zu erklären, dass die Pflanze, ungeachtet mehrfacher Versuche, sie hierher künstlich zu verpflanzen, hier zu keinem dauernden Gedeihen gekommen ist.

Der Priekulanu See ist verhältnismässig seicht (ca 1—1,5 m) und es ist leicht verständlich, dass die Wassernuss hierher aus dem Klaucanu See, der geringen Entfernung wegen, verschleppt worden ist (siehe Fliegeraufnahme p. 44). Der Charakter des Wassers ist hier dem des Klaucanu Sees ähnlich, doch langt die Zone der Wasserpflanzen des Ufers, der geringen Tiefe wegen fast bis in die Mitte des Sees. Daher ist hier auch der Gehalt an Bikarbonaten reichlicher und der See ist daher auch nicht mehr recht für das Wachstum der *Trapa* geeignet. Hier wächst die Pflanze in nicht grosser Zahl nahe vom SW- und W-Ufer.



SW-Teil des Priekulanu Sees, wo in geringer Zahl *Trapa* wächst (33).

Angaben über den Gehalt der Gyttja der jetzigen Standorte finden sich auf p. 68. Hier kann der Gehalt der Ćipka-Gyttja erwähnt werden, dessen Analyse Nomals (1930) geliefert hat, und der in Beziehung zu dem *Trapa* Fund steht. Das Profil der Gyttja ist auch pollenanalytisch datiert. In der nächsten Tabelle sind die Angaben verzeichnet. In der Analyse verrät das gesammte Profil seinen atlantischen Ursprung. Die Probe I entspricht dem Endabschnitt der atlantischen Zeit. *Trapa* Früchte sind in grösserer Anzahl in 2,10—2,40 m tiefer Schicht gefunden, was auch dem Endabschnitt der atlantischen Zeit entspricht.

Analyse der Gyttja bei Gipka nach Nomals (1933). Substanzen berechnet in %.

| | Tiefe in m | Organische Stoffe | Mineralstoffe | Asche in konzent. HCl | | | | | | | | |
|---|------------|-------------------|---------------|-----------------------|-----------|---|-------|-------|-----------------|-------------------------------|------------------|-------------------|
| | | | | Unlöslicher Rückstand | In Lösung | Fe ₂ O ₃ und Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | SO ₂ | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Na ₂ O |
| Holz-Gras - Torf, Holz, Farne, gemischt mit Diatomeen und Sand. | 1.90 | 86.976 | 13.024 | 6.038 | 6.986 | 2.903 | 1.986 | 0.409 | 1.052 | 0.124 | 0.15 | — |
| Übergang zur Gyttja-Schicht | 2.30 | 67.500 | 32.500 | 21.790 | 10.710 | 6.016 | 2.105 | 0.669 | 1.191 | 0.189 | 0.21 | 0.28 |
| Gyttja | 2.60 | 40.437 | 59.563 | 47.522 | 12.041 | 6.404 | 1.765 | 1.065 | 2.092 | 0.130 | 0.13 | — |
| | 2.80 | 41.870 | 58.130 | 47.360 | 10.770 | 6.708 | 1.056 | 1.026 | 1.032 | 0.129 | 1.73 | 0.25 |
| | 3.10 | 29.002 | 70.998 | 56.835 | 14.163 | 9.466 | 1.109 | 1.346 | 0.788 | 0.222 | — | — |
| | 3.30 | 26.220 | 73.780 | 57.350 | 16.430 | 9.508 | 2.140 | 1.572 | 2.866 | 0.142 | 0.69 | 0.36 |
| | 3.60 | 24.968 | 75.032 | 55.586 | 19.446 | 10.065 | 2.200 | 1.750 | 3.822 | 0.155 | — | — |
| | 3.80 | 24.650 | 75.350 | 57.840 | 17.510 | 9.952 | 2.300 | 1.930 | 1.601 | 0.141 | 0.69 | 0.31 |
| | 4.20 | 19.270 | 80.730 | 62.870 | 17.860 | 8.798 | 2.503 | 1.970 | 3.094 | 0.122 | 0.98 | 0.39 |
| 4.40 | 12.400 | 87.600 | 72.800 | 14.800 | 6.991 | 2.503 | 1.507 | 2.708 | 0.101 | 0.55 | 0.30 | |

In den mittleren Schichten sind nach Nomals (1932, p. 72) Chloride ca 0,7%. In der Schicht von 2,30—2,80 m durchschnittlich Stickstoff im Gesamttrockenrückstand 0,77%, im organischen Trockenrückstand dagegen 1,57%. In den tieferen Gytjtjaschichten ist der N-Gehalt grösser: von 3,10—3,60 m N im Gesamttrockenrückstand 1,25%, im organischen Trockenrückstand jedoch 4,66%.

Die Schicht mit *Trapa* Früchten ist besonders durch den grösseren Gehalt an organischen Stoffen charakteristisch. Hier ist im Gesamttrockenrückstand weniger Asche und lösliche anorganische Stoffe. In den organischen Stoffen ist der Gehalt an Schwefel herabgesetzt, der Gehalt an P₂O₅ ist dagegen grösser als in den unteren Gytjtjaschichten. Ähnlich wie Lindberg (1910) in Finnland gefunden hat, befindet sich das Gytjtja mit den *Trapa* Früchten über den Brackwasser-Ablagerungen.

Unter der Schicht der Gytjtja bei Gipka, in der die *Trapa* Früchte sich finden, befindet sich nach H. Skujas Diatomeenanalyse eine Schicht mit Brackwasserdiatomeen. Es ist anzunehmen, dass in dieser Zeit der See mit dem Meer verbunden gewesen ist. In dieser Schicht finden sich viel *Campylodiscus clypeus* und *C. echineus*, wie auch *Melosira islandica*; es zeigt sich auch *M. ambigua* und *M. granulata*. In tieferen Ablagerungen (am Anfang der Eutrophisation, als

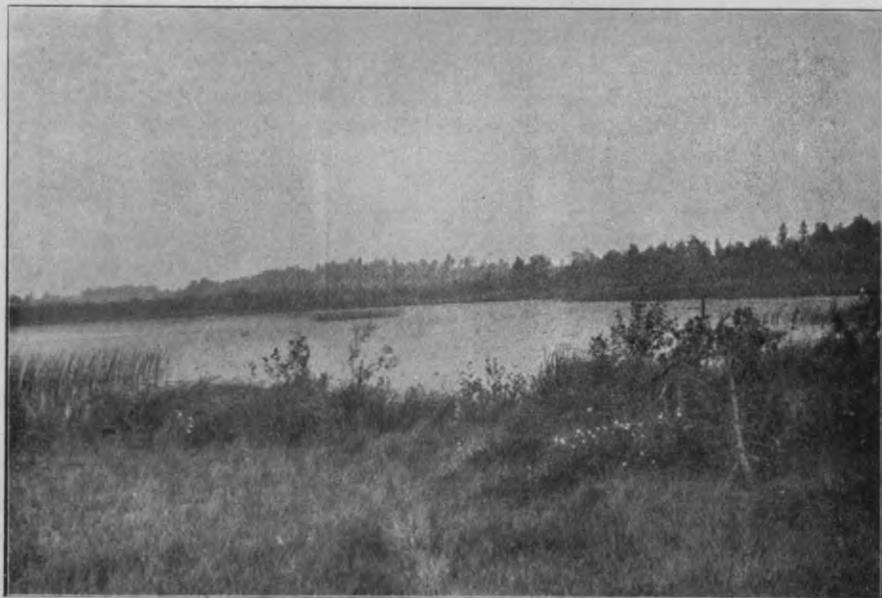
das Wasser noch klarer war) findet sich ein Maximum von *Pediastrum*-Arten. Die Ablagerungen des Klaucanu Sees sind, wie in Bezug auf den Diatomeenbestand (siehe Tab. p. 70 u. 71), so auch in Bezug auf die chemische Zusammensetzung, denen des Ćipka Sees ähnlich. Die Gyttja des Pakrata Sees weist mehr auf einen rein dystrophen Charakter des Wassers hin. In der Gyttja und in dem Boden der jetzigen *Trapa* Standorte finden sich wenige identifizierbare gröbere Pflanzenreste (auch *Potamogeton*, *Nymphaea* u. a. Samen), dann aber auch Diatomeen, Chitinreste, Nadeln und Pollenkörner.

Zwecks Vergleich sind in der folgenden Tabelle die Daten der Gytjjaanalysen der Standorte der *Trapa* in den Klaucanu, Pakrata, Kiluĉiu, Baznicas und Stulves Seen gegeben:

| | pH | Karb. CO ₂ ‰ | Humus CO ₂ ‰ | Farbe |
|--|------|----------------------------|----------------------------|----------|
| Pakrata See | 6.34 | 0.44 | 86.7 | braun |
| Baznicas See | 6.54 | 0.01 | — | " |
| S-Bucht des Klaucanu Sees | 6.74 | 2.76 | 83.0 | " |
| W-Bucht des Klaucanu Sees | 6.55 | 1.24 | 88.5 | " |
| Gyttja des Kiluĉiu Sees mit <i>Trapa</i> Früchten 30—40 cm unter d. Oberschicht | 6.95 | 0.43 | — | " |
| Kalksapropel des Kiluĉiu Sees aus 20 cm dicker Oberschicht | 8.05 | 7.08 | — | hellgrau |
| Gyttja des Stulves Sees | 7.0 | 0.03 | — | braun |

Die Angaben der Tabelle bezeugen, dass die Gytjja der einstigen und jetzigen *Trapa* Standorte neutral ist. Sie weist auch einen geringen Gehalt an Karbonaten auf. An verschiedenen Stellen im See kann der Gehalt an Karbonaten verschieden sein. Im Klaucanu See ist sie in der S-Bucht zweimal so gross wie in der W-Bucht. In letzterer entwickelt sich die *Trapa* besser. Besonders interessant war die Beobachtung der Gytjja im Kiluĉiu See bei Birži. Hier bilden die Ablagerungen eine ca 20 cm dicke Schicht mit sehr hohem Kalkkarbonatgehalt. Die Farbe dieser Ablagerungen ist hellgrau, Reaktionszahl pH 8,05. 30—40 cm unter diesem Kalksapropel oder Kalkgyttja befinden sich die typischen Gytjja Ablagerungen (neutral) mit *Trapa* Früchten. Auch die Ablagerungen des Stulve Sees sind kalkreicher als die früheren, worauf die hellere Farbe dieser Ablagerungen hinweist. An manchen Stellen im See wachsen jetzt auch *Chara*-Arten. Die Gytjja des Baznicas Sees unterscheidet sich wenig von dem des Pakrata oder Klaucanu Sees.

In der Gyttja des Pakrata Sees befinden sich mehrere Vertreter der dystrophen Gewässer, wie *Melosira*, *Eunotia*, *Surirella* und *Pinnularia* Arten und auch einige nordische Typen. Zu diesen gesellen sich trotzdem im Pakrata See und noch mehr im Klaucanu See verschiedene eutrophe Klarwasser- und kalkliebende Diatomeen, wie *Navicula*, *Cymbella*, *Rhopalodia* u. a. Diese Ähnlichkeit der



Das SW-Ufer des Stulves Sees mit *Scirpus lacustris*, *Nymphaea candida*, *Nuphar luteum* und *Potamogeton natans*. An diesem Ufer befindet sich ein Übergangsmoor mit *Betula humilis*. In der Mitte des Sees (Tiefe ca 1,0—1,5 m) ist ein *Scirpus lacustris* Bestand zu sehen.

jetzigen und einstigen Gyttja an den Standorten unserer Pflanze bezeugt, dass deren Beziehungen zu dem Milieu am Standort dieselben sind, wie vor einigen tausend Jahren, als die Pflanze in unser Territorium Einzug hielt.

Wenn wir, die Karte der Verbreitung der *Trapa* in Nord- und Mitteleuropa betrachten (siehe Gams 1927), so müssen wir feststellen, dass die Verbreitung der *Trapa* in Nord- und Mitteleuropa mit den Gebieten kontinentalen Klimas verbunden ist (z. B. in Mitteldeutschland und Schweden).

Diatomeen in der Gyttja (Oberschicht) an den
Trapa Standorten. Die Zahlen bedeuten relative Abundanz.

| | Gipka | Klaucanu See | Pakrata See |
|--|-------|-----------------|----------------|
| Centrales | | | |
| <i>Melosira ambigua</i> (Grun.) O. Müll. | 4 | 4 | 2 |
| " <i>Binderana</i> Kütz. | — | 2 | 5 |
| " <i>granulata</i> (Ehrnb.) Ralfs | 2 | 3 | 3 |
| " <i>italica</i> (Ehrnb.) Kütz. v. <i>subarctica</i> O. Müll. | — | — | 4 |
| " <i>islandica</i> O. Müll. ssp. <i>helvetica</i> O. Müll. | 1 | 2 | — |
| <i>Cyclotella comta</i> (Ehrnb.) Kütz. | 2 | 4 | — |
| " <i>Kützingiana</i> Thw. v. <i>Schumanni</i> Grun. | — | 2 | — |
| " <i>planctonica</i> Brunth. | — | 2 | — |
| Pennales. | | | |
| <i>Tetracyclus lacustris</i> Ralfs | — | — | 3 |
| <i>Fragilaria construens</i> (Ehrnb.) Grun. | 5 | 3 | 3 |
| " " var. <i>venter</i> (Ehrnb.) Grun. | 4 | 3 | — |
| " <i>virescens</i> Ralfs | 3 | 3 | 3 |
| <i>Eunotia pectinalis</i> (Kütz.) Rbh. | 2 | 3 | 2 |
| <i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kütz.) Rbh. | 3 | 3 | — |
| " <i>acuminatum</i> (Kütz.) Rbh. | 1 | 2 | 2 |
| <i>Caloneis Schumanniana</i> (Grun.) Cleve v. <i>biconstricta</i> Grun. | 2 | 2 | — |
| <i>Diploneis elliptica</i> (Kütz.) Cleve | — | — | 3 |
| " <i>ovalis</i> (Hilse) Cleve | 2 | 1 | 2 |
| <i>Stauroneis acuta</i> W. Smith | 1 | 1 | — |
| " <i>alabamiae</i> Heiden v. <i>angulata</i> Heiden | — | 3 | 3 |
| " <i>Smithii</i> Grun. | — | — | 2 |
| <i>Navicula americana</i> Ehrnb. | 3 | 2 | 2 |
| " <i>bacillum</i> Ehrnb. | 3 | 2 | 3 |
| " <i>cuspidata</i> Kütz. | 2 | 2 | 1 |
| " <i>oblonga</i> Kütz. | — | 3 | — |
| <i>Pinnularia Braunii</i> (Grun.) Cleve v. <i>amphicephala</i> (A. Meyer) Hust. | — | — | 1 |
| <i>Pinnularia cardinalis</i> (Ehrnb.) W. Sm. | 2 | — | 3 |
| " <i>Debesii</i> Hust. | — | 2 | — |
| " <i>gibba</i> Ehrnb. | — | 2 | 2 |
| " <i>hemiptera</i> (Kütz.) Cleve | — | — | 2 |
| " <i>legumen</i> Ehrn. | — | 1 | — |
| " <i>maior</i> (Kütz.) Cleve | 3 | — | 3 |
| " <i>nobilis</i> Ehrnb. | 3 | 3 | 3 |
| " <i>nodosa</i> Ehrnb. | — | — | 1 |
| " <i>viridis</i> (Nitzsch.) Ehrnb. | 3 | 3 | 4 |

| | Gipka | Klaucanu See | Pakrata See |
|---|-------|-----------------|----------------|
| <i>Cymbella cuspidata</i> Kütz. | — | 2 | — |
| „ <i>Ehrenbergii</i> Kütz. | 3 | 2 | 2 |
| „ <i>naviculiformis</i> Auersw. | — | 1 | — |
| „ <i>obtusiuscula</i> (Kütz.) Grun. | — | — | 2 |
| „ <i>tumida</i> (Bréb.) v. H. | 1 | 1 | — |
| <i>Gomphonema constrictum</i> Ehrnb. v. <i>capitata</i> (Ehrnb.) Cleve | 2 | 2 | 2 |
| <i>Epithemia turgida</i> (Ehrnb.) Kütz. | 3 | 3 | 3 |
| <i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrnb.) O. Müll. | 2 | 2 | 2 |
| „ „ v. <i>ventricosa</i> (Ehrnb.) Grun. | 2 | 2 | 1 |
| <i>Cymatopleura elliptica</i> (Ehrnb.) W. Smith | 3 | 2 | — |
| „ <i>solea</i> (Breb.) W. Smith | 3 | 2 | 2 |
| <i>Surirella biseriata</i> Breb. | 3 | 4 | — |
| „ <i>Capronii</i> Breb. | — | 4 | — |
| „ <i>elegans</i> Ehrnb. | 2 | 3 | 3 |
| „ <i>robusta</i> Ehrnb. | 3 | — | 3 |
| <i>Campylodiscus clypeus</i> Ehrnb. | 2 | — | — |
| „ <i>noricus</i> Ehrnb. v. <i>hibernica</i> (Ehrnb.) Grun. | — | 2 | — |

Im Schicksal der Pflanze in Nordeuropa haben, wie viele Forscher annehmen, die thermischen Bedingungen des Klimas eine bedeutende Rolle gespielt. Die Verbreitung der Arten *Corylus*, *Trapa*, *Najas* u. a. nach Norden hin im Nacheiszeitalter wird durch das Eintreten einer trocken-warmen Periode etwa vor 3000—5000 Jahren erklärt. Sernander, Post u. a. nehmen an, dass in dieser subborealen Zeit das Klima Schwedens dem des waldigen Mittelrusslands glich. Samuelsson (1915) versuchte die optimale Temperatur in diesem warmen Zeitalter zu berechnen und folgerte daraus, dass eine Steigerung um 1,5° gegenüber der jetzigen Temperatur und eine Verlängerung der Vegetationsperiode um 15 Tage völlig genügen würde, um die Verschiebung der Nordgrenze der *Corylus* und anderer Pflanzen in die Lage der warmen Nacheiszeit zu bewirken. Hiergegen hat Malmström (1920), durch einen Vergleich der Monatsmitteltemperatur im Nordteil Schwedens (Upland und Västmanl.) mit den jetzigen (unlängst ausgestorbenen) 2 *Trapa* Standorten in Småland und Schona gefunden, dass die Sommertemperatur sehr geringe, fast gar keine Schwankungen aufweist, dass dagegen die Differenz in der Frühjahr- und Herbsttemperatur sehr gross ist (siehe Tabelle p. 62). Da nun die Standorte im Klaucanu See und im Pakrata See

die nördlichsten in Europa sind, so entsteht die Frage, ob diese Standorte und die Erhaltung der Pflanze hier durch die klimatischen Verhältnisse bewahrt werden, wohl eingedenk der Tatsache, dass in Schweden und Westeuropa die Pflanze rapide ausstirbt, und zwar, wie anzunehmen ist, der ungeeigneten klimatischen Verhältnisse wegen. Vergleichen wir die mittlere Temperatur der Frühjahrs- und Sommermonate im Ostteil Lettlands (siehe Tab. p. 62) mit der jetzigen Temperatur derjenigen Orte in Schweden und Finnland, wo die *Trapa* im wärmeren Nacheiszeitalter ausgestorben ist, so ersehen wir, dass die mittlere Monatstemperatur zwischen Mai und September in Lettland bedeutend höher ist. So ist die mittlere Temperatur des Mai in Daugavpils, Jekabpils und Karsava um 2—3° höher als in den betreffenden Gegenden in Schweden und Finnland,

| | |
|-----------|---------------|
| Juni | ca 2,0° höher |
| Juli | ca 1,0° „ |
| August | ca 1,0° „ |
| September | 0,2° „ |

Folglich ist die Temperatur in Lettgalen jetzt um so viel höher als die in Schweden, ~~um~~ wieviel die Temperatur des subborealen Zeitalters nach der Meinung von Andersson, Sernander, Samuelsson u. a. höher war als jetzt. Wenn wir die Temperatur Ostlettlands mit der Temperatur Schwedens (Småland und Schona), wo die *Trapa* unlängst ausgestorben ist, vergleichen, so finden wir, dass die mittlere Temperatur des Sommers in den jetzigen Standorten der *Trapa* in Lettland um 1—3° höher ist, als in Schweden. Auch die Isothermen des Mai, Junis und Julis zeigen eine entschiedene Tendenz nach NO und NNO, was sich sichtlich an der Küste der Ostsee und des europäischen Russlands auswirkt. Da die höhere Temperatur im Frühjahr für die Wärme liebende Pflanze von grosser Bedeutung ist, der kalte Winter dagegen aber keine Rolle spielt, ist es auch leicht verständlich, weshalb sich die Pflanze in Lettland so weit nach Norden ausgebreitet hat und in Russland sich sogar bei Mologa bis 58°1' nördlicher Breite erstreckt.

Die Tatsache, dass in Osteuropa die Wassernuss sich viel weiter nach dem Norden erstreckt, als in Mitteleuropa, ist also dadurch zu erklären, dass in Osteuropa das Klima viel kontinentaler ist, d. h. dass der Frühling und Sommer hier viel wärmer sind und dass die jetzigen Standorte sich in einem Gebiet befinden, wo jährlich 60—70 Tage lang eine mittlere Temperatur über 15°C herrscht.

Wenn wir zur Definition der Kontinentalität die Differenz zwischen der Mitteltemperatur des kältesten und des wärmsten Monats nehmen, so sehen wir, dass die Kontinentalität ständig in der Richtung vom Baltischen Meer nach Osten hin zunimmt, resp. dass die Ozeanität entsprechend abnimmt. Die Wassernuss bedarf keines ausgesprochen kontinentalen Klimas, denn sie wächst ja auch an der Meeresküste in W- und S-Europa. Im Ostteil Nordeuropas ist das Klima kontinentaler und die mittlere Temperatur des Frühjahrs (Mai) und des Sommers ist höher, was der Keimung und der Entwicklung der Pflanze zugute kommt (siehe II. T. über die Bedingungen der Keimung). Diese Kontinentalität des Klimas mag auch eine gewisse Rolle in der Bewahrung der jetzigen Standorte in Osteuropa so weit im Norden spielen.

Wenn man die Tatsache berücksichtigt, dass das Aussterben der Pflanze nicht unbeanstandet durch die klimatischen resp. thermischen Verhältnisse allein erklärt werden kann (die Wassernuss stirbt auch in manchen Orten Südrussland aus; Tanfilieff erklärt dies durch eine Veränderung in der chemischen Zusammensetzung des Wassers im Laufe einer längeren Zeit, durch das Verwachsen und Verschlammten, was das Aussterben der Wassernuss fördern soll), so muss man zugeben, dass zur Erklärung dieser Erscheinung auch andere Ursachen herangezogen werden müssen, und zwar: eine Kombination klimatischer und edaphischer Verhältnisse.

Vergleicht man die früheren und jetzigen Verhältnisse der *Trapa* Standorte, so muss man sagen, dass:

1) Das Wasser der jetzigen Standorte enthält viel aufgelöste organische Stoffe, wenig oder nicht viel Bikarbonate. Die Reaktion des Wassers ist neutral oder schwach sauer.

2) Der Seeboden der jetzigen *Trapa* Standorte ist eine Gytta mit geringem Karbonatgehalt.

3) Dieselben Eigenschaften wurden für die einstigen *Trapa* Standorte gefunden.

4) In Seen, wo die *Trapa* verschwunden ist, sind mehr Bikarbonate, weniger organische Stoffe im Wasser und die Reaktion ist alkalisch. Die Tiefe dieser Standorte übertrifft nicht 1 m. Aber auch an den anderen Stellen der betreffenden Seen ist die Tiefe nicht über 1,5 m. Die Ablagerungen der Seen sind auch kalkig geworden (Kilučiu See).

5) In Lettland wie an anderen Orten Nordeuropas wächst die *Trapa* an solchen Orten, wo die mittlere Temperatur im Mai über 10°C ist. An den einstigen *Trapa* Standorten ist diese Temperatur jetzt unter 10°C.

6) Es finden sich noch heute den *Trapa*-Seen ähnlich Seetypen in Ostlettland, was darauf hinweist, dass in diesem Gebiet die für die *Trapa* günstigen Verhältnisse noch heute bestehen. Das weist darauf hin, dass die jetzigen Standorte der *Trapa* in Lettland und im übrigen Nord- und Mitteleuropa sich in kontinentalerem Klima erhalten haben.

Betrachtungen über die Verbreitung der Pflanze in Nord- und Mitteleuropa.

Lindberg (1910), Malmström (1920) und andere fanden, dass die *Trapa* in Skandinavien im Zeitalter des Ancyclus Sees eingewandert war und sich im Zeitalter des Litorina Sees, d. h. im Bronzezeitalter am meisten verbreitet hatte. Galeniekš - Linīna hat gefunden, dass die Pflanze bei Ģipka am Ende der atlantischen Zeit zu wachsen begonnen hat.

Man nimmt an, dass die Verbreitung der Pflanze von verschiedenen Wassertieren und grösseren Vögeln gefördert wurde. Mehrere Forscher glauben, dass der damalige Jäger und Fischer, der die Pflanze zur Verpflegung verwendete, sie bewusst für seine Zwecke verbreitet und kultiviert hat. Auch konnte das fließende Wasser der Flüsse ein Mittel der Verbreitung der Pflanze gewesen sein, weil *Trapa* auch in den Altwässern der Flüsse wächst. Die Beobachtungen über die jetzige *Trapa* lassen annehmen, dass die Möglichkeit der Verbreitung der Pflanze durch Säugetiere und durch die Kultur des Menschen bedeutend geringer zu werten ist als einst in der Vergangenheit.

Gams weist darauf hin, dass ausser den oben genannten Faktoren, die *Trapa*-Verbreitung noch durch die Eutrophie des Wassers, durch den Bedarf an grösserer Wärme und durch die Kalziphobie der Pflanze bestimmt wird. So erklärt auch Aario (1932 p. 169, cit. Samuelsson 1934) das Verschwinden der *Trapa* durch das Schwinden der Eutrophie der Seen. Er sagt: «Vielleicht ist das Zurückweichen dieser Art auch in Finnland vorzugsweise durch edaphische Faktoren bedingt gewesen, von denen die Verlagerung des

Nährstoffgehaltes im Boden infolge Auswachsung und Dy-Ablagerung, welche zunächst die Standorte von *Trapa natans* verschlechterte und dann zur Verwachsung von Gewässern und damit zur Vernichtung dieser Art führte, die wichtigsten waren.» Beim Vergleich der einstigen Standorte der *Trapa* in Lettland mit den jetzigen (siehe p. 61—73) ist beobachtet worden, dass diese Standorte der «Eutrophie», nicht in jeder Hinsicht entsprechen. Der Typus der *Trapa* Standorte entspricht wohl den Eigenschaften der Pflanze. Eine grössere «Eutrophie» der Seen in unseren Verhältnissen verbindet sich mit einem grösseren Gehalt an Kalk im Wasser und in Ablagerungen, was der Pflanze schädlich ist. Es ist auch im Experiment festgestellt worden (siehe Apinis 1939), dass die Pflanze sich am besten in einem Milieu mit pH 5,0—7,0 entwickelt. Aus diesem Grunde wächst die *Trapa* an der Grenze ihrer nördlichen Verbreitung an solchen Standorten, die genau optimal ihrer ökologischen Konstitution entsprechen. Diese Eigenart hat Gams beobachtet, indem er die Pflanze als kalziphob bezeichnet hat. Dies wird auch durch die Verbreitung der Pflanze bestätigt. So schreibt Samuelsson über die Verbreitung der Pflanze in Schweden: «Überhaupt fehlen *Trapa*-Funde im grossen und ganzen in den Gegenden, die die reichste eutrophe Wasserflora beherbergen, fast vollständig» (1934, p. 104). Ferner weist der Autor auf folgendes hin: «Hiermit stimmt auch der Umstand gut überein, dass ihre Gesellschaft im Immeln-See (wo sie noch 1913 gewachsen hat) keine deutlich eutrophen Züge zeigt, eher als oligotroph zu bezeichnen ist.» Dasselbe bezeugt Hård (1924), welcher findet, dass die Verbreitung der Pflanze in Südschweden im grossen ganzen einem mesotrophen Gebiet entspricht. Dennoch vermeidet es die Pflanze in Mergellehmgeländen zu wachsen, wie dies auch Samuelsson (1934) und andere gefunden haben. Auch in Lettland fehlt, wie den jetzigen so auch den einstigen Standorten der «eutrophe» Charakter. Sie weisen eher einen oligo- oder mesotrophen Charakter auf.

Die Pflanze besitzt auch eine andere charakteristische ökologische Eigentümlichkeit, auf welche Lindberg (1910) hinweist, und zwar, dass in den Gewässern des finnischen Ufergebiets die *Trapa* in der postglazialen Wärmezeit erst dann zu wachsen begann, nachdem sich diese Gewässer von dem Meer getrennt und das Wasser sich versüsst hatte. Auch bei Gipka wurden die *Trapa* Früchte in solchen Schichten gefunden, die sich in Süsswasser gebildet hatten, d. h. nachdem sich das Gewässer völlig vom Meer ge-

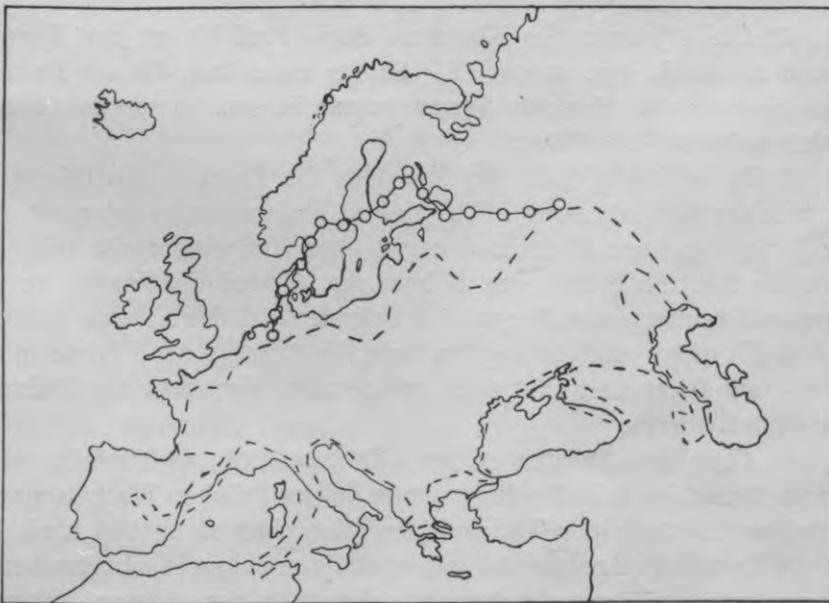
trennt hatte. Dies beweist die Analyse der Diatomeen. Die Empfindlichkeit der Pflanze gegen einen höheren Gehalt an Salzen, beschränkt, wie anzunehmen ist, deren Ausbreitung in Europa und Asien. So scheint das völlige Ausbleiben der Pflanze in einigen Gebieten des SO-Europas, eine Folge dieser Eigenschaft zu sein.

Die jetzige Verbreitung der Art ist ein Beweis dafür, dass die Pflanze eine wärmeliebende ist. Darauf weist auch der Umstand hin, dass die jetzigen natürlichen Standorte in Lettland sich hauptsächlich in einem Gebiet mit kontinentalerem Klima befinden, wie auch der Typus der Standorte selbst. ENQUIST (cit. GAMS 1927) hat als thermische nördliche Verbreitungsgrenze der Pflanze diejenige errechnet, wo im Laufe von 63 Tagen noch die Temperatur 22°C erreicht. JESSEN und MILTHERS (1928, cit. SAMUELSSON 1934, p. 102) schreiben: «It may be noted, that the northern limit for occurrence in historical times in North Germany more or less coincides with the July isotherm for 18°C.» Unsere jetzigen *Trapa* Standorte befinden sich auf dem 17°C Isotherm. Die nördliche Grenze der Verbreitung der Pflanze stimmt wohl mit der 16–18° Isotherm in N- und NO-Europa überein, nicht aber in W- und NW-Europa. Dies besagt aber, dass es nicht statthaft ist, die nördliche Verbreitungsgrenze der Pflanze allein durch die Isothermen u. a. klimatologischen Indexe zu bestimmen, solange die ökologischen Eigenschaften der Pflanze in Bezug auf diese Faktoren nicht bekannt sind. Darum sind auch die Veränderungen des Klimas in der Nacheiszeit durch Verwendung der früheren und jetzigen Verbreitung der Pflanze schwer zu errechnen, wie AARIO (1932) sagt: «Doch sind die Versuche, auf Grund des heutigen und früheren Vorkommens von *Trapa* den Betrag der Klimaverschlechterung zu berechnen nutzlos» (cit. SAMUELSSON 1934, p. 101). SAMUELSSON findet, dass die nördliche Verbreitung der Pflanze in Finnland und Schweden das jetzige 15,5° Isotherm erlangt hat. Auch zwei einstige *Trapa* Standorte in W-Lettland befinden sich zwischen der 15° und 16° Juli-Isothermen (MEYER und BAUMAN 1927).

SAMUELSSON hat in Skandinavien (1934) gefunden, dass *Trapa* ebenso wie die *Calla* die Tendenz hat, sich in kontinentalen Gebieten zu verbreiten. Wenn man die Tatsache berücksichtigt dass die *Trapa* Früchte erst dann keimen und sich weiter entwickeln wenn das Wasser im Mai eine Temperatur dauernd von 10–15°C erlangt hat (s. p. 32), so wird es verständlich, dass die Pflanze Gebieten mit kontinentalerem Klima, wie O-Lettland und andere Terri-

torien in Nordeuropa angepasst ist. Wenn wir die mittlere Temperatur an den früheren Standorten der Pflanze in Schweden, Finnland und Westlettland mit der mittleren Temperatur der jetzigen Standorte in Ostlettland vergleichen, so finden wir, dass eine bestimmte Differenz in der Kontinentalität, resp. der Ozeanität des Klimas besteht. Dies äussert sich besonders in der mittleren Temperatur der Monate Mai, Juni und Juli (Siehe p. 56).

Es kann nicht bezweifelt werden, dass der Mensch in Lettland im Stein- und Bronzezeitalter, und vielleicht auch noch später an der Existenz der Pflanze interessiert gewesen ist. Dasselbe wird durch Beobachtung in Skandinavien bezeugt (Auer 1924, Sundelin 1920). Darum ist anzunehmen, dass die einstige Verbreitung der Pflanze in Nordeuropa mit der Tätigkeit des Menschen verbunden ist. Eben ist es nicht möglich, die Bedeutung der Fürsorge des Menschen in der Verbreitung der Pflanze allseitig zu bestimmen; besonders aber die Bedeutung der Tätigkeit des Menschen für die Nordgrenze der *Trapa* im subborealen Zeitalter in Nordeuropa. Es steht auch ausser Zweifel, dass in einzelnen ökologisch angepassten Gewässern die Tätigkeit des Menschen zur Ursache der weiteren Verschiebung der Nordgrenze nach Norden hin gewesen sein mag.



Subboreale (o-o-o) und gegenwärtige (—) Verbreitungsgrenzen der *Trapa* in Europa (nach G a m s).

Doch setzte damals die Verteilung der thermischen Verhältnisse, ebenso wie jetzt, der menschlichen Tätigkeit die Grenze. Im allgemeinen erwartet der Mensch von jeder Kulturpflanze den besten Ertrag, den die Pflanze unter besten thermischen Verhältnissen zu geben vermag. Dies bezieht sich auch auf die *Trapa*. Daher stehe die besagte Rolle der Tätigkeit des Menschen in der Verbreitung der Pflanze nicht im Widerspruch zu den allgemein angenommenen Erkenntnissen über die Veränderung des Klimas im Nacheiszeitalter. Gams findet, dass die Kultur der Pflanze in manchen ihrer früheren nördlichen Verbreitungsgebieten jetzt nicht mehr möglich ist. Dies wird auch durch Beobachtung der Pflanze in natürlichen Verhältnissen bestätigt. Infolgedessen ist anzunehmen, dass die einstigen Standorte der *Trapa* in Westlettland, ebenso wie in anderen Küstengebieten Nordeuropas, wo jetzt eine grössere Ozeanität des Klimas herrscht, durch eine grössere Kontinentalität dieser Gebiete in der subborealen Zeit bedingt waren.

Zusammenfassung.

1) Die Pflanzen des Klaucanu Sees sind als zu den Formen *Trapa natans* L. ssp. *natans* (L.) Schinz zugehörig, die des Pakrata Sees aber zu den Formen *Trapa natans* L. ssp. *laevigata* (Nath.) Apinis gehörend zu stellen.

2) Es ist festgestellt worden, dass die Früchte der Pflanze in natürlichen Verhältnissen Mitte Mai zu keimen beginnen, wenn sich die Temperatur des Wassers dauernd über 10°C eingestellt hat. Die grössere Kontinentalität des Klimas im Ostteil Lettlands, wo die jetzigen Standorte der *Trapa* sich befinden, ist der Pflanze günstig.

3) Es muss bemerkt werden, dass die Früchte der Pflanze in der Stein- und Bronzezeit und noch später vom Menschen zur Nahrung verwendet wurden.

4) Über das Aussterben der *Trapa* wurde festgestellt, dass dessen Ursachen 1) in Veränderungen der natürlichen Wachstumsverhältnisse und 2) in der Tätigkeit des Menschen zu suchen sind.

5) Durch die Analyse der gegenwärtigen *Trapa* Wachstumsbedingungen wurde festgestellt, dass die Reaktion der Wässer schwach sauer oder neutral ist, mit geringen Mengen mancher Salze, aber grossen Mengen aufgelöster organischer Substanzen, weshalb die

Seen zu dem eutroph-distrophen Typus zu zählen sind. Die Ablagerungen der Seen bilden eine Gytta mit geringem Karbonatgehalt.

6) Die Untersuchung der chemischen Beschaffenheit der Wässer der einstigen *Trapa* Standorte ergibt, dass im Vergleich zu den jetzigen Standorten mehr Karbonate, weniger organische Substanzen und eine alkalische bis neutrale Reaktion herrscht. Die Tiefe der einstigen *Trapa* Seen ist jetzt nicht über 1—1,5 m.

7) Es wird die Vegetation der beiden Seen beschrieben. Die floristischen Untersuchungen ergeben, dass die einstigen Wachstumsverhältnisse der *Trapa* den jetzigen ähnlich waren.

8) Die Analyse der Klimaverhältnisse zeigt, dass die jetzigen *Trapa* Standorte Lettlands, wie auch in Nord- und Mitteleuropa, auf kontinentalere Gebiete fallen.

9) Bei Untersuchung der Verbreitung der Pflanze in Lettland wurde festgestellt, dass die Pflanze einst mehr verbreitet gewesen war, besonders in subborealer Zeit. Die subboreale Verbreitung der Pflanze auf dem Territorium Lettlands, wo jetzt ein ozeanischeres Klima herrscht, ist wahrscheinlich durch grössere Kontinentalität des damaligen Klimas dieser Orte zu erklären.

Literatur.

- Aario, L. Pflanzengeographische und paläogeographische Mooruntersuchungen in N-Satakunta. Fennia, V. 55, No. 1. Helsingfors 1932.
- Vegetation und postglaziale Geschichte des Nurmijärvi Sees. Ann. Bot. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo. Vol. 3, No. 2. Helsingfors, 1933.
- Andersson, G. Studier öfver Finnlands Torfmossar och kvartärflora. Bull. Comm. Geol. de Finlande. No. 8. 1898.
- En ny Fundort for subfossila nöther *Trapa natans* L. Bot. Notiser 1898.
- Die Entwicklungsgeschichte der skandinavischen Flora. Res. scient. du congr. int. de Bot. Wien, 1905.
- Swedish climate in the late Quaternary period. Stockholm. 1910.
- Apinis, Arv. Ezerrieksts. Daba un Zinātne. Rīgā 1935.
- Ezerrieksts Klaučānu ezerā. I. M. Skolu muzeja izdevums Rīgā, 1936.
- The Significance of Hydrogen-Ion Concentration on Germination of Spores and Development of some Mosses. Acta Horti Bot. Univ. Latv. XI/XII. 1939.
- Areschoug, W. G. On *Trapa natans* L., especially the Form now living in the Southernwest Part of Sweden. Journ. of Bot. 1873.
- Auer, V. Die postglaziale Geschichte des Vanajavesisees. Helsingfors 1924.

- Backman, A. L. u. Cleve-Euler, A. Die fossile Diatomaceenflora in Österbotton. Acta Forest. Fenn. V. 22. 1922.
- Barloti, J. Nokrišņi Latvijā no 1922.—1931. g. Lauksaimniecības Mēnešraksts No. 3. Rīgā, 1932.
- Pēdējo divu 30 gadu periodu vidējo gaisa temperatūru salīdzinājums. Lauks. Mēnešraksts No. 6. Rīgā, 1936.
- Gaisa temperatūra Latvijā. I daļa. Gaisa vidējā temperatūra. Lauks. Mēnešraksts. Rīgā, 1936.
- Baumanis, G. Latvijas klimats. Latvijas zeme, daba un tauta I. Rīgā, 1936.
- Chitrowo, W. Къ исторiи и биологии *Trapa natans* L. Kijev, 1905.
- Christiansen, W. Zur Geschichte der Wassernuss (*Trapa natans* L.) in Schleswig-Holstein. Mitt. der Geogr. Ges. u. Naturhist. Museum in Lübeck. 1924.
- Čelakovsky, L. Ueber die Frucht von *Trapa natans* L. Sitzungsber. der k. böhm. Ges. der Wiss. 4. 1873.
- Dokturowsky, W. S. Über die Stratigraphie der russischen Torfmoore. Geol. Fören. Förhandl. Bd. 47. 1925.
- Donat, A. Die Vegetation unserer Seen und die «biologischen Seentypen». Ber. deutsch. bot. Ges. Bd. XLIV, H. I, 1926.
- Eberle, G. Einiges über Wasser- oder Spitznuss (*Trapa natans*). Aus Natur und Museum. H. 6. 1926.
- Fleroff, A. Genus *Trapa* L., seine Verbreitung u. systematische Uebersicht. Bull. Bot. Jard. Rep. Russe T. 24. 1925.
- Generis *Trapae* revisio, systemat. et geographica. Ann. Inst. Polytechn. Novotscherkask. T. 10. 1926.
- Galenieks-Liniņš, M. New Localities with Fossil *Trapa natans* in Latvia. Acta Horti Bot. Univ. Latv. III, No. 2/3. Riga, 1928.
- Galenieks, P. Latvijas floras vēsture. Latvijas zeme, daba un tauta II. Rīgā, 1936.
- Gams, H. u. Nordhagen, R. Postglaziale Klimaänderungen u. Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa. München, 1923.
- Gams, H. Bearbeitung der Gattung *Trapa* in Hegi Illustr. Flora von Mitteleuropa. Bd. V, Teil 2.
- Die höhere Wasservegetation. Handb. der biol. Arbeitsmethoden IX, T. 2, H. 4. 1926.
- *Trapa*. Die Pflanzenareale. Reihe I, H. 3. 1927.
- Gilbert, M. Pollenanalytische Untersuchungen im Gebiet der reichen Moränenböden in NO-Kurzeme. Arbeiten aus der biologischen Forschungsstelle des Herder-Instituts zu Riga. No. 19. 1939.
- Gorczyński, Wl. Климат. атласъ главн. физич. обсерв. 1849—1899. Petersburg, 1900.
- et Kosinska, St. Température de l'air en Pologne. Warszawa 1916.
- Grosse, Fr. E. Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Onagraceen. In-Diss. Dresden, 1895.
- Grotans, A. Jauna ezerrieksta (*Trapa natans* L.) atradne. Chronika žurn. «Daba un Zinātne» Nr. 1. 1935.

- Hård, av Segerstad, F. Sydswenska florans växtgeografiska huvudgrupper. Akad. Avh. (Uppsala). Malmö, 1924.
- Iversen, J. Studien über die pH-Verhältnisse dänischer Gewässer und ihren Einfluss auf die Hydrophyten-Vegetation. Bot. Tidskr. B. 40, H. 4. 1929.
- Heil, H. Standortsverhältnisse für Wasserpflanzen im Naturschutzgebiet des Lamperheimer Altrheins. Notizbl. Hess. Geol. Landesanstalt. V. Folge, H. 19. Darmstadt 1938.
- Jacobsch, E. Ueber *Trapa natans* L. Verh. des bot. Ver. Prov. Brandenburg. Jahrgang 26. Berlin, 1885.
- Jäggi, J. Die Wassernuss, *Trapa natans* L. und der Tribulus der Alten. Zürich, 1883.
- Jessen, K. and Milthers, V. Stratigraphical and Paleontological Studies of Interglacial Freshwater Deposits in Jutland and Northwest Germany. Danmarks Geol. Undersøg. II. Raekke. No. 48. København, 1928.
- Klinge, J. Über den Einfluss der mittleren Windrichtung auf das Verwachsen der Gewässer. Englers botan. Jahrb. Bd. XI, H. 3. 1892.
- König, J. Die Untersuchung landw. wichtiger Stoffe. Bd. I. Berlin, 1923.
- Kotilainen, M. J. Zur Frage der Verbreitung des atlantischen Florenelements Fennoskandias. Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fennicae Vanamo. Tom 4, No. 1. Helsinki 1933.
- Kinzel, W. Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkernung I u. II. Stuttgart, 1913. u. 1920.
- Köppen, W. u. Geiger, K. Handbuch der Klimatologie Bd. III, T. 2. Berlin, 1932.
- Kryz, F. Ein Beitrag zur Kenntnis der Variation der Frucht von *Trapa natans* L. Oesterr. bot. Zeitschr. Bd. LVII, 1907.
- Kupffer, K. R. Grundzüge der Pflanzengeographie des Ostbaltischen Gebietes. Riga, 1925.
- Lancmanis, Z. Viesītes grants kosas. Daba un Zinātne. Nr. 4. un 5. Rīgā, 1934.
- Lehmann, Ed. Flora von Polnisch-Livland. 1896.
- Lindau G. Zur Geschichte der Spitznuss und des Kühnauer Sees bei Dessau. Verhandl. des bot. Ver. d. Prov. Brandenburg. Jahrgang XLVII. 1905.
- Lindberg, H. Phytopaleontologische Beobachtungen als Belege für postglaziale Klimaschwankungen in Finnland. Stockholm, 1910.
- Lundquist, G. Methoden zur Untersuchung der Entwicklungsgeschichte der Seen. Handb. der biol. Arbeitsmethoden Abt. IX, Teil. 2, H. 2, 1925.
- Ludwig, F. Die Küstenseen des Rigaer Meerbusen. Riga, 1908.
- Malmström, C. *Trapa natans* L. i Sverige. Svensk. Bot. Tidskrift. Bd. 14, 1920.
- Meschede, Fr. Die Wassernuss, *Trapa natans* L., eine im Aussterben begriffene Pflanze. Neununddreissigster Jahresb. des westfälischen Provinzialver. f. Wiss. u. Kunst. 1911.
- Meyer, R. Die Wasserführung der Düna. Korr.-Blatt. d. Naturf. Ver. zu Riga. LV 1912.
- Meyer, R. u. Bauman, G. Mittelwerte der Temperatur 1886.—1910. Beiträge zur Klimakunde des Ostbaltischen Gebiet I. Arbeiten des Meteorolog. Inst. der Univers. Lettlands No. 8. Riga, 1927.

- Meyer, R. u. Bauman, G.** Der Jahresgang der Temperatur 1886—1910. Beiträge zur Klimakunde des Ostbaltischen Gebietes II. Arbeiten des Meteorolog. Instituts der Univ. Lettlands. No. 14. Riga, 1930.
- Munthe, H.** Studies in the Late Quaternary history of Southern Sweden. Geol. Föreningens i Stockholm Förhandlingar, Bd. 32. H. 5. 1910.
- Nakano, H.** Beiträge zu Kenntnis der Variationen von *Trapa* in Japan. Englers Bot. Jahrb. Bd. I., 1913.
- Nathorst, A. G.** *Trapa natans*, huvudsakligen angående des hèreskomst inem Sverige. Botaniska Notiser 1884.
- Untersuchungen über das frühere Vorkommen der Wassernuss. Bot. Centralbl. Bd. XXVII. 1886.
- Om de fruktformen av *Trapa natans* L., som fordöm funnits i Sverige. Bih. Till. K. Svenska Vet.-Akad. Handlingar. Bd. 13, Afd. III, No. 10. 1888.
- Naumann, R.** See und Teich. Handbuch der biol. Arbeitsmethoden. Abt. IX, Teil 2, H. 1, 1921.
- Neuweiler, E.** Die praehistorische Pflanzenwelt Mitteleuropas. Zürich. 1905.
- Nomals, P.** Ģitijas nogulumi pie Ģipkas. Latv. Univ. Raksti. Lauksaimniecības fak. serija, I sējums. Rīgā, 1929/31.
- Purvu ezeru ūdeņi Latvijas austrumdaļā. L. U. R. Lauks. fak. ser. I, 16, Rīgā, 1931.
- Daži purvu ezeru ūdeņi Latvijas piejūras apgabalos. Latv. Univ. Raksti, Lauksaimn. fak. ser. II, 5, 1932.
- Daži purvu ezeru ūdeņi Rīgas un Jelgavas iedobumā un Kurzemes ziemeļaustrumu daļā. L. U. Raksti, Lauksaimn. fak. ser. II sēj. Nr. 14—21, Rīgā, 1935.
- Latvijas purvi. Latvijas zeme, daba un tauta, II d. Rīgā, 1936.
- Ozoliņa, E.** Über die höhere Vegetation des Usma-Sees. Acta Horti Botanici Univ. Latviensis VI, 1931.
- Regel, C.** Pflanzengeographische Skizze von Litauen. Fedde, Repert spec. nov. regni veget. Beihefte, Bd. LXI, 1930.
- Rubinstein, E.** Klima d. Union der Soz. Sowj.- Republ. I Teil. Atlas. 1927.
- Samuelsson, G.** Über den Rückgang der Haselgrenze und anderer pflanzengeographischer Grenzlinien in Skandinavien. Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala. Vol. XIII, 1915.
- Die Verbreitung der höheren Wasserpflanzen in Nordeuropa. Uppsala, 1934.
- Schalow, E.** Die Verbreitung der schlesischen Stromtalpflanzen. Verh. des Bot. Ver. der Provinz Brandenburg. LXIII, 1921.
- Schinz, H.** *Trapa natans* L. in der Schweiz und in Oberitalien. Vierteljahrsschrift der Naturforsch. Ges. in Zürich. Jahrg. 22. Bd. LII, 1907.
- Schroetter, C.** Contribution à l'étude des variétés de *Trapa natans* L. Arch. des Sciences phys. et nat. Vol. CIV. Geneve, 1899.
- Die Aufgaben der wissenschaftlichen Erforschung in Nationalparks. Handb. der biolog. Arbeitsmethoden Abt. XI, Teil I, 1922.
- Sernander, R.** Die Schwedischen Torfmoore als Zeugen postglazialer Klimaschwankungen. Stockholm, 1910.

- Siliņš, J. Izglītības ministr. Skolu muzeja apsargāj. dabas piemineklis — Klau-
cānu ezers. Izglītības ministr. mēnešraksts Nr. 7/8, Rīgā, 1932.
- Sleinis, I. Senāk Lubānas ezerā audzis ezerrieksts. Chronikā žurn. «Daba un zi-
nātne» nr. 1, 1937.
- Strautzels, T. Ezerrieksts Lubānas ezerā. Chronikā žurn. «Daba un Zinātne»
nr. 4, 1939.
- Sundelin, U. Undersökningar om sjönötens forna geografiska utbredning, inem
Götaland, Stockholm, 1919.
- Tanfiljeff, G. I. Къ вопросу о вымираніи *Trapa natans*. Вѣстникъ естествознанія.
1890.
- Thienemann, A. Das Leben der Binnengewässer. Handb. d. biologisch. Arbeits-
methoden. Abt. IX, Teil 2, H. 4, 1927.
- Thomson, P. W. Die regionale Entwicklungsgeschichte der Wälder Estlands. Dor-
pat, 1929.
- Tureson, G. *Trapa natans* L. im Altai-Gebiet. Botaniska Notiser, 1932.
- Wageler, E. Die chemische und physikalische Untersuchung der Gewässer für bio-
logische Zwecke. Handb. der biol. Arbeitsmethoden Abt. IX, Teil. 2,
H. I. 1923.
- Valters, E. Ein fossiler Fund von *Trapa natans* L. var. *muzzanensis* Jäggi in Lett-
land. Acta Horti Botanici Univ. Latviensis I, 1926.
- Wallén, A. Climate of Sweden. Stockholm, 1930.
- Weevers, Th. Relikte oder Pseudorelikte. Amsterdam, 1929.
- Westberg, G. Über eine botanische Ferienreise in das Gouvernem. Kowno. Korresp.
des Naturforscher-Fereins zu Riga. XLIII 1900.
- Wittrock, V. B. Einige Beiträge zur Kenntniss der *Trapa natans* L. Botan. Central-
blatt. Bd. XXXI, 1887.
- Zāns, V. Latvijas kvarters. Latvijas zeme, daba un tauta I, Rīgā 1936.
- Zariņš, E. Dzeramais ūdens, tā izmeklēšana un novērtēšana. Rīgā, 1932.

Untersuchungen über die Ökologie der *Trapa* L.

II. Teil.

Bedingungen der Keimung und Entwicklung der Pflanze.

Von
Arv. Apinis.

Inhalt.

| | | |
|--|----|---------|
| 1. Einleitung | p. | 84— 85 |
| 2. Arbeitsmethoden | „ | 85— 86 |
| 3. Entwicklungsphasen der Pflanze | „ | 86— 89 |
| 4. Über die Nachreife oder die Ruheperiode der Früchte | „ | 89— 95 |
| 5. Die Bedeutung der Temperatur für die Keimung der Früchte | „ | 95— 99 |
| 6. Die Bedeutung der Trockenheit für die Keimung der Früchte | „ | 99—100 |
| 7. Abhängigkeit der Keimung der Früchte vom Licht | „ | 100—101 |
| 8. Über den Einfluss einiger Gase auf die Keimung | „ | 101—103 |
| 9. Die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration für die Keimung der Früchte und die Entwicklung der Pflanze | „ | 103—129 |
| 10. Die Wirkung einiger organischer und anorganischer Verbindungen | „ | 129—139 |
| 11. Ökologische Bedeutung der Experimente | „ | 139—142 |
| 12. Zusammenfassung | „ | 142—143 |
| 13. Literatur | „ | 143—145 |

Einleitung.

Trapa ist eine vielerwähnte Pflanze, weil sie besonders als ein Indikator für die postglazialen Klimaschwankungen benutzt wird. Auch das Aussterben der Pflanze in den letzten zwei Jahrhunderten und zu Anfang der subatlantischen Zeit, hat grösseres Interesse erweckt. Die Systematik der Pflanze, ebenso wie ihre Anatomie, Verbreitung und Geschichte ist in allgemeinen Zügen gut erforscht. Doch ist das Schicksal der *Trapa* in ihren früheren Verbreitungsgrenzen, ebenso wie an den jetzigen Standorten nicht ohne Kenntnis ökologischer Eigenschaften der Pflanze verständlich. Diese Eigenschaften waren schon bei der Analyse der früheren und jetzigen Standortverhältnisse ersichtlich, was im ersten Teile dieser Arbeit dargelegt worden ist.

Besonders wenig ist die Keimung und Entwicklung der Pflanze experimentell untersucht. Beobachtungen über die Abhängigkeit

der Keimung von der Temperatur liegen schon bei Kerner (cit. Gams 1927), Gams (1927), Kinzel (1913) und Eberle (1926) vor. Über den Einfluss des Lichtes auf die Keimung der Früchte berichtet Kinzel (1913). Terasawa (1927) hat die Bedeutung einiger Gase (H_2 , O_2 , N_2 und CO_2) untersucht.

Die erwähnten Untersuchungen berühren jedoch nicht einige wichtige Eigenschaften, welche für die Entwicklung der Pflanze in natürlichen Verhältnissen von Bedeutung sind. Darum sind in dieser Arbeit folgende experimentelle Untersuchungen ausgeführt worden: 1) Über die Ruheperiode der *Trapa* Früchte, 2) Die Abhängigkeit der Keimung der Früchte von der Temperatur, 3) Der Einfluss des Lichtes auf die Keimung, 4) Die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration für die Keimung und Entwicklung der Pflanze, 5) Der Einfluss einiger organischer und anorganischer Verbindungen auf die *Trapa* Keimlinge.

Die Untersuchungen wurden im Institut für systematische Botanik und Morphologie der Pflanzen der Universität Lettlands, ausgeführt. Die Arbeit wurde vom Direktor des Instituts, Herrn Professor N. Malta freundlichst unterstützt, wofür ich ihm herzlich dankbar bin.

Arbeitsmethoden.

Für die Versuche wurden *Trapa* Früchte im Winter der Jahre 1933—38 aus dem Klaucanu See eingesammelt. Die Früchte dieses Sees gehören zu *Trapa natans* L. ssp. *natans* (L.) Schinz fo. *subcoronata* Nath., fo. *coronata* Nath., fo. *elongata* Nath., fo. *conocarpoides* Nath., und fo. *subconocarpa* Nath. Im X. Experiment wurden auch *Trapa natans* L. ssp. *laevigata* (Nath.) mihi Früchte des Pakrata Sees verwendet. Gewöhnlich ist in Kulturen einer grösseren Versuchsserie nur eine Fruchtform benutzt worden. In verschiedenen Versuchen wurde beobachtet, dass diese Formen keine merkbare physiologische Differenz aufweisen, sie verhalten sich nämlich im Experiment gleich. Darum wurden in einigen kleineren Versuchsreihen auch zwei Formen der Früchte in gleichbleibendem Verhältniss zu einander verwendet.

Nach dem Einsammeln im See, wurden die Früchte in folgender Weise sortiert. Gewöhnlich sind alle Früchte mit Perikarp keimfähig. Diese wurden zuerst abgesondert. Andere Früchte, deren äuss. Perikarp schon abgefallen war, wurden in Wasser gelegt. Schon aus-

gekeimte Früchte schwimmen dann auf dem Wasser, aber schwerere, keimfähige Früchte sinken zu Boden. Die schwimmenden Früchte wurden abgesondert und danach die schwereren durch Drücken des Fruchthalses zwischen Daumen und Zeigefinger geprüft. Bei den schwereren event. schon ausgekeimten Früchten lässt sich die Schale mehr oder weniger leicht eindrücken. Die keimfähigen *Trapa*-Früchte wurden in Wasser in einem kühlen Raum (Temp. 3—5°C) aufbewahrt. Vor der Verteilung in Kulturen wurden die Früchte von äuss. Perikarpresten befreit und mit Wasser mehrmals kräftig abgespült.

Zu den Experimenten wurden gewöhnlich weithalsige Erlenmeyerkolben aus Jenaer Glas benutzt, die mit Vaseline und Glasscheiben danach dicht abgeschlossen wurden. Für die Lösungen wurden Chemikalien bester Qualität («pro analysi») von E. Merck verwendet.

Die Azidität der Kulturlösungen wurde mittels Chinhydronelektrode am Anfang und Ende der Experimente bestimmt. In stark alkalischen Lösungen wurde diese mit Indikatoren im «Hellige» Komparator gefunden.

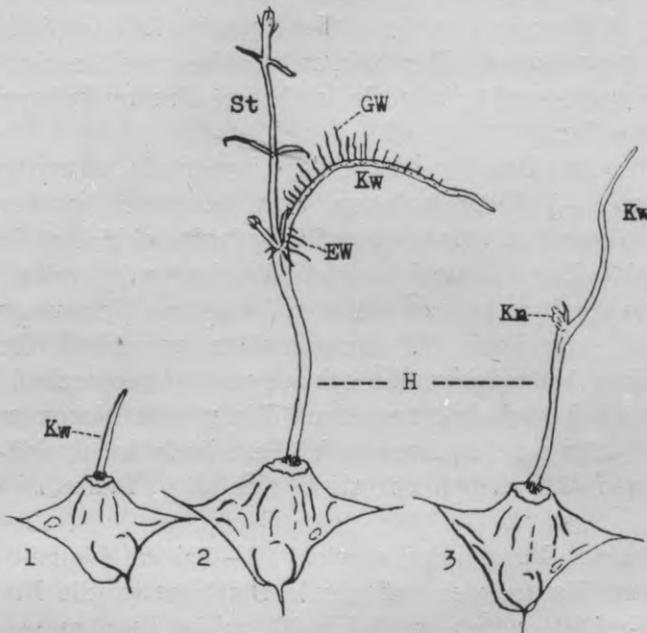
Die eigentümliche Morphologie der Früchte macht die Gewinnung der Keimlinge in Reinkultur unmöglich. Um diese Schwierigkeit zu überwinden und die Bakterienentwicklung herabzudrücken, wurden die Lösungen in Kulturen häufiger gewechselt. Die Kulturen sind immer am Nordfenster im Laboratorium bei Zimmertemperatur aufgestellt worden.

Die ersten Entwicklungsphasen des Keimlings sind von äusseren Ernährungsbedingungen wenig abhängig, weil die Frucht viel Reservestoffe enthält. Nach Milojkovič (cit. Gams) enthalten die reifen, lufttrockenen Fruchtkerne 10% Wasser, 2.8% Asche, bis 20% Rohprotein, 52% Stärke, 3.2% Dextrose, 9.4% Gerbstoffe u. a. Dieses Umstands wegen ist auch die experimentelle Arbeit ohne Anwendung der Reinkulturtechnik möglich, weil die Keimpflanze mit Nährstoffen aus der Frucht reichlich versorgt wird.

Entwicklungsphasen der Pflanze.

Die Morphologie der Keimlinge und deren Entwicklung haben bereits Barnéoud (1846), Sanio (1865), Wittrock (1887), Gibelli (1891) und Grosse (1895) beschrieben. Barnéoud teilte die Entwicklung der Pflanze in 7 Phasen ein. In letzterer Zeit beschrieb wiederholt die Keimung der Früchte auch Eberle (1927).

Die in den Beschreibungen gebrauchte Terminologie ist sehr verschieden. Um Missverständnissen in der Beurteilung der Beobachtungen im Experiment aus dem Wege zu gehen, gebe ich hier einen kurzen Umriss der Entwicklung der Pflanze, die, wie sie in den natürlichen Verhältnissen, so auch wiederholt an normalen Kulturen im Laboratorium, beobachtet wurde (siehe Abb.).



Erste (1), zweite (3), und dritte (2) Entwicklungsphase der *Trapa* Keimlinge. Kw — Keimwurzel, H — Hypokotyl, Kn — Stengelknospe mit Keimblättchen, St — Stengel, GW — grüne heliotropische Nebenwurzeln, EW — die echten positiv geotropischen Wurzeln.

I. Phase. Im Laboratorium bei Zimmertemperatur beginnen die Früchte der *Trapa* des Klaucanu Sees im Januar zu keimen. In den Keimporen zeigt sich vor allem die weiße Hauptwurzel. Die Hauptwurzel wächst negativ geotropisch und erreicht die Länge 1—3 cm. Im Lichte wird sie bald rötlich.

II. Phase. Das Hypokotyl, welches durch die Keimpore der Frucht das erste schuppenförmige Keimblatt nebst der Knospe des Stengels durchstößt, beginnt zu wachsen. In dieser Phase des Hypokotylwachstums setzt die Hauptwurzel noch einige Zeit ihr Wachstum fort, doch verringert sich dieses immer mehr, bis es, nachdem die

Länge von 5—7 cm erreicht ist, stillsteht. In dieser Phase erlangt das Hypokotyl die Länge von 10—12 cm und ist, gleich der Hauptwurzel, negativ geotropisch.

III. Phase. Das Wachstum des Hypokotyls wird langsamer. Die Knospe des Stengels wird grösser, und die kleinen rötlichen Blättchen, welche die Stengelknospe decken, beginnen sich zu entfalten. Die Hauptwurzel neigt sich wagrecht und beginnt, an der gebogenen Seite grüne (Chlorophyll in den Zellen), positiv heliotropische Nebenwurzeln zu schlagen. Die Nebenwurzeln, welche sich an einer Seite der Hauptwurzel entwickeln, stehen in Zusammenhang mit der Neigung derselben.

IV. Phase. Das Wachstum des Hypokotyls kommt zum Stillstand. Von 2—3 Stengelanlagen setzt eine ein rapides Wachstum in die Länge fort. Die übrigen Stengelanlagen bleiben im Wachstum zurück. Der Stengel bildet Knoten mit roten linealen Blättern. An der Hauptwurzel wachsen die grünen Nebenwurzeln noch ein wenig. An der Basis der Stengelanlage entwickelt die Hauptwurzel rötliche Wurzeln, die schnell positiv geotropisch wachsen und allmählich dunkel-violett werden. Die grünen Nebenwurzeln der Hauptwurzel hören zu wachsen auf. Vermittels der dunkel-violetten fadenförmigen Wurzeln befestigt sich die Pflanze im Substrat (Gyttja).

V. Phase. Der Stengel erreicht 70—120 cm Länge und bildet die über dem Wasser sich befindende Blattrosette (die Blätter sind oben braun-rötlich, unten grün) bis 20 cm im Durchmesser. Nicht selten verzweigt sich der Stengel am oberen Ende, indem er 1—2 Nebenzweige mit Blattrosetten bildet. Die linealen Blätter fallen ab und an deren Stelle bilden die Stengelknoten akropetal fadenförmig geschnittene grüne Blätter (manche Verfasser bezeichnen sie als Wurzeln). So vergrößert sich bedeutend die Assimilationsfläche der Pflanze zwecks besserer Ausnützung des Lichtes und der CO_2 des Wassers. In dieser Phase befestigt sich die Pflanze vermittels violetter fadenartiger Wurzeln gründlich im Substrat.

VI. Phase. Der Stengel erreicht seine definitive Länge (gewöhnlich 1,0—1,5 m, aber nicht selten auch 3 m) und dessen oberes Ende wird dicker. Es entwickeln sich Blütenknospen, die bald über dem Wasser 4 weisse, mit violetten Streifen versehene Kronblätter bilden. In gewisser Folge in wenigen Tagen öffnen sich und blühen die Blüten der Pflanze ab. Das Hypokotyl der Pflanze trennt sich von der Frucht, wo alle Substanzen bereits verwertet sind.

VII. Phase. Der Blütenboden mit den 4 Kelchblättern bildet die 4-stachelige Frucht mit fleischigem äuss. Perikarp. In dieser Zeit wird die Stengelspitze noch dicker und die Blattstiele erweitern sich in der Mitte blasenförmig.

VIII. Phase. Die reifen Früchte lösen sich ab und versinken im Wasser. Sind die thermischen Verhältnisse günstig, so bilden sich nicht selten an der Pflanze neue, kleinere, sekundäre Blattrosetten. Im Treibhaus wird diese Erneuerung der Blattrosetten 2—3 Mal beobachtet. In natürlichen Verhältnissen wird dieses gewöhnlich nicht beobachtet, da die Pflanze nach der Fruchtreife völlig eingeht.

IX. Phase. Die Nachreife der Früchte im See bei einer Temperatur 1,5—10,0°C.

Unter günstigen thermischen Verhältnissen im Mai dauern die ersten Entwicklungsphasen nur einige Tage. Auch ist die Entwicklung des Stengels eine schnelle. In natürlichen Verhältnissen (siehe I. Teil p. 26) dauern die Entwicklungsphasen I—IV etwa 3 Wochen. Das geschieht Dank den reichlichen im Keimblatt eingeschlossenen Vorräten an Reservestoffen. Von letzteren ist die junge Pflanze bis zur Blütezeit abhängig, weil in Kulturen in destilliertem Wasser die Pflanze sich bis zum Blühen entwickeln kann. Die Phase IX kann unter natürlichen Verhältnissen in zwei Abschnitte eingeteilt werden. Im ersten Abschnitt vom September bis Dezember geschieht bei niedriger Temperatur die Nachreife der Früchte im See (siehe p. 92). Nachher müssen die keimfähigen Früchte vom Januar bis Mai in der Gytja liegen, bis eine höhere Temperatur des Wassers eintritt.

Über die Nachreife oder die Ruheperiode der Früchte.

Crocker (1916) bemerkt, dass die lebenden Samen nicht keimen, wenn der Embryo nicht völlig entwickelt ist. Es tritt auch keine Keimung ein, wenn die Samenschale die Aufnahme des Wassers hindert, oder, wenn die umliegenden Gewebe und Schalen den Keimling im Wachsen mechanisch hindern. Ebenfalls tritt keine Keimung ein, wenn die Gewebe und Schalen des Samens den Wechsel von O₂ und CO₂ hindern. Ferner keimt der Samen nicht, wenn der Embryo oder dessen Teil sich im primären oder sekundären Ruhezustand befindet. Manchmal keimt der Same nicht, wenn der Embryo sich unter dem Einfluss nur eines der genannten Umstände befindet, oder aber, wenn diese Umstände kombiniert auftreten.

Eberle (1927) hat beobachtet, dass in Mitteldeutschland die

Trapa im April zu keimen beginnt, wenn das Wasser sich genügend erwärmt hat. Im Klaucanu See tritt die Keimung im Mai ein (siehe p. 97). Dies bedeutet, dass die Früchte, nachdem sie sich im Herbst von der Pflanze getrennt haben und im Wasser versunken sind, bis zum Frühjahr überwintern. Dies lässt auch annehmen, dass das Überwintern für die *Trapa* Früchte notwendig ist, d. h. dass sie sich während mehrerer Monate im Zustande der Ruhe befinden. Sollte man die Früchte in diesem Zustand in günstigere thermische Verhältnisse übertragen, so könnten sie auch da nicht keimen. Kerner (cit. Gams 1927) hat die Keimung der Früchte im Frühjahr beobachtet, nachdem sie den Winter hindurch in Zimmertemperatur gehalten worden waren (15—20°). Kinzel (1913) schreibt: «fast ebenso eigentümlich ist der Verlauf der Keimung, der bei der geprüften Art mit Unterbrechung von 7—10 Monaten 4 Jahre hindurch stets im Dezember seinen Anfang nahm. Die während dieser ganzen Zeit im Dunkeln unter Wasser gehaltenen Samen behielten ohne zu keimen, ihre Frische und Gesundheit vollkommen bei, keimten nach dieser langen Zeit belichtet, ebenso aus, wie frisch geerntete.» Diese Beobachtung zeigt, dass die Früchte, scheinbar einer längeren Ruheperiode bedürfen. In Treibhäusern und Aquarien habe ich wiederholt beobachtet, dass die dort gereiften Früchte nicht sofort keimfähig sind. Gleich- erweise keimen auch die Früchte in natürlichen Verhältnissen so- gleich nach deren Abtrennung von der Pflanze nicht. Die am 28. XII. 37 im Klaucanu See eingesammelten Früchte wurden ins Labo- ratorium gebracht und in einer Wasserkultur bei Zimmertemperatur untergebracht, wo sie erst am 19. I. 38 zu keimen begannen. Einige der im Dezember eingesammelten Früchte, welche bis zum 14. I. 39 in destilliertem Wasser vom 1—2°C gehalten worden sind, keimten in Wasserkulturen von Zimmertemperatur gebracht am 21. I. 39, d. h. nach 6 Tagen. Früchte, die im Klaucanu See Ende Januar eingesam- melt worden waren, zeigten bei Zimmertemperatur (15—20°) im Februar, März und April gute Keimfähigkeit. Die Früchte beginnen in grosser Zahl (80—90%) schon am nächsten oder nach nächsten Tage zu keimen. Die am 12. September 1938 eingesammelten Früchte des Klaucanu Sees, nachdem sie den Winter hindurch im Wasser von Zimmertemperatur (16—22°) aufbewahrt wurden, waren noch am 15. V. 39 nicht ausgekeimt. Die am 18. XII. 38 eingesammelten Früchte begannen auf dem Fensterbrett bei Zimmertemperatur (10—18°) am 4. I. 39 zu keimen. Zwischen der Keimfähigkeit der Früchte, die am 12. IX. resp. 18. XII. eingesammelt und sofort in

Zimmertemperatur gebracht wurden, liegt ein grosser Unterschied. Bei den Früchten der ersten Ernte war die Ruheperiode noch im Mai des nächsten Jahres nicht beendet, während bei denen der zweiten Ernte sie beendet war und die Früchte keimten. Diese Beobachtungen bezeugen, dass die *Trapa* Früchte einer Zeit der Nachreife bedürfen, die ca 4 Monate, von August bis Dezember, dauert.

Crocker (1915), Harrington (1923), Ransom (1935) verbinden die Nachreifung der Früchte und Samen mit Veränderungen in der Samenschale. Andere Forscher erklären diese Erscheinung durch biochemische Veränderungen im Embryo und Endosperm (Spaeth, 1934, Giersbach, 1934 u. a.). Deshalb wurden von manchen am 12. IX. eingesammelten Früchten die Hüllen entfernt, doch entwickelte sich der Keimling in Zimmertemperatur im Laufe einiger Tage nicht. Dagegen, konnte man bei den Früchten, bei welchen die Ruheperiode bereits vorüber war, nach Entfernung der Hülle ein Wachsen des Embryos bei Zimmertemperatur beobachten. Dies beweist, dass die Ursache der Ruheperiode im Embryo oder einem anderen Teil der Frucht, nicht aber in den Hüllen verborgen liegt.

Crocker (1930) nennt 86 Holzpflanzen, deren Samen eine Nachreifung nötig haben. Diese Ruheperiode unterbricht der Verfasser erfolgreich durch Stratifizierung des Samens bei 0—10°, indem er auch für gute Aeration, Feuchtigkeit etc. in dem Milieu sorgt. Diese Methode wird überhaupt in Gärtnereien angewandt, wenn Samen eine gewisse Nachreifung verlangen. Wie es nun allgemein bekannt ist, ist diese Erscheinung mit einer Notwendigkeit niedriger Temperatur im Milieu des Samens im Laufe einer gewissen Zeit verbunden. Hierdurch ist auch der Unterschied zwischen den oben genannten Früchten der *Trapa* zu erklären. Eine Anzahl der Früchte wurde früher eingesammelt und hatte noch nicht genügend in einer niedrigen Temperatur gelegen (am 16. X. 38 war die Temperatur am Seeboden, wo die Früchte überwintern ca 10°C). Die in dieser Zeit in Zimmertemperatur übertragenen Früchte keimten sogar im Mai 1939 nicht, weil die Nachreifung der Früchte nur in niedriger Temperatur möglich ist. Die am 18. XII. 38 eingesammelten Früchte (Wassertemperatur im See ca +3°C) hatten die Nachreifezeit bereits vollendet und keimten daher schon Ende Dezember bei Zimmertemperatur.

Temperaturmessungen der folgenden Tabelle zeigen die Verhältnisse der Nachreife der Früchte in natürlichen Bedingungen des Standorts im Klaucanu See im Winter 1937/38.

| | | |
|------------------------|---|--------|
| 16. X 38. 11.00 Uhr. | S-Bucht 1 m Tiefe | 9.5°C |
| | 2 " " | 10.0°C |
| | W-Bucht 1 " " | 9.6°C |
| | 2 " " | 10.0°C |
| 13. XI 37. | S-Bucht ca 50 Schritt vom Ufer | |
| | 0.2 m Tiefe | 4.7°C |
| | 1.0 " " | 3.8°C |
| | 1.5 " " am Boden | 3.8°C |
| | W-Bucht 0.1 " " | 3.9°C |
| | 1.0 " " | 3.8°C |
| | am Boden wo die Früchte überwintern | 3.9°C |
| 20. XII 37. 08.00 Uhr. | S-Bucht ca 30 Schritt vom Ufer, wo die Früchte sich am Boden befinden | |
| | 1.0 m Tiefe | 0.7°C |
| | 2.0 " " | 1.5°C |
| | 3.2 " " | 2.4°C |
| | W-Bucht (ca 70 Schritt vom Ufer) | |
| | 1.0 m Tiefe | 1.0°C |
| | 2.0 " " | 1.6°C |
| 17. I 38. 08.00 Uhr. | S-Bucht ca 50 Schritt vom sumpfigen Ufer, wo die Früchte sich am Boden befinden | |
| | 1.0 m Tiefe | 1.6°C |
| | 2.0 " " | 1.8°C |
| 30. I 38. 14.00 Uhr. | S-Bucht 1 m Tiefe | 1.4°C |
| | 2.5 " " | 2.0°C |
| | W-Bucht ca 30 Schritt vom sumpfigen Ufer, wo die Früchte am Boden überwintern | |
| | 1.0 m Tiefe | 1.4°C |
| | 3.0 " " | 2.0°C |
| 12. II 38. 16.00 Uhr. | W-Bucht ca 25 Schritt vom Ufer am selben Ort | |
| | 1.0 m Tiefe | 1.8°C |
| | 2.0 " " am Boden | 2.2°C |
| 27. II 38. | W-Bucht am selben Ort | |
| | 1.0 m Tiefe | 2.0°C |
| | 2.0 " " | 2.2°C |
| 13. III 38. 10.00 Uhr. | W-Bucht 1 m Tiefe | 2.2°C |
| 28. III 38. 07.00 Uhr. | S-Bucht 10 cm Tiefe | 4.4°C |
| | 1.0 m " " | 4.4°C |
| | 2.0 " " am Boden wo die <i>Trapa</i> Früchte liegen | 4.6°C |
| | W-Bucht 10 cm Tiefe | 4.0°C |
| | 2.5 m " " | 4.4°C |

| | | | |
|-----------------------|---------|-------------|-------|
| 3. IV 38. 17.00 Uhr. | S-Bucht | 0.5 m Tiefe | 4.0°C |
| | | 2.6 " " | 4.0°C |
| | W-Bucht | 0.5 " " | 4.0°C |
| | | 2.0 " " | 4.0°C |
| 14. IV 38. 16.00 Uhr. | S-Bucht | 1.0 m Tiefe | 4.8°C |
| | | 2.0 " " | 4.8°C |
| 27. IV 38. 12.00 Uhr. | S-Bucht | 1.0 m Tiefe | 6.4°C |
| | | 2.0 " " | 6.4°C |
| | W-Bucht | 1.0 " " | 6.6°C |
| | | 2.0 " " | 6.4°C |

Wie die Angaben der Tabelle zeigen, ist die für die Nachreifung der Früchte günstige niedrigere Temperatur vom Oktober bis April vorhanden. Wie bereits erwähnt, bedürfen die Früchte zur Nachreifung 4 Monate und einer Temperatur von 1—10°C (von September bis Dezember). In der zweiten Hälfte des Winters wird die Keimfähigkeit der Früchte noch etwas gesteigert, doch ist in diesem Zeitabschnitt die niedrigere Temperatur nicht mehr unbedingt erforderlich.

I. Experiment.

Um die Erforderlichkeit einer niederen Temperatur für die Nachreife der Früchte zu beweisen, wurden am 16. X. 38 eingesammelte Früchte je 5 in Flaschen mit breitem Halse in redestill. Wasser untergebracht und am 30. X. 38 in 3 Kammern mit a) +2 bis -3°C, b) -7 bis -8°C und c) -10°C gestellt. Je nach 2 Wochen wurde aus jeder Kammer eine Flasche mit den Früchten bei Zimmertemperatur (vorher 10 Stunden mit Temperatur von +10°C) zum Keimen gebracht. Zur Kontrolle wurden 25 Früchte in redestill. Wasser bei Zimmertemperatur (16—22°C) gebracht. Ab 15. I. 39 war die Temperatur in der Kammer (a) ca +2°C.

| | | |
|-----|-------------------------------|--------|
| 1 a | Vom 30. X. 38 bis 15. XII. 38 | -3°C, |
| 1 b | " " " " " " " " | -8°C, |
| 1 c | " " " " " " " " | -10°C. |
| 2 a | Vom 30. X. 38 bis 1. XII. 38 | -3°C, |
| 2 b | " " " " " " " " | -8°C, |
| 2 c | " " " " " " " " | -10°C. |
| 3 a | Vom 30. X. 38 bis 15. XII. 38 | -3°C, |
| 3 b | " " " " " " " " | -8°C, |
| 3 c | " " " " " " " " | -10°C. |

| | | | | |
|-----|-------------------|---------|----|--|
| 4 a | Vom 30. X. 38 bis | 2. I. | 39 | $-3^{\circ}-0^{\circ}\text{C}$, |
| 4 b | " " " " " " | " " | " | -8°C , |
| 4 c | " " " " " " | " " | " | -10°C . |
| 5 a | Vom 30. X. 38 bis | 15. I. | 39 | -3° und 0° $-+2^{\circ}\text{C}$, |
| 5 b | " " " " " " | " " | " | -8°C , |
| 5 c | " " " " " " | " " | " | -10°C . |
| 6 a | Vom 30. X. 38 bis | 31. I. | 39 | -3° und 0° $-+2^{\circ}\text{C}$, |
| 6 b | " " " " " " | " " | " | -8°C , |
| 6 c | " " " " " " | " " | " | -10°C . |
| 7 a | Vom 30. X. 38 bis | 15. II. | 39 | -3° und 0° $-+2^{\circ}\text{C}$, |
| 7 b | " " " " " " | " " | " | -8°C , |
| 7 c | " " " " " " | " " | " | -10°C . |

An genannten Tagen wurde eine Flasche aus jeder Kammer in die Zimmertemperatur ($16-22^{\circ}$) gebracht, um die Früchte auf Keimfähigkeit zu prüfen.

1) Prüfung am 5. I. 39. In Flasche 3a haben 2 Früchte 6 und 10 cm lange Keimlinge. In dieser Flasche begannen die Früchte am 1. I. 39 zu keimen. In Kulturen 1—4 b c keimten die Früchte nicht.

2) Bei Überprüfung derselben Kulturen am 12. II. 39 wurde gefunden, dass in Kammer 3a 2 Früchte früher ausgekeimt waren. Die Früchte der Kultur 4a haben 1—2 cm lange Keimlinge. Diese fingen am 10. II. 39 auszukeimen an. In den anderen 1—4 b c Flaschen wurde keine Keimung beobachtet.

3) Bei Prüfung der Flaschen a b c Nr. 1—5 am 23. I. 39 wurde gefunden, dass in den Kulturen a b c in der Keimung der Früchte keine Veränderung stattgefunden hatte, in der Kultur 5a aber waren die Keimlinge an 3 Früchten 3—4 cm lang. In letzter Kultur fingen die Früchte am 20. I. 39 zu keimen an. In den Kulturen Nr. 5 b c keimten die Früchte nicht.

4) Bei Prüfung am 11. II. 39 wurde gefunden, dass in den Kulturen 1—5 a b c keine Veränderungen in der Zahl der ausgekeimten Früchten stattgefunden hatten. In der Kultur 6a hatten 3 Früchte 3—5 cm lange Keimlinge, dagegen keimten 6 b c nicht. In der Kultur 6a begannen die Früchte am 8. II. 39 zu keimen.

5) Bei Prüfung der Kulturen 1—6 a b c am 23. II. 39 wurde gefunden, dass die Zahl der ausgekeimten Früchte dieselbe ist, wie in der vorherigen Kontrolle. Nr. 7a hat bei 3 Früchten 1—3 cm lange Keimlinge. Hier begannen die Früchte am 21. II. 39 zu keimen. In Kultur 7 b c keimen die Früchte nicht. In dem Kontrollgefäß wur-

den die Früchte bei Zimmertemperatur vom 30. X. 38 an aufbewahrt. Keine der 25 Früchte keimte am 23. II. 39. Diese Früchte keimten auch am 15. V. 39 nicht.

Das Ergebnis des Experiments ist, dass 1) Die *Trapa* Früchte, um eine Keimfähigkeit zu erlangen, eine 4 Monate lange Nachreife benötigen, 2) die Nachreife ging vor sich, bei einer Temperatur von -3° , 0° bis $+2^{\circ}\text{C}$, 3) diese Temperatur herrscht auch in dem natürlichen Standort, wo die Früchte überwintern (siehe Tab. p. 92), 4) Die Ruheperiode resp. die Nachreife verläuft stufenweise (vergl. in Kulturen 3a und 4a ausgekeimte Früchte). Die Ruheperiode der Früchte ist Mitte Dezember völlig beendet (in Kultur 4a keimten aus allen 5 Früchten 4). 5) In einer Temperatur von -8 bis -10°C verlieren die Früchte schnell die Keimfähigkeit und sterben ab.

Ausserdem versuchte ich die Ruheperiode der Früchte zu unterbrechen, indem ich sie durch eine niedere Temperatur im Laufe einer kurzen Zeit (1—3 Tage) beeinflusste (ca -10°C), jedoch ohne Erfolg. Auch ein saueres Milieu (pH 3,5 in Phosphat+Phosphorsäure) und ein alkalisches Phosphat pH 8,4 kann die Nachreifung der Früchte nicht merklich beschleunigen. Nur gegen Ende der Nachreifezeit mag die Alkalität des Milieus eine gewisse Rolle in der Geschwindigkeit der Keimung spielen (siehe p. 109).

Früchte, die am 16. X. 38. bis zum 15. IV. 39. eingesammelt und in Zimmertemperatur gehalten worden waren, dienten zu Versuchen mit Heteroauxinlösung in Konzentrationen 1/400 mol., 1/2000 mol., 1/50.000 mol., 1/250.000 mol., und 1/1250.000 mol. Ich brachte am 15. IV. 39. je 3 Früchte in die Kulturen. Bei Prüfung aller Kulturen am 15. V. 39 wurde in keiner Keimung festgestellt. Auch diese letzteren Experimente bestätigen die Annahme über die Erforderlichkeit einer niederen Temperatur für die Nachreife der *Trapa* Früchte.

Die Bedeutung der Temperatur für die Keimung der Früchte.

Wie früher bewiesen worden ist, schliesst die Periode der Nachreife der *Trapa* Früchte Ende Dezember bei einer Temperatur von $1,5-10^{\circ}\text{C}$ ab. Wie weiter aus der Tabelle p. 92 ersichtlich, herrscht eine Temperatur von $1,5-5,0^{\circ}\text{C}$ in natürlichen Verhältnissen auch von Januar bis April. In dieser Entwicklungsphase wäre im See eine

höhere Temperatur für die Weiterentwicklung der Früchte, resp. deren Keimung erforderlich.

Kerner (cit. Gams 1927) hat beobachtet, dass die *Trapa* Früchte in Zimmertemperatur (15—20°C) im Frühjahr keimen. Eberle (1927) hat festgestellt, dass die Früchte in Aquarien keimen, wenn die Temperatur sich dauernd über 15°C hält.

Leider hatte ich zu meiner Verfügung keine Thermostate, die mir die dauernde genaue Aufrechterhaltung der niederen und auch höheren Temperatur ermöglichten. Ich stellte am 5. III. 39 ein Experiment mit den zur Verfügung stehenden Mitteln an, und zwar mit 5 verschiedenen Temperaturstufen. Eine niedrigere Temperatur (6—8° und 9—10°C) erzielte ich durch dauerndes Fließenlassen des Leitungswassers über die Gefässe mit den Früchten. 2 Gefässe brachte ich im Zwischenfensterraum unter, wo durch die Schwankungen der äusseren Lufttemperatur auch einige Schwankungen sich in den Kulturen merklich machten (5—9°C). 2 Gefässe mit Früchten brachte ich im Laboratorium an verschiedenen Stellen unter (die Temperatur schwankte zwischen 19—22°C). Ein Gefäss brachte ich im Thermostat mit einer Temperatur von 30—31°C. In jedes Gefäss mit Thermometer legte ich 10 keimfähige Früchte hinein. Die Temperatur in den Gefässen wurde 5 mal Täglich notiert.

Bei der Prüfung der Kulturen nach 2 Tagen am 7. III. 39 fand ich die Früchte im Thermostat völlig ausgekeimt mit 0,1—1,0 cm langen Keimlingen. In den anderen Gefässen fand ich keine Keimung. Am nächsten Tage (8. III. 39) wurde gefunden, dass in der Zimmertemperatur (16—22°C) sich befindende Früchte je 4—5 in jeder Kultur ausgekeimt waren. In den anderen Kulturen in denen die Temperatur nicht 10°C überstieg, stellte sich keine Keimung ein. Bei der Prüfung der Kulturen in Zimmertemperatur am 14. III. 39 wurde gefunden, dass in einer Kultur 6, in der anderen 7 Früchte gekeimt hatten. In den im Thermostat untergebrachten Kulturen war die Zahl der ausgekeimten Früchte dieselbe, wie in der vorhergehenden Kontrolle. In Kulturen, wo die Temperatur 10°C und niedriger war, haben die Früchte nicht gekeimt. In einer Kultur, die sich bei der Temperatur von 9—10°C befand, wurde diese am 27. III. 39 bis 12—13°C erhöht. In diesen Kulturen konnte man schon nach 36 Stunden beobachten, wie aus den Keimporen sich kleine Keimwurzeln zeigten. Darauf wurde die Temperatur wieder auf 9—10°C abreguliert. Nach 4 Tagen konnte man bemerken, dass das Wachstum der Keimwurzeln nicht fortgesetzt hatte, sondern völlig stehen geblieben war. Bei

Eintritt der wärmeren Witterung stellte sich in den Kulturen im Zwischenfensterraum vom 7.—9. IV. 39. eine Temperatur vom 12,0—12,5°C ein. Auch in diesen Gefäßen konnte man am 9. IV. 39 einige keimende Früchte bemerken. Vom 10.—15. IV. 39 schwankte die Temperatur in den Gefäßen zwischen 11,5° und 12,4°C. Hier war das Wachsen der Keimlinge dementsprechend nur langsam (in 6 Tagen erreichte die Länge der Keimlinge 1 cm). Diese Beobachtungen zeugen dafür, dass die Keimung der Früchte erst dann eintritt, wenn die Temperatur des Wassers mindestens 12°C ist.

Zur Klärung der Abhängigkeit der Keimung der Früchte von der Temperatur in natürlichen Verhältnissen wurden Beobachtungen im Klaucanu See im Frühjahr (April und Mai) 1938 angestellt. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle der Beobachtungsergebnisse für die Keimung der *Trapa* Früchte im Klaucanu See im Frühjahr 1938.

| Zeit der Beobachtung | Temperatur des Wassers | | Keimung der <i>Trapa</i> Früchte |
|-------------------------|------------------------|--------------------|---|
| 3. IV 38. 17.00 Uhr | Südbucht | 0.5 m Tiefe 4.0°C | Keine Keimung |
| | | 2.0 " " 4.0°C | |
| | Westbucht | 0.5 " " 4.0°C | |
| | | 2.0 " " 4.0°C | |
| 14. IV 38. 16.00 Uhr | Südbucht | 1.0 m Tiefe 4.8°C | " — " |
| | | 2.0 " " 4.8°C | |
| 24. IV 38. 16.00 Uhr | Südbucht | 1.0 m Tiefe 6.4°C | " — " |
| | | 2.0 " " 6.4°C | |
| | Westbucht | 1.0 " " 6.6°C | |
| | | 2.0 " " 6.4°C | |
| 1. V 38. 16.00 Uhr | Südbucht | 1.0 m Tiefe 13.0°C | " — " |
| | | 2.0 " " 12.8°C | |
| 15. V 38. 08.00 Uhr | Südbucht | 1.0 m Tiefe 12.6°C | In beiden Buchten beginnen die Früchte zu keimen. Länge der Keimlinge 0.2—1.0 cm. |
| | | 2.0 " " 12.0°C | |
| | Westbucht | 1.0 " " 12.6°C | |
| | | 2.0 " " 12.4°C | |
| 24. V 38. 19.00 Uhr | Südbucht | 1.0 m Tiefe 17.0°C | |
| | | 2.0 " " 16.0°C | |
| 30. V 38. 18.00 Uhr | Südbucht | 1.0 m Tiefe 16.6°C | Länge der Keimlinge 12—17 cm in beiden Buchten. Stengel beginnen zu wachsen (ca 1.0 cm lang). |
| | | 2.0 " " 16.4°C | |
| | Westbucht | 1.0 " " 16.8°C | |
| | | 2.0 " " 15.6°C | |

Wie die Angaben dieser Tabelle zeigen, beginnt die Keimung im See erst dann, wenn die Temperatur des Wassers sich dauernd auf über 12°C einstellt. Am 1. Mai keimten die Früchte nicht, weil die besagte Temperatur zu kurze Zeit angehalten hatte (1—2 Tage). Daraus folgt aber, dass die Temperaturverhältnisse und die Keimung in natürlichem Milieu genau denen im Laboratorium entsprechen. Zur Untersuchung der Resistenz der Früchte in niedriger Temperatur wurde das folgende Experiment angestellt.

II. Experiment.

Am 5. I. 38 brachte ich in geschlossenen breithalsigen Flaschen mit redestilliertem Wasser je 5 keimfähige Früchte unter. Die Flaschen wurden in 3 Kammern mit konstanter Temperatur gestellt. Die Temperatur der I. Kammer war $0—+1^{\circ}\text{C}$. Die der II. Kammer betrug -7°C (kurzfristige Schwankungen der Temperatur wurden vom Thermograf von -6° bis -8°C registriert). Die Temperatur der III. Kammer war -9 bis -10°C (kurzfristige Schwankungen von -9° bis -11°C). Am 24. I. 38 wurden die Früchte aus den Kammern herausgenommen und im Zwischenfensterraum mit Temperatur $0—+4^{\circ}\text{C}$ untergebracht, wo das Eis in den Flaschen schmolz. Am 26. I. 38 wurden die Früchte enthaltenden Flaschen bei einer Temperatur von 10°C ans Fenster und am 27. I. 39 im Laboratorium zum Keimen bei einer Temperatur von $15—18^{\circ}\text{C}$ aufgestellt. Die Ergebnisse der Prüfungen sind in folgender Tabelle verzeichnet.

Früchte aus I. Kammer ($0^{\circ}—+1^{\circ}\text{C}$) vom 5.—24. I. 38.

- a) Prüfung am 7. II. 38. 3 Früchte mit 0,3 cm langen Keimwurzeln.
 1 „ „ 0,6 „ „ „
 1 „ keimt nicht.
- b) Prüfung am 13. III. 38. Alle 5 Früchte ausgekeimt.
- c) Prüfung am 29. III. 38. Wie vorige.

Früchte aus II. Kammer ($-6^{\circ}—-8^{\circ}\text{C}$) vom 5.—24. I. 38.

- Prüfung am 7. II. 38. Früchte keimen nicht.
 „ „ 13. III. 38. 2 Früchte mit 1 cm langen Keimwurzeln.
 3 „ keimen nicht.
 „ „ 29. III. 38. Zahl der ausgekeimten Früchte wie vorher.
 „ „ 15. VI. 38. Wie vorige.

Früchte aus III. Kammer ($-9^{\circ}—-10^{\circ}\text{C}$) von 5.—24. I. 38.

- Prüfungen am 7. II. 38, }
 13. III. 38, } Keimende Früchte sind nicht beobachtet.
 29. III. 38 }
 und 15. VI. 38. }

Das Versuchsergebnis ist, dass eine Temperatur von ca 0° den Früchten nicht schädlich ist. Eine Temperatur von —7° vermindert schon bedeutend die Keimfähigkeit der Früchte; jedoch verlieren die Früchte völlig ihre Keimkraft, wenn sie sich 20 Tage lang in einer Temperatur von —9 bis —10°C befinden. Daher kann die geringe Resistenz der Früchte gegen niedrige Temperatur auch die Ursache des Aussterbens der Pflanze in seichten Gewässern, die im Winter ganz einfrieren, sein. Auch das Fehlen der Pflanze in seichteren Stellen in den Seen wird dadurch verständlich. Hier könnte die niedrige Temperatur die Keimkraft der Früchte eliminieren.

Die Bedeutung der Trockenheit für die Keimung der Früchte.

Die Samen verschiedener Wasserpflanzen keimen im Wasser und weisen eine grosse Empfindlichkeit der Trockenheit gegenüber auf. Auch die *Trapa* Früchte vertragen keine Austrocknung. Nakajima (1926) hat gefunden, dass, wenn die Früchte in der Sonne austrocknen, sie schon nach wenigen Tagen die Keimfähigkeit verlieren. Terasawa (1927) hat beobachtet, dass die Früchte schlecht keimen, wenn sie auch feucht sind, nicht aber im Wasser liegen.

III. Experiment.

Am 31. III. 38 verteilte ich 21 keimfähige Früchte in 7 Gruppen je 3 Stück. Die Früchte wurden auf den Tisch bei Zimmertemperatur zum Trocknen gelegt (15—20°C; rel. Luftfeuchtigkeit ca 75%). Die Früchte lagen darauf 1, 3, 6, 17, 27, 50 und 96 Stunden. Danach wurden die Früchte in Gefässe mit redestilliertem Wasser von Zimmertemperatur gelegt und zum Keimen aufgestellt (15—18,5°C). Die Ergebnisse der Versuchskontrollen sind in der folgenden Tabelle notiert:

- 1) Früchte 1 Stunde in der Luft zum Trocknen gelassen.

| | | |
|------------|-------------|---|
| Prüfung am | 7. IV. 38. | Früchte keimen nicht. |
| " " | 9. IV. 38. | " " " |
| " " | 11. IV. 38. | 2 Früchte mit 0,2 cm langen Keimwurzeln. |
| " " | 25. IV. 38. | Zahl der ausgekeimten Früchte wie vorher. |
- 2) Früchte 3 Stunden in der Luft zum Trocknen gelassen.

| | | |
|------------|-------------|---|
| Prüfung am | 7. IV. 38. | 2 Früchte mit 0,2 cm langen Keimwurzeln. |
| " " | 9. IV. 38. | Zahl der ausgekeimten Früchte wie vorher. |
| " " | 11. IV. 38. | " " " " " " |
| " " | 25. IV. 38. | " " " " " " |

- 3) Früchte 6 Stunden in der Luft zum Trocknen gelassen.
 Prüfung am 7. IV. 38. Früchte keimen nicht.
 „ „ 9. IV. 38. 2 Früchte mit 0,2 cm langen Keimwurzeln.
 „ „ 11. IV. 38. Zahl der ausgekeimten Früchte wie vorher.
 „ „ 25. IV. 38. „ „ „ „ „ „
- 4) Früchte 17 Stunden in der Luft zum Trocknen gelassen.
 Prüfung am 7. IV. 38. Früchte keimen nicht.
 „ „ 9. IV. 38. 3 Früchte mit 0,2 cm langen Keimwurzeln.
 „ „ 11. IV. 38. Zahl der ausgekeimten Früchte wie vorher.
 „ „ 25. IV. 38. „ „ „ „ „ „
- 5) Früchte 27 Stunden in der Luft zum Trocknen gelassen.
 Prüfung am 7. IV. 38. Früchte keimen nicht.
 „ „ 9. IV. 38. „ „ „
 „ „ 11. IV. 38. „ „ „
 „ „ 25. IV. 38. 1 Frucht mit 6 cm, andere mit 1,5 cm langer
 Keimwurzel.
- 6) Früchte 50 Stunden in der Luft zum Trocknen gelassen.
 Prüfung am 7. IV. 38. Früchte keimen nicht.
 „ „ 9. IV. 38. „ „ „
 „ „ 11. IV. 38. „ „ „
 „ „ 25. IV. 38. 1 Frucht mit 4 cm, andere mit 0,3 cm langer
 Keimwurzel.
- 7) Früchte 96 Stunden in der Luft zum Trocknen gelassen.
 Prüfung am 7. IV. 38. Früchte keimen nicht.
 „ „ 9. IV. 38. „ „ „
 „ „ 11. IV. 38. „ „ „
 „ „ 25. IV. 38. 1 Frucht mit 3,0 cm, andere mit 0,3 cm langer
 Keimwurzel.

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass 4 Tage lang getrocknete Früchte die Keimfähigkeit nicht verlieren. Ein längerer Aufenthalt als 24 Stunden an der Luft beeinflusst die Keimfähigkeit immer merklicher, wie dies an der Länge der Keimlinge in den Kulturen 5,6, und 7 zu ersehen ist. Diese Erscheinung steht, wie anzunehmen ist, in Verbindung mit Störungen in der Quellung der Plasmakoloide, welche nach längerem Verbleiben an der Luft eintreten.

Abhängigkeit der Keimung der Früchte vom Licht.

In natürlichen Verhältnissen keimen die Früchte der *Trapa* in 1—2 m Tiefe bei schwachem Licht. Der im Wasser aufgelösten organischen Stoffe wegen entschwindet der Secchi Diskus dem Auge in der Tiefe von 1,0—1,6 m, was einer Tiefe der minimalen Lichtgrenze für höhere Pflanzen von 2—3 m entspricht. Wenn man noch

berücksichtigt, dass die Früchte zum Teil in halbflüssiger Gyttja versinken, muss man annehmen, dass in natürlichen Verhältnissen dem Lichte für die Keimung der Früchte keine besondere Rolle zukommt. Der Anfang der Keimung wird durch die Temperatur des Wassers bestimmt. Trotzdem schreibt Kinzel (1913): «Und doch kann bei der grossen Dicke der Samenschale wohl nur das Licht in Betracht kommen, welches durch den allerdings ziemlich weiten Kanal der Mikropyle ins Sameninnere gelangt. Samen, die man mit vom Licht abgewandter Mikropyle im Vergleich zu umgekehrt gerichteten keimen lässt, erweisen durch ihre viel langsamere Keimung deutlich den Einfluss ihrer verschiedenen Stellung zum Licht.» Indem ich wiederholt im Laboratorium *Trapa* Früchte gezogen habe, konnte ich keinen Einfluss des diffusen Lichts feststellen. Die Früchte der Kulturen keimten gleichmässig, ungeachtet der verschiedenen Lage der Mikropyle. Dies wird auch durch die Ergebnisse des folgenden Versuchs bestätigt.

Am 30. III. 38 stellte ich in 2 Gefässen je 3 keimfähige Früchte im Laboratorium bei Zimmertemperatur auf dem Regal auf. 1 Gefäss stellte ich in eine geschlossene Pappschachtel hinein. Bei der Prüfung beider Kulturen am 5. IV. 39, wurden in beiden je 1 keimende Frucht mit 0,5 cm langer Keimwurzel gefunden. Am 7. IV. 39 wurden in dem Gefäss, das am Lichte stand, 2 ausgekeimte Früchte gefunden (mit 2 cm resp. 0,3 cm langen Keimwurzeln). Auch in dem sich in Dunkelheit (Pappschachtel) befindenden Gefäss wurden 2 ausgekeimte Früchte mit 1,5 resp. 0,2 cm langen Keimwurzeln gefunden. Bei der Prüfung beider Kulturen am 11. IV. 38 wurde in der Zahl der ausgekeimten Früchte keine Veränderung gefunden. Auch in der Länge der Keimlinge konnte keine positive Wirkung des Lichts ersehen werden.

Über den Einfluss einiger Gase auf die Keimung.

Diese Frage hat Terasawa (1927) erforscht. Ich möchte dies Arbeitsergebnis kurz wiedergeben und dessen Bedeutung für die Ökologie der Keimung der Früchte in natürlichen Verhältnissen deuten. Terasawa brachte Gefässe mit *Trapa* Früchten in N_2 , H_2 , O_2 , CO_2 und in sauerstofffreie Atmosphäre, um deren Keimung zu beobachten. In sauerstoffloser Atmosphäre keimten die Früchte verhältnismässig gut. Dennoch waren im Vergleich zu den in

freier Luft keimenden, diese Keimlinge bleich (ähnlich sind sie auch zu Anfang der Keimung in natürlichen Verhältnissen), später wurden sie purpurrot und die Keimwurzel entwickelte keine Seitenwurzeln. In einem Milieu ohne Sauerstoff sind die Keimlinge länger als die an der Luft. Dennoch ist die Zahl der keimenden Früchte in der Luft grösser, als in einer sauerstofflosen Atmosphäre. Auch in reinem Sauerstoff ist die Keimung dieselbe wie ohne Sauerstoff. In einer Wasserstoffatmosphäre keimen die Früchte ziemlich gut, nur entwickelt sich in den Keimlingen kein Chlorophyll und keine Wurzel. In reinem O_2 sind die keimenden Früchte geringer an Zahl, ist auch das Wachstum ein geringeres als ohne Sauerstoff, doch entwickelt sich hier in den Keimlingen das Chlorophyll. Diese Forschungen bezeugen, dass bei der Keimung der *Trapa* das O_2 Minimum sehr gering ist, ähnlich wie dies von Crocker (1914) im Falle der *Alisma*, und Takahaschi (1905) und Nagai (1916) beim Reis gefunden haben. Ähnlicherweise hat dies Morinaga für die *Typha latifolia* (cit. Terasawa 1927) gefunden, welche viel besser in einer sauerstoffarmen Atmosphäre keimte, als in gewöhnlicher Luft. Dadurch ist auch die schnelle Keimung der *Trapa* in reduzierenden Lösungen, wie in verdünnten Calcium sulphuratum hydricum Lösungen (siehe p. 131) zu erklären.

Durch halten der Früchte in 100%, 50% und 33% Kohlensäure fand Terasawa, dass die Keimung der Früchte um so schlechter ist je reicher der Gehalt der Luft an CO_2 ist. In einer reinen CO_2 Atmosphäre keimen die Früchte überhaupt nicht, aber auch in einem CO_2 -Gehalt von 50% und 33% war die Keimung durchaus schwach.

Eine besonders grosse ökologische Bedeutung kommt dem Umstand zu, dass die *Trapa* am besten in einem Milieu mit wenig O_2 keimt. Turesson (1926) hat in Russland an dem *Trapa* Standort des Konerskoje Sees eine bemerkenswerte Armut an Sauerstoff in einer Tiefe von 2 m gefunden. Auch an unseren *Trapa* Standorten walten ähnliche Verhältnisse, da im Wasser sehr viel organische Stoffe sind. Aus diesem Grunde herrscht im Wasser und in der Bodengyttja stets ein gewisses O_2 Defizit, welches dem Keimen der Früchte und der Entwicklung der Keimlinge günstig ist. Überhaupt vermeidet es die Pflanze in Gewässern zu wachsen, wo viel O_2 vorhanden ist, weil dort ein schnelleres Verschwinden der organischen Stoffe resp. Oxydation derselben stattfindet.

Es ist anzunehmen, dass die Empfindlichkeit der Pflanze gegen

hohe CO_2 Konzentrationen keine besondere Bedeutung hat. So hohe CO_2 Konzentrationen, die der Pflanze schädlich sein würden, kommen in der Natur selten vor.

Die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration für die Keimung der Früchte und die Entwicklung der Pflanze.

In der Gegenwart wird das Problem der Silikat- und Kalkpflanzen durch die Erforschung des cH-Faktors gelöst. Aus den Arbeiten Pauls, Mevius, Olsens u. a. ist bekannt, dass die Silikat- resp. die kalziphoben Pflanzen gegen die Ionen des OH empfindlich sind. Die kalziphilien Pflanzen weisen eine bestimmte Empfindlichkeit gegenüber einer grösseren Azidität auf. Bei vielen Pflanzen ist bereits ein bestimmtes Verhältniss zur Azidität resp. der jeder Pflanzenart entsprechende pH Interwall, bestimmt. Dies zeigen auch die Beobachtungen über die Azidität der Pflanzensubstrate in natürlichen Verhältnissen. Auch stimmen die Experimente über die Bedeutung der Azidität für die Entwicklung der Pflanze mit den Beobachtungen in natürlichen Verhältnissen überein (Olsen, 1923, Apinis 1939 u. a.).

Die Untersuchungen Gams's (1927) und Samuelssons (1934) bezeugen, dass *Trapa* sich in Wässern mit reichlichem Kalkgehalt zu wachsen weigert, sondern Wässer mit reichem Humus- und geringem Calciumkarbonat- resp. Bikarbonatgehalt bevorzugt. Dies wird auch durch Beobachtungen an den jetzigen Lettländischen Standorten bestätigt (siehe I Teil). Die Reaktion des Wassers im Klaucanu und Pakrata See ist gewöhnlich ca pH 6—7. Nur im Sommer an seichteren Stellen, indem die Wasserpflanzen die CO_2 intensiv auswerten, wird das Wasser alkalischer.

Vorläufige Experimente.

Um den Einfluss der cH auf die Keimung im allgemeinen zu erforschen, wurden 2 preliminäre Versuche mit (a) ausgekeimten und (b) nicht keimten Früchten in Phosphatlösungen angestellt.

a) Am 24. I. 34 wurde im Treibhaus des Botanischen Gartens der Lettländischen Universität, solch ein Experiment mit $m/15$ K-Na-Phosphaten nach Sörensen (1909), welche in destill. Wasser im Verhältnis 1:10 verdünnt wurden, angestellt. Eine sauerere Reaktion als pH 4,8 wurde vermittels $n/10$ H_3PO_4 erzielt. Die Reihe der Phosphatlösungen ergibt eine Spanne pH 3,0 — pH 8,3 in 11 Stufen. Temperatur des Raumes 15—20°C. In jeder Kultur wurden 3 ausge-

keimte Früchte mit Keimlingen verschiedener Länge eingelegt. Am 24. I. 34, wurde das pH kolorimetrisch bestimmt, am 26. III. 34 jedoch elektrometrisch nachgeprüft. Die Ergebnisse der Prüfung am 20. III. 34 sind folgender Tabelle einverleibt:

| Nr. | Anfangs- pH | pH 26. III. 34. | Fruchtformen und Keiml. in Kulturen 24. I. 34. | Prüfung am 20. III. 34. |
|-------|----------------|-----------------------|---|---|
| I. | 8.3 | 7.68 | I subcor. 8.0 cm I „ 2,5 „ I „ 3.5 „ | Keimlinge sind eingegangen. |
| II. | 7.9 | 7.43 | I subconocarpoides 3.7 cm I „ 5.0 „ I subcoron. 0.3 „ | — „ — |
| III. | 7.4 | 7.15 | I subcoron. 8 cm I „ 1 „ I „ 3 „ | Stengel kurz; Keimwurzel entwickelt kurze Nebenwurzel. |
| IV. | 6.9 | 6.86 | I coron. 6.5 cm I subcoron. 3.5 „ I „ 0.5 „ | Keimlinge haben ziemlich lange Stengel entwickelt. |
| V. | 6.6 | 6.45 | I subcoron. 0.5 cm I „ 3.0 „ I „ 4.0 „ | Keimwurzeln noch länger als vorher, Stengel sehr lang. |
| VI. | 6.3 | 5.98 | I subcoron. 0.7 cm I subconocarpoides 5.5 „ I „ 8.0 „ | Wie vorige. |
| VII. | 5.9 | 5.68 | I subcoron. 4.0 cm I subconocarpoides 1.5 „ I subcoron. 4.0 „ | — „ — |
| VIII. | 5.3 | 4.96 | I subconocarpoides 6.0 cm I „ 4.2 „ I subcoron. 1.0 „ | Keimlinge leiden an Pilzinfektion. Wurzeln zeigen ein schwaches Wachstum. |
| IX. | 4.5 | 4.00 | I subcoron. 2.5 cm I „ 1.5 „ I „ 0.2 „ | Wie vorige. |
| X. | 3.3 | 3.45 | I subcoron. 4.5 cm I „ 3.8 „ I „ 1.0 „ | Kleimlinge sind eingegangen. |
| XI. | 3.0 | 3.27 | I subconoc. 6.0 cm I subcoron. 2.5 „ I „ 3.0 „ | — „ — |

Das Ergebnis des Versuchs weist auf eine gewisse Empfindlichkeit der Keimlinge gegenüber einer alkalischen Reaktion (Kulturen Nr. 1 und 2) wie auch gegenüber einer extremen Azidität (Kulturen Nr. 10 und 11) mit einer Reaktion von pH 8,3, 7,9, und 3,0, 3,3 hin. Am besten entwickeln sich die Keimlinge in der Kultur Nr. 7 mit pH 5,9.

b) Am 24. III. 34 wurde ein Versuch mit nicht gekeimten aber keimfähigen *Trapa* Früchten angestellt. In jeder Kultur 2 Früchte (eine fo. *subcoronata* Nath. und eine fo. *conocarpoides* Nath.). Die Früchte befinden sich in 500 ccm grossen weithalsigen Erlenmeyerkolben in Sørensen's Phosphatlösungen (m/15) 1:20 bei Zimmertemperatur.

| | | | | | | |
|--------------|---------------|---|---|-------|-------------------|--------|
| Lösung Nr. I | 20 | ccm $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | + | 380 | ccm redest Wasser | pH 8.3 |
| " " II | { 19 1 | " $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ " KH_2PO_4 | | + 380 | " " " | pH 7.8 |
| " " III | { 16 4 | " $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ " KH_2PO_4 | | + 380 | " " " | pH 7.4 |
| " " IV | { 12 8 | " $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ " KH_2PO_4 | | + 380 | " " " | pH 6.9 |
| " " V | { 8 12 | " $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ " KH_2PO_4 | | + 380 | " " " | pH 6.7 |
| " " VI | { 4 16 | " $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ " KH_2PO_4 | | + 380 | " " " | pH 6.1 |
| " " VII | { 2 18 | " $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ " KH_2PO_4 | | + 380 | " " " | pH 5.9 |
| " " VIII | { 0.5 19.5 | " $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ " KH_2PO_4 | | + 380 | " " " | pH 5.1 |
| " " IX | 20 | " KH_2PO_4 | | + 380 | " " " | pH 4.3 |
| " " X | { 20 1 | " KH_2PO_4 " n/10 H_3PO_4 | | + 380 | " " " | pH 3.3 |
| " " XI | { 20 3 | " KH_2PO_4 " n/10 H_3PO_4 | | + 380 | " " " | pH 3.0 |

Die Lösungen der Kulturen wurden am 15. IV. 34, nachdem die Azidität der Lösungen durch Indikatoren bestimmt worden war, ausgewechselt. Auch am 21. IV. 34 wurden die Lösungen gewechselt und am 28. IV wurde eine Prüfung durchgeführt. Um in den Lösungen die Veränderung des cH zu verringern, wurden m/15 Phosphatlösungen beide Male mit redest. Wasser im Verhältnis 1:10 (nicht wie zu Anfang 1:20) verdünnt.

Prüfung des vorläufigen Experiments b.

| Nr. | Prüfung am 22. IV. 34. | | | | | |
|-------|----------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|--------------------------------------|--|
| | pH in Kulturlösungen 24. III 34. | pH am 15. IV 34. | pH in erneuerten Lösungen 15. IV 34. | pH am 21. IV 34. | pH in erneuerten Lösungen 21. IV 34. | |
| I. | 8.2 | 7.2 | 8.1 | 7.5 | 8.1 | Länge des Keimlings 5.0 cm; grünlich. Nebenwurzeln und Stengel nicht entwickelt. |
| II. | 7.8 | 6.9 | 7.4 | 7.1 | 7.8 | Länge der Keimlinge 7.5 u. 7.2 cm; bräunlich. Nebenwurzeln an der Keimwurzel nicht entwickelt. Stengelknospen kurz (0.2—0.3 cm). |
| III. | 7.3 | 6.7 | 7.2 | 6.9 | 7.4 | Länge der Keimlinge 9.0 und 9.5 cm; grünlich. An den Keimwurzeln sehr kurze Nebenwurzeln. Stengel der beiden Keimlinge 1 cm. |
| IV. | 6.9 | 6.5 | 6.9 | 6.7 | 6.9 | Keimlinge 7.5 und 9.0 cm. Keimwurzeln entwickeln 0.3 cm lange Nebenwurzeln. Stengel mit linealen Blättern etwa 2.0 cm. |
| V. | 6.7 | 6.4 | 6.7 | 6.5 | 6.7 | Keimlinge 10.5 und 9.0 cm. Keimwurzeln mit vielen 0.3—0.5 cm langen Nebenwurzeln. Stengeln 4.0 und 1.5 cm mit linealen Blättern. |
| VI. | 6.1 | 6.0 | 6.3 | 6.3 | 6.1 | Keimlinge 7.5 u. 8.5 cm. Keimwurzeln mit 0.3—0.5 cm langen Nebenwurzeln. Stengel mit linealen Blättern 2.0 u. 2.5 cm. |
| VII. | 5.9 | 5.9 | 6.0 | ca 6.0 | 5.9 | Keimlinge 8.0 u. 8.6 cm. Stengel 3.5 u. 2.5 cm. Keimwurzeln mit 0.3—0.5 cm langen Nebenwurzeln. |
| VIII. | 5.1 | 5.4 | 5.0 | 5.3 | 5.1 | Keimlinge 10.5 u. 12.5 cm. Stengel 4.2 und 7.5 cm. Keimwurzeln mit 0.3—0.6 cm langen Nebenwurzeln. |
| IX. | 4.9 | 5.1 | 5.0 | 5.1 | 5.0 | Keimlinge 7.0 u. 7.5 cm. Stengel 2.5 u. 3.0 cm. Nebenwurzeln 0.2—0.4 cm. |
| X. | 3.3 | 5.1 | 3.6 | 3.9 | 3.3 | Keimlinge 8.0 cm, mit sehr kurzen Stengeln. Nebenwurzeln nicht entwickelt. |
| XI. | 3.0 | 4.9 | 3.3 | 3.5 | 3.1 | Keimlinge 7.5 u. 9.0 cm. Spitzen der Keimwurzeln abgestorben. Stengel nicht entwickelt. |

Die preliminäre Versuchsprüfung ergab, dass extrem alkalische (Kultur 1 und 2) und extrem saure (Kultur 10 und 11) Lösungen den Keimlingen schädlich sind. In alkalischen Lösungen ist die Entwicklung des Stengels und der Wurzel behindert (Kultur 1—3). Die beste Entwicklung des Stengels und der Wurzel ist in der Kultur Nr. 8 beobachtet, wo die Azidität pH 4.9—5.3 ist. Vom 24. III. 34 bis zum 15. IV. 34 befanden sich die Keimlinge in einer m/300 Phosphatkonzentration. Wie die Prüfung der Azidität am 15. III. 34 zeigte, hatte sich in den Lösungen die Azidität bedeutend verändert: die alkalischen Lösungen sind neutral geworden (Kultur 1—3), die saueren dagegen mässig sauer (Kulturen 8—11). In der 6. und 7. Kultur veränderte sich die Reaktion fast gar nicht. Diese Fähigkeit, die Azidität der Lösung in dem den Keimlingen angemessenen Sinne zu regulieren, zeigen die Keimlinge besonders vom 24. III. 34 bis zum 15. IV. 34, während die Bufferkraft der Phosphate, ihrer schwächeren Konzentration (m/300) wegen geringer ist. In dieser Zeit wurde die Entwicklung der Keimlinge in der ganzen Reihe der Kulturen beobachtet (pH 4.9—7.2). Als die Phosphate am 15. IV. 34 verdoppelt wurden, vermochten die Keimlinge diese Regulierung nur in geringeren Masse durchzuführen. Nach dem 15. IV. 34 ist eine normale Entwicklung nur in den Kulturen 3—9 mit pH 5.8—7.4 beobachtet worden.

Die folgende Tabelle zeigt die Gewichtskontrolle der Keimlinge in diesem Experiment.

| № | pH 24. III 34. | Prüfungen am 28. IV 34. u. a. | | | | | |
|-----|----------------------|---|--------------------------------|--|--|--|---------------------------------|
| | | Gew. der feuchten Früchte mit Keiml. | Gew. der feuchten Keiml. | Verhältniss d. Gew. des Keiml. zu d. Gew. d. Früchte | Gew. der bei 100°C getrock- neten Keiml. | Verhältniss d. Trockengew. der Keiml. zu Frischgew. d. Früchte | Wasser- gehalt der Keiml. |
| I | 8. 2 | a) 1. 54 g | 0.110 | 0.073 | 0.011 | 0.0072 | 90.1 |
| | | b) 2. 54 g | 0.150 | 0.059 | 0.016 | 0.0063 | 89.3 |
| II | 7. 8 | a) 2. 54 g | 0.175 | 0.069 | 0.025 | 0.0096 | 86.0 |
| | | b) 1. 92 g | 0.165 | 0.086 | 0.019 | 0.0098 | 88.6 |
| III | 7. 3 | a) 3. 55 g | 0.350 | 0.100 | 0.041 | 0.0115 | 88.3 |
| | | b) 3. 37 g | 0.305 | 0.091 | 0.037 | 0.0109 | 88.0 |
| IV | 6. 9 | a) 1. 91 g | 0.165 | 0.087 | 0.028 | 0.0146 | 83.2 |
| | | b) 2. 38 g | 0.275 | 0.116 | 0.040 | 0.0166 | 85.6 |

| № | pH 24. III 34. | Prüfungen am 28. IV 34. u. später. | | | | | |
|------|----------------------|---|--------------------------------|--|--|--|---|
| | | Gew. der feuchten Früchte mit Keiml. | Gew. der feuchten Keiml. | Verhältniss d. Gew. des Keiml. zu d. Gew. d. Früchte | Gew. der bei 100°C getrock- neten Keiml. | Verhältniss d. Trockengew. der Keiml. zu Frischgew. d. Früchte | Wasser- gehalt der Keiml. in ‰ |
| V | 6. 7 | a) 3. 62 g | 0.510 | 0.141 | 0.059 | 0.0163 | 88.4 |
| | | b) 2. 96 g | 0.265 | 0.090 | 0.034 | 0.0114 | 87.4 |
| VI | 6. 1 | a) 2. 95 g | 0.315 | 0.107 | 0.044 | 0.0148 | 86.2 |
| | | b) 2. 00 g | 0.225 | 0.113 | 0.031 | 0.0153 | 86.5 |
| VII | 5. 9 | a) 2. 69 g | 0.340 | 0.127 | 0.048 | 0.0177 | 86.0 |
| | | b) 3. 34 g | 0.430 | 0.129 | 0.051 | 0.0154 | 88.1 |
| VIII | 5. 1 | a) 5. 13 g | 0.620 | 0.121 | 0.090 | 0.0175 | 85.6 |
| | | b) 2. 67 g | 0.330 | 0.124 | 0.041 | 0.0154 | 87.6 |
| IX | 4. 2 | a) 2. 56 g | 0.290 | 0.113 | 0.043 | 0.1680 | 85.2 |
| | | b) 2. 46 g | 0.365 | 0.148 | 0.046 | 0.0185 | 87.5 |
| X | 3. 3 | a) 2. 05 g | 0.105 | 0.051 | 0.012 | 0.0059 | 88.6 |
| | | b) 3. 10 g | 0.225 | 0.073 | 0.021 | 0.0073 | 90.8 |
| XI | 3. 0 | a) 3. 70 g | 0.180 | 0.049 | 0.021 | 0.0057 | 88.3 |
| | | b) 3. 56 g | 0.190 | 0.053 | 0.022 | 0.0062 | 88.4 |

Die Gewichtskontrolle der Keimlinge bestätigt das oben bereits gesagte. Das geringste Gewicht haben die Keimlinge in den Kulturen 1, 2, 9, 11. In den optimalen Kulturen ist auch der Wassergehalt der Keimlinge kleiner, als in den schwächeren Kulturen mit extremen cH und cOH.

IV. Experiment.

Der Zweck dieses Versuches ist die Erforschung des Einflusses der Phosphatlösungen auf die ersten Entwicklungsstadien der Keimlinge im Vergleich mit dem Wasser des Klaucanu Sees und mit verdünnten $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ Lösungen.

Der Versuch wurde in 200 ccm grossen Erlenmeyerkolben am 26. XII. 37 angestellt. Jede Kultur enthält 3 Früchte der fo. *subcoronata* Nath. Menge der Lösung in jeder Kolbe 100 ccm. Phosphatkonzentration m/150 in Lösung. Zur Kultur Nr. 6 ist H_3PO_4 in Konzentration 1 ccm = 10 mg P_2O_5 gegeben. Die Kulturen standen im Laboratorium auf dem N-Fenster. Die Temperatur in den Kulturen schwankte vom 26. XII. 37 bis zum 24. I. 38 zwischen 8° und 16°C.

Prüfungen des IV. Experiments.

| Nr. | Zusammensetzung der Lösungen | pH 26 XII 37. | Prüfung am 19. I 38. | Prüfung am 21. I 38. | Prüfung am 24. I 38. |
|-----|--|---------------|----------------------|---|--|
| 1. | 5.0 ccm 2m/15Na ₂ HPO ₄ ·2H ₂ O 95.0 „ redest. Wasser | 8.3 | Früchte keimen nicht | 1 Frucht mit 3 cm langer Keimwurzel | 1 Frucht mit 5 cm langer Keimwurzel |
| 2. | 4.0 ccm 2m/15Na ₂ HPO ₄ ·2H ₂ O 1.0 „ „ KH ₂ PO ₄ 95.0 „ redest. Wasser | 7.3 | — „ — | 1 Frucht mit 0,5 cm langer Keimwurzel | 1 Frucht mit 1,5 cm langer Keimwurzel |
| 3. | 2.0 ccm 2m/15Na ₂ HPO ₄ ·2H ₂ O 3.0 „ „ KH ₂ PO ₄ 95.0 „ redest. Wasser | 6.6 | — „ — | 2 Früchte mit 0,1 und 0,2 cm langen Keimwurzeln | 3 Früchte mit 0,1, 0,5 und 1,0 cm langen Keimwurzeln |
| 4. | 1.0 ccm 2m/15Na ₂ HPO ₄ ·2H ₂ O 4.0 „ „ KH ₂ PO ₄ 95.0 „ redest. Wasser | 6.2 | — „ — | 1 Frucht mit 0,1 cm langer Keimwurzel | 2 Früchte mit 0,2 und 1,0 cm langen Keimwurzeln |
| 5. | 0.1 ccm 2m/15Na ₂ HPO ₄ ·2H ₂ O 4.9 „ „ KH ₂ PO ₄ 95.0 „ redest. Wasser | 5.4 | — „ — | Früchte keimen nicht | 2 Früchte mit 0,2 und 0,3 cm langen Keimwurzeln |
| 6. | 4.9 ccm 2m/15KH ₂ PO ₄ 0.1 „ „ H ₃ PO ₄ 95.0 „ redest. Wasser | 3.9 | — „ — | — „ — | 1 Frucht mit 0,1 cm langer Keimwurzel |
| 7. | 100.0 ccm Seewasser | 6.9 | — „ — | — „ — | 1 Frucht mit 0,5 cm langer Keimwurzel |
| 8. | 50.0 ccm Seewasser 50.0 k. Ca(HCO ₃) ₂ Lösung 1:1 | 7.0 | — „ — | — „ — | 3 Früchte mit 0,1 cm langen Keimwurzeln |
| 9. | 100.0 ccm Seewasser 0.5 g CaCO ₃ | 7.3 | — „ — | 1 Frucht mit 0,2 langer Keimwurzel | 2 Früchte mit 1,0 und 0,5 cm langen Keimwurzeln |
| 10. | 50.0 ccm konz. Ca(HCO ₃) ₂ Lösung 50.0 ccm redest. Wasser | 7.2 | — „ — | Früchte keimen nicht | 2 Früchte mit 0,1 cm langen Keimwurzeln |

Die erwähnten Beobachtungen am 21. I. 38 besagen, dass die Phosphatlösungen 1—4 die Auskeimung der *Trapa* Früchte nicht hindern, sondern fördern. Besonders ist die günstige Beeinflussung der Schnelligkeit der Auskeimung durch die alkalischen Phosphate (pH 7.9 und 8.3) hervorzuheben. Es ist anzunehmen, dass die Schnelligkeit der Auskeimung durch die OH Ionen bewirkt wird. Fischer (1907) hat im Falle der *Sagittaria* und anderer Pflanzen beobachtet, dass schwache KOH und NaOH Lösungen die Auskeimung beschleunigen. Im Wasser des Sees, wie auch in schwach sauren und sauren Phosphatlösungen keimen die Früchte langsamer aus.

V. Experiment.

In dem vierten Experiment keimten die Früchte schneller in alkalischen Lösungen. Der Zweck dieses Versuchs ist, zu ergründen, ob auch eine kurzfristige Einwirkung des cOH die Keimung günstig beeinflusst. In den Kulturen 1—6 befinden sich 2m/150 Phosphatlösungen mit pH 3.70—7.70 in Erlenmeyerkolben aus Jenaerglas von 100 ccm Inhalt. Zur Kontrolle ist redestilliertes Wasser und eine Lösung von $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ genommen. In jede Kultur sind 5 Früchte am 23. XII. 37 um 12. Uhr, eingelegt, und am 24. XII. 37 um 12. Uhr wurden die Lösungen durch redestilliertes Wasser ersetzt. Die Kolben wurden auf dem N-Fensterbrett im Laboratorium bei einer Temperatur von 12—17°C aufgestellt. Das Experiment wurde am 19. I. 38 beendet. Das pH wurde zu Anfang durch Indikatoren im «Hellige» Komparator, nach 24 Stunden jedoch elektrometrisch mit Chinhydronelektrode bestimmt.

Prüfungen des V. Experiments.

| № | Zusammensetzung der Lösungen | pH | | Prüfung 2. I 38. | Prüfung 12. I 38. | Prüfung 13. I 38. | Prüfung 19. I 38. |
|----|--|------------|----------|----------------------|----------------------|---------------------------------------|---|
| | | Anfänglich | Nach 24h | | | | |
| 1. | 4.7 ccm 2m/15 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.3 " " KH_2PO_4 95.0 " redest. Wasser | 7.70 | 7.37 | Früchte keimen nicht | Früchte keimen nicht | 1 Frucht mit 0.3 cm langer Keimwurzel | 3 Früchte mit 1—5 cm langen Keimwurzeln |
| 2. | 3.0 ccm 2m/15 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 2.0 " " KH_2PO_4 95.0 " redest. Wasser | 6.90 | 6.98 | — " — | — " — | Früchte keimen nicht | 3 Früchte mit 0.1—2.0 cm langen Keimwurz. |
| 3. | 0.5 ccm 2m/15 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 4.5 " " KH_2PO_4 95.0 " redest. Wasser | 6.00 | 6.09 | — " — | — " — | — " — | Früchte keimen nicht |
| 4. | 5.0 ccm 2m/15 KH_2PO_4 95.0 " redest. Wasser | 4.70 | 5.54 | — " — | — " — | — " — | 1 Frucht mit 0.1 cm langer Keimwurzel |
| 5. | 4.9 ccm 2m/15 KH_2PO_4 0.1 " " H_3PO_4 (1 ccm = 1 mg P_2O_5) 95.0 " redest. Wasser | 4.20 | 5.30 | — " — | — " — | — " — | — " — |
| 6. | 4.7 ccm 2m/15 KH_2PO_4 0.3 " " H_3PO_4 95.0 " redest. Wasser | 3.70 | 5.20 | — " — | — " — | — " — | Früchte keimen nicht |
| 7. | 100.0 ccm redest. Wasser | 6.50 | 6.70 | — " — | — " — | — " — | 1 Frucht mit 0.1 cm langer Keimwurzel |
| 8. | 100.0 ccm $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ Lösung 1:1 | 7.20 | 6.68 | — " — | — " — | — " — | 1 Frucht mit 30 cm langer Keimwurzel |

Auch die Ergebnisse dieses Experiments beweisen, dass auch eine kurzfristige Einwirkung von alkalischen Phosphatlösungen die Keimung der Früchte beschleunigt. Weniger beschleunigt die Keimung eine neutrale Phosphatlösung (Kultur Nr. 2). Man kann annehmen, dass in dieser Periode irgendeine Substanz des Keimlings die Keimung hindert. Die hemmende Wirkung dieser Substanz wird durch eine alkalische Lösung beseitigt. Solche Substanzen, die die Keimung hindern hat Köckemann (1934) gefunden. Er hat auch beobachtet, dass Alkalien die hindernde Wirkung dieser Substanzen beseitigen.

VI. Experiment.

In den bisherigen Experimenten wurde eine Beschleunigung der Keimung in alkalischen Lösungen gefunden. Um die Beschleunigung der Keimung und die weitere Entwicklung genauer zu bestimmen wurde das Experiment in 2 Versuchsreihen durchgeführt, indem erforscht wurde: VIa) die Beeinflussung der Keimung durch eine vorhergehende dauernde Behandlung der Früchte mit cOH, und VIb) die Bedeutung des cH der Lösungen in den Entwicklungsstadien I. und II. der Keimlinge. In beiden Versuchsreihen dieses Experiments sind gleiche Lösungen benutzt worden: Na- und K-Phosphate (0,12%) und H_3PO_4 (1 ccm = 10 mg P_2O_5), welche 12 Stufen der cH-Amplitude von pH 3.55 bis pH 8.30 umfassen. Die Gefäße sind Erlenmeyerkolben aus Jenaerglas von 300 ccm Inhalt mit 300 ccm Flüssigkeit. In jeder VI. a, b Kultur sind 5 Früchte. Die Experimente wurden am 22. XII. 37 begonnen und am 19. III. 38 beendet. Die Kulturen wurden auf dem N-Fenster zwischen den Scheiben vom 22. XII. 37 bis zum 3. III. 38 untergebracht, wo die Temperatur zwischen $-4^{\circ}C$ und $+6^{\circ}C$ schwankte, jedoch gewöhnlich ca 0° war. Am 3. III. 38 wurden alle Kulturen aus dem Zwischenfensterraum in Zimmertemperatur versetzt, und zwar auf dasselbe Fensterbrett. Temperatur $15-18^{\circ}C$. Die Lösungen wurden am 19. I. 38 gewechselt.

Zusammensetzung der Lösungen im Experiment VI. a, b.

| | | | | | | |
|----------|-------------|--|-------|-----------|--------------------------------------|----------------|
| Kultur № | 1: 15.0 ccm | 2 m/15Na ₂ HPO ₄ · 2H ₂ O | | | +285 ccm | redest. Wasser |
| " | 2: 14.2 | " | " | + 0.8 ccm | 2m/15KH ₂ PO ₄ | " |
| " | 3: 12.0 | " | " | + 3.0 | " | " |
| " | 4: 9.0 | " | " | + 6.0 | " | " |
| " | 5: 6.0 | " | " | + 9.0 | " | " |
| " | 6: 3.0 | " | " | + 12.0 | " | " |
| " | 7: 1.5 | " | " | + 13.5 | " | " |
| " | 8: 0.4 | " | " | + 14.6 | " | " |
| " | 9: | " | " | 15.0 | " | " |
| " | 10: 0.2 ccm | m/55H ₃ PO ₄ | + | 14.8 | " | " |
| " | 11: 0.4 | " | + | 14.6 | " | " |
| " | 12: 0.8 | " | + | 14.2 | " | " |

Prüfungen der Versuchsreihe VI a.

| № | pH 22. XII 37. | Prüfung 19. I 37. | pH 19. I 38 | | Prüfung 28. I 38. | Prüfung 3. III 38. | Prüfung 7. III 38. | Prüfung 9. III 38. | pH 9. III 38. |
|-----|----------------|----------------------|-----------------|-----------------|----------------------|----------------------|--|--|---------------|
| | | | in alter Lösung | in neuer Lösung | | | | | |
| 1. | 8.30 | Früchte keimen nicht | 7.39 | 8.38 | Früchte keimen nicht | Früchte keimen nicht | 1 Fr. mit 2.0 cm langer Keimwurzel | 2 Fr. mit 0.3 cm und 2.5 cm langen Keimwurzeln | 7.60 |
| 2. | 7.90 | — „ — | 7.28 | 7.90 | — „ — | — „ — | 2 Fr. mit 0.5 und 0.2 cm langen Keimw. | 4 Fr. mit 0.3—2.5 cm langen Keimwurzeln | 7.60 |
| 3. | 7.43 | — „ — | 6.99 | 7.43 | — „ — | — „ — | Fr. Keimen nicht | 2 Fr. mit 0.3 cm langen Keimw. | 7.30 |
| 4. | 7.09 | — „ — | 6.66 | 7.03 | — „ — | — „ — | 3 Fr. mit 0.1—0.2 cm langen Keimw. | 5 Fr. mit 0.4—1.2 cm langen Keimw. | 7.00 |
| 5. | 6.63 | — „ — | 6.52 | 6.63 | — „ — | — „ — | Früchte keimen nicht | 5 Fr. mit ca 1.0 cm langen Keimw. | 6.70 |
| 6. | 6.27 | — „ — | 6.04 | 6.27 | — „ — | — „ — | 1 Fr. mit 0.1 cm langer Keimw. | 5 Fr. mit 0.3—1.0 cm langen Keimw. | 6.25 |
| 7. | 5.90 | — „ — | 5.68 | 5.90 | — „ — | — „ — | 4 Fr. mit 0.1—0.5 cm langen Keimw. | 4 Fr. mit 1.5—3.0 cm langen Keimw. | 6.20 |
| 8. | 5.29 | — „ — | 5.31 | 5.29 | — „ — | — „ — | Früchte keimen nicht | 5 Fr. mit 0.5—1.0 cm langen Keimw. | 5.60 |
| 9. | 4.71 | — „ — | 5.17 | 4.71 | — „ — | — „ — | — „ — | 4 Fr. mit 0.9—1.5 cm langen Keimw. | 5.56 |
| 10. | 4.23 | — „ — | 5.17 | 4.23 | — „ — | — „ — | 2 Fr. mit 0.1 und 1.0 cm langen Keimw. | 4 Fr. mit 0.5—2.0 cm langen Keimw. | 5.56 |
| 11. | 3.92 | — „ — | 4.77 | 3.92 | — „ — | — „ — | Früchte keimen nicht | 5 Fr. haben 0.3—0.8 cm lange Keimw. | 5.35 |
| 12. | 3.55 | — „ — | 4.51 | 3.55 | — „ — | — „ — | — „ — | — „ — | 4.70 |

Folgerungen: 1) Bei 0° — $+6^{\circ}\text{C}$ keimen die Früchte nicht. Die Keimung tritt nach 3 Tagen ein, wenn die Temperatur ca 15°C beträgt. 2) Dauernder Einfluss von extremen cH und cOH ist nicht schädlich, da zu Anfang in allen Kulturserien die Keimwurzeln normal ausgebildet sind. 3) In alkalischer Lösung (extremes cOH in Kultur Nr. 1) wird die Auskeimung beschleunigt, in extrem saueren Lösungen wird sie gehindert (Kult. Nr. 11 u. 12). In saurerer Lösung (Kult. 10) beginnen die Früchte bald nach Nr. 1 zu keimen (Wirkung von cH). Im ersten Falle sind die Keimwurzeln länger, im zweiten kürzer (Prüfung am 7. III. 38). 4) Die Zahl der ausgekeimten Früchte, wie aus Prüfung am 7. III. 38 ersichtlich, ist in den saueren Lösungen am grössten, in den alkalischen am geringsten (Kult. Nr. 1). 5) Das Wachstum der Keimwurzeln in alkalischer Lösung ist trotzdem langsam (in Kultur Nr. 1 Zunahme der Länge in 2 Tagen 0,5 cm), in saueren Lösungen dagegen rapider (in Kultur Nr. 7 hat die Keimwurzel sich um 2,0 bis 2,5 cm verlängert).

Das Experiment VIIb, als Fortsetzung des vorherigen Experiments, wurde am 14. III. 38 begonnen, nachdem die Lösungen ausgewechselt und das Anfangs- und End-pH bestimmt worden waren. Am 18. III. 38 ist die letzte Keimwurzelmessung vollzogen worden. Der Zweck dieses Experiments ist die Bedeutung des pH für die ersten Keimstadien festzustellen, resp. deren Entwicklungsoptimum zu bestimmen. Nach Messung am 18. III. 38 wurden die Keimwurzeln von den Früchten abgetrennt, indem sie dicht an der Keimpore abgeschnitten wurden; dann wurden die noch feuchten Früchte und Keimwurzeln gewogen, im Laboratorium trocknen gelassen und dann wieder am 25. IV. 38 gewogen. Dann wurden die Keimlinge 48 Stunden lang bei 95°C getrocknet und das Gewicht der Trockensubstanz der Keimwurzeln festgestellt. Die betreffenden experimentellen Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen festgelegt. Zusammensetzung der Lösungen wie VI a.

Das Gewicht der frischen Keimwurzeln und deren Trockensubstanz besagt, dass weder die alkalischen (Kult. Nr. 1) noch die saueren (Kult. Nr. 11 u. 12) Lösungen dem Wachstum der Keimlinge günstig sind. Die beste Entwicklung ist in den Lösungen mit pH 5.90 bis 5.29, in Kulturen Nr. 7 u. 8. zu verzeichnen. In neutralen und schwach alkalischen Lösungen schwankt das Gewicht der Keimwurzeln: Kultur Nr. 2 mit pH 7.9 und in Kultur Nr. 4 mit pH zu Anfang 7.03 ist das Gewicht

Gewichtskontrollen der Keimlinge des Experiments VI b.

| Nr. | pH am 14. III 38. | pH 18. III 38. | Frischgew. d. Fr. u. Keiml. | Frischgew. d. Fr. | Frischgew. d. Keiml. | Lufttrockengew. d. Früchte | Lufttrockengew. d. Keiml. | Gew. d. bei 95°C getr. Früchte | Gew. d. bei 95°C getr. Keiml. | Verhältn. d. Trockenmittl. Trocken- gew. d. Keiml. zu d. Trocken- gew. d. Früchte |
|-----|-------------------|----------------|-----------------------------|-------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---|
| | | | | | | | | In Klammern Zahl der Fr resp. Keiml. | | |
| 1. | 8.30 | 7.61 | 2.470 | 2.431 | 0.039 | 1.234 | 0.035 | 4.460 (4) | 0.0142 (4) | 0.0033 |
| | | | | | | | | 1.115 (1) | 0.0036 (1) | |
| 2. | 7.90 | 7.33 | 2.166 | 2.061 | 0.105 | 0.998 | 0.092 | 3.588 (4) | 0.0346 (4) | 0.0097 |
| | | | | | | | | 0.897 (1) | 0.0087 (1) | |
| 3. | 7.43 | 7.22 | 2.634 | 2.590 | 0.043 | 1.113 | 0.038 | 4.045 (4) | 0.0158 (4) | 0.0039 |
| | | | | | | | | 1.011 (1) | 0.0040 (1) | |
| 4. | 7.03 | 7.02 | 2.758 | 2.655 | 0.104 | 1.135 | 0.084 | 5.140 (5) | 0.0396 (5) | 0.0077 |
| | | | | | | | | 1.028 (1) | 0.0079 (1) | |
| 5. | 6.63 | 6.67 | 2.844 | 2.722 | 0.122 | 1.399 | 0.104 | 6.336 (5) | 0.0490 (5) | 0.0089 |
| | | | | | | | | 1.267 (1) | 0.0098 (1) | |
| 6. | 6.27 | 6.32 | 2.320 | 2.242 | 0.078 | 0.974 | 0.080 | 4.443 (5) | 0.0354 (5) | 0.0080 |
| | | | | | | | | 0.889 (1) | 0.0071 (1) | |
| 7. | 5.90 | 6.08 | 2.666 | 2.502 | 0.168 | 1.335 | 0.155 | 4.878 (4) | 0.0532 (4) | 0.0109 |
| | | | | | | | | 1.219 (1) | 0.0133 (1) | |
| 8. | 5.29 | 5.69 | 2.570 | 2.438 | 0.132 | 1.220 | 0.096 | 5.548 (5) | 0.0488 (5) | 0.0088 |
| | | | | | | | | 1.109 (1) | 0.0098 (1) | |
| 9. | 4.71 | 5.52 | 2.608 | 2.490 | 0.118 | 1.148 | 0.108 | 4.165 (4) | 0.0504 (4) | 0.0121 |
| | | | | | | | | 1.041 (1) | 0.0126 (1) | |
| 10. | 4.23 | 5.41 | 2.275 | 2.162 | 0.113 | 0.998 | 0.120 | 3.638 (4) | 0.0476 (4) | 0.0131 |
| | | | | | | | | 0.909 (1) | 0.0119 (1) | |
| 11. | 3.92 | 5.14 | 2.636 | 2.556 | 0.080 | 1.321 | 0.072 | 6.020 (5) | 0.0332 (5) | 0.0055 |
| | | | | | | | | 1.204 (1) | 0.0066 (1) | |
| 12. | 3.55 | 4.44 | 2.630 | 2.560 | 0.070 | 1.139 | 0.070 | 5.220 (5) | 0.0318 (5) | 0.0061 |
| | | | | | | | | 1.044 (1) | 0.0064 (1) | |

der Keimwurzel 0,0087 und 0,0079 g., dagegen in Kultur Nr. 3 mit pH zu Anfang 7.43 ist das mittlere Gewicht der Trockensubstanz der Keimwurzel zweimal kleiner (0,004 g). Das Auskeimen der Früchte in alkalischer Lösung war zu Anfang das schnellste (siehe auch Ergebnisse des vorigen Experiments), d. h. die günstigste Lösung für die ersten Entwicklungsstadien war Nr. 1 mit pH zu Anfang 8,3. Das

ca dreifache Gewicht der Keimwurzel in Kultur Nr. 2 mit pH zu Anfang 7,9 zeigt, dass für die Entwicklungsphase II das Optimum nach pH 7.9 verlegt ist. Die Lösung in Kultur Nr. 3 mit AnfangspH 7.43 erwies sich als für beide Phasen ungünstigste alkalische Lösung. Man kann annehmen, dass dieses Minimum im Zusammenhang mit der IPE der Gewebe steht (Robbins 1923).

Die Experimente VIa und VIb wurden in gleichen Lösungen und mit gleichem Material durchgeführt. Darum konnten in der folgenden Tabelle die Ergebnisse der Beobachtungen über die Zahl der ausgekeimten Früchte in der I u. II Phase der Entwicklung vom 7. III. 38 bis zum 18. III. 38 summiert werden.

Prüfungen des Experiments VI ab.

| Kultur Nr. | 9. III 38. | | pH 14. III 38. | | Länge in cm 18. III 38. | | | | | | pH 18. III 38. |
|------------|-------------------------------|-------------------------|--|------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|---|----------------|
| | Mittl. Länge der Keiml. in cm | Zahl d. ausgek. Früchte | In Lösung vor Auswechsl. in erneuert. Lösungen | Mittl. Länge d. Keiml. | Mittl. Länge d. Hypokot. | Mittl. Länge d. Keimwurzel. | Mittl. Zuwachs d. Keiml. | Mittl. Zuwachs d. Hypok. | Zahl d. ausgek. Früchte | | |
| 1. | 1.4 | 2 | 7.59 | 8.30 | 3.3 | 1.0 | 2.3 | 1.9 | 0.9 | 4 | 7.61 |
| 2. | 1.3 | 4 | 7.54 | 7.90 | 5.3 | 1.9 | 3.4 | 4.0 | 2.1 | 4 | 7.33 |
| 3. | 0.3 | 2 | 7.27 | 7.43 | 3.9 | 1.0 | 2.9 | 3.6 | 2.6 | 4 | 7.22 |
| 4. | 0.5 | 5 | 6.99 | 7.03 | 6.6 | 1.6 | 5.0 | 6.1 | 4.5 | 5 | 7.02 |
| 5. | 1.0 | 5 | 6.68 | 6.63 | 7.7 | 1.7 | 5.0 | 6.7 | 4.0 | 5 | 6.67 |
| 6. | 0.7 | 5 | 6.23 | 6.27 | 6.7 | 1.5 | 5.2 | 6.0 | 4.5 | 5 | 6.32 |
| 7. | 2.1 | 4 | 6.19 | 5.90 | 14.5 | 5.3 | 9.2 | 12.4 | 7.1 | 4 | 6.08 |
| 8. | 0.7 | 5 | 5.59 | 5.29 | 9.4 | 2.5 | 6.9 | 8.7 | 6.2 | 5 | 5.69 |
| 9. | 1.1 | 4 | 5.56 | 4.71 | 9.5 | 3.0 | 6.5 | 8.4 | 5.4 | 4 | 5.52 |
| 10. | 0.9 | 5 | 5.56 | 4.23 | 7.5 | 2.9 | 4.6 | 6.6 | 3.7 | 4 | 5.41 |
| 11. | 0.5 | 5 | 5.35 | 3.92 | 5.1 | 1.2 | 3.9 | 4.6 | 3.4 | 5 | 5.14 |
| 12. | 0.6 | 5 | 4.72 | 3.55 | 4.0 | 1.3 | 2.7 | 3.4 | 2.1 | 5 | 4.44 |

Wenn auch die Früchte in alkalischer Lösung am schnellsten zu keimen begonnen haben, so ist die Zahl der ausgekeimten Früchte hier trotzdem geringer, als in neutralen und sauren Lösungen, wie dies die Prüfung am 9. III. 38 zeigt. Die Länge der Keimwurzeln ist in den neutralen und mässig sauren Lösungen gleich. Eine geringe

Länge der Keimwurzeln liess sich in der alkalischen Lösung beobachten (Kultur Nr. 3), gleicherweise in alkalischer (Kultur Nr. 4) und stark saueren Lösungen (Kulturen 11 u. 12). Bei der Prüfung ist am 18. III 38 beobachtet worden, dass fast alle Früchte in den Kulturen gekeimt hatten und dass die Zahl der gekeimten Früchte in allen Kulturen gleich war (4—5 Früchte in jeder). Die Länge der Keimwurzeln ist auffallend verschieden: a) In alkalischer mit pH 7.43—8.30 und in extrem saueren Lösungen mit pH 3.55—3.92 ist die Länge der Keimwurzeln gering. Einige Früchte in alkalischer Lösung haben zerfallende grüne Keimwurzeln, während in saurerer Lösung (Kultur 12), das Ende der Keimwurzel abstirbt. Die grösste mittlere Länge erreichen die Keimwurzeln in Lösungen mit pH 4.23—7.09. Die grösste Länge der Keimwurzeln ist in Kultur Nr. 7 mit pH 5.90 zu Anfang, welche cH als Optimum für das Wachstum der Pflanze im zweiten Stadium, wie auch in den weiteren Stadien, wo sich der Stengel bildet, zu betrachten ist. Auch ist die Zunahme der Keimwurzel in dieser Kultur in der Zeit vom 9. III. 38 bis zum 18. III. 38, die bedeutendste.

Hier ist zu bemerken, dass in alkalischen Lösungen die Keimpflanze schnell grün wird (Chlorophyll in den Zellen), doch kommt bald das Wachstum zum Stillstand (Kulturen Nr. 1—3). In neutralen und saueren Lösungen ist die Farbe der Keimwurzeln rötlich violett. In stark saueren Lösungen (Kulturen Nr. 10—12) verbiegt sich die Keimwurzel nicht selten (Entstehung grüner Nebenwurzeln). In anderen, neutralen und saueren Phosphaten geschieht dies später.

pH der Lösungen im Experiment VI a, b.

| № | I | | II | | | III | |
|-----|-------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | pH 22. XII 37. | pH 19. I 38. | pH 19. I 38. | pH 9. III 38. | pH 14. III 38. | pH 14. III 38. | pH 18. III 38. |
| 1. | 8.30 | 7.39 | 8.20 | 7.60 | 7.59 | 8.30 | 7.61 |
| 2. | 7.90 | 7.28 | 7.90 | 7.60 | 7.54 | 7.90 | 7.33 |
| 3. | 7.43 | 6.99 | 7.43 | 7.30 | 7.27 | 7.43 | 7.22 |
| 4. | 7.09 | 6.66 | 7.03 | 7.00 | 6.99 | 7.03 | 7.02 |
| 5. | 6.63 | 6.52 | 6.63 | 6.70 | 6.68 | 6.63 | 6.67 |
| 6. | 6.27 | 6.04 | 6.27 | 6.25 | 6.23 | 6.27 | 6.32 |
| 7. | 5.90 | 5.68 | 5.90 | 6.20 | 6.19 | 5.90 | 6.08 |
| 8. | 5.29 | 5.31 | 5.29 | 5.65 | 5.59 | 5.29 | 5.69 |
| 9. | 4.71 | 5.17 | 4.70 | 5.56 | 5.56 | 4.71 | 5.52 |
| 10. | 4.23 | 4.95 | 4.23 | 5.56 | 5.56 | 4.23 | 5.41 |
| 11. | 3.92 | 4.77 | 3.91 | 5.50 | 5.35 | 3.92 | 5.14 |
| 12. | 3.55 | 4.54 | 3.54 | 4.70 | 4.72 | 3.55 | 4.44 |

Die Auswechslung der Lösungen I u. II entspricht dem Experiment VIa, die Auswechslung der Lösung III jedoch dem Experiment VIb. Wie die Prüfung am 19. I. 38 zeigt, haben auch die nicht keimenden Früchte die Eigenschaft das pH in den Lösungen zu regulieren, indem die alkalischen Lösungen neutral, die saueren weniger sauer werden. Bei Früchten, wo die Richtung beider Regulierungen sich berühren ist pH 5,5. Die Regulierung des pH bei den keimenden Früchten erwies sich in der späteren Prüfung die gleiche. Auch bezeugt dasselbe die letzte Prüfung am 18. III. 38, jedoch ist hier die Regulation mehr auf die Keimlinge zurückzuführen. Dies zeigt sich in den geringen Veränderungen der Azidität in Lösungen mit pH 6—7 nicht aber bei pH 5,5.

VII. Experiment.

Der Zweck dieses Experiments ist die Prüfung der beschleunigten Keimung der Früchte in alkalischen und saueren Lösungen, wie auch die Erforschung der Tätigkeit der Fermente (Entstehung von Zucker) in Abhängigkeit von cH . Um diese Fragen besser zu beantworten, wurden 200 ccm der in Tabelle p. 111. genannten Phosphatlösungen in einer Reihe von Kulturen mit pH 3.55 bis 8.30 in 12 gewöhnlichen Glaszylindern von 300 ccm Inhalt angestellt. Konzentration der Phosphate in allen Zylindern die gleiche. Die Früchte je 4 im Zylinder wurden vorher sorgfältig gesäubert; die Zylinder zuletzt dicht verschlossen. Vor dem Hineintun der Früchte wurde in den Lösungen das pH bestimmt. Die Kulturen wurden im Laboratorium auf dem N-Fenster aufgestellt. Diese wurden täglich vom 11. I. 38 bis zum 14. I. 38 geprüft. Die Lösungen in den Kulturen wurden nicht gewechselt. Das Experiment wurde am 1. I. 38 begonnen und am 14. I. 38 beendet. An letzterem Datum wurden die Früchte aus den Lösungen herausgenommen und an der Luft trocknen gelassen. Gleichzeitig wurde das pH in den Lösungen elektrometrisch geprüft. Am 16. I. 38 wurden die Kerne (Samen) aus den Früchten herausgeschält, in einem Mörser zerrieben und in gewöhnlichem Probierglas in Wasser aufgeschwämmt und somit die zerriebene Masse mit zehnfacher Menge Wasser verdünnt. Die Probiergläser wurden bis zum folgenden Tage an kühlem Orte aufgehoben. Am nächsten Tage wurde der Gehalt an Zucker nach Fischer in jedem Probierglas mittels Fehling'schen Reaktivs festgestellt.

Prüfungen des VII. Experiments.

| № | pH in Kulturen 1. I 38. | Prüfung am 11. I 38. | Prüfung am 12. I 38. | Prüfung am 13. I 38. | Prüfung am 14. I 38. | Glykoze in 20 ccm Lösung mg | | Bemerkungen |
|-----|-------------------------|----------------------|------------------------------------|--|--|-----------------------------|-----------|------------------------------------|
| | | | | | | pH | 14. I 38. | |
| 1. | 8.30 | Keine Keimung | 1 Frucht mit 0.2 cm langer Kmw. | 2 Früchte mit 0.1 u. 0.5 cm langen Kmw. | 3 Früchte mit 0.4, 1.0 u. 1.0 cm langen Kmw. | 1.4 | 7.24 | 1 keimfähige Frucht keimte nicht |
| 2. | 7.90 | — " — | — " — | 2 Früchte mit 0.1 u. 0.5 cm langen Kmw. | 1 Frucht mit 1.5 cm 3 Früchte mit 0.1—0.2 cm langen Kmw. | 1.9 | 7.16 | — " — |
| 3. | 7.43 | — " — | Keine Keimung | Keine Keimung | Keine Keimung | 1.9 | 7.00 | 3 umgekeimte Früchte keimfähig |
| 4. | 7.03 | — " — | — " — | — " — | 1 Frucht mit 0.2 cm langen Keimw. | 2.4 | 6.80 | — " — |
| 5. | 6.63 | — " — | — " — | — " — | — " — | 2.4 | 6.40 | — " — |
| 6. | 6.27 | — " — | — " — | — " — | 2 Früchte mit 0.1—0.2 cm langen Keimw. | 2.8 | 5.96 | 2 keimfähige Früchte keimten nicht |
| 7. | 5.90 | — " — | — " — | — " — | 1 Frucht mit 0.1 cm langer Keimw. | 2.4 | 5.77 | 3 keimfähige Früchte keimten nicht |
| 8. | 5.29 | — " — | — " — | 3 Früchte mit 0.1—0.2 cm langen Kmw. | 1 Frucht mit 0.5 cm 2 Früchte mit 1.0 cm langen Keimw. | 2.8 | 5.34 | 1 keimfähige Frucht keimte nicht |
| 9. | 4.71 | — " — | 2 Früchte mit 0.2 cm langen Keimw. | 2 Früchte mit 1.5 cm, 2 Fr. mit 0.3 cm langen Kmw. | 2 Früchte mit ca 1.5 cm, 2 Früchte mit ca 1.0 cm langen Keimw. | 3.3 | 5.42 | Alle Früchte keimen |
| 10. | 4.23 | — " — | Früchte keimen nicht | Früchte keimen nicht | 1 Frucht mit 0.1 cm langer Keimw. | 2.4 | 5.39 | 3 keimfähige Früchte keimen nicht |
| 11. | 3.92 | — " — | — " — | — " — | Früchte keimen nicht | 2.4 | 5.12 | Alle 4 Früchte keimfähig |
| 12. | 3.55 | — " — | — " — | — " — | — " — | 2.4 | 5.05 | — " — |

Die Beobachtungen des VII Experiments bezeugen, dass in alkalischer Lösung mit pH 7.90 bis 8.30 (Kulturen 1 u. 2) und in saueren Lösungen (Kulturen 8 u. 9) mit pH 4.71 und 5.29 die Keimung beschleunigt wird. Extrem saure Lösungen mit pH 3.55 und 3.92 (Kulturen 11 u. 12) hindern die Keimung. Das Minimum liegt, wie auch die früheren Experimente gezeigt haben, in Kultur 3 mit pH 7.43, wo die Keimung langsamer vor sich geht. Vom Zuckergehalt, d. h. von der Tätigkeit der Amylase ist die Geschwindigkeit der Keimung nicht abhängig. In alkalischer Lösung ist der Gehalt an Zucker in den Früchten am geringsten, trotzdem die Auskeimung beschleunigt war. Die grössten Zuckermengen sind in den Kulturen 8 u. 9 mit pH 4.71 resp. 5.29 mobilisiert. Hier findet sich erst später die beste Entwicklung.

VIII . Experiment .

In diesem Experiment wurde die Abhängigkeit des Wachstums des Hypokotyls, sowie der Entwicklung des Stengels von der cH der Phosphate, wie auch des Mg- und Ca-Karbonats in den Lösungen geklärt.

Kontrollen in Leitungs- und redestilliertem Wasser. Zusammensetzung der Lösungen:

| | | | | |
|----|-----|--|--|---------|
| Nr | 1. | 20.0 ccm 2m/15 Na ₂ HPO ₄ · 2H ₂ O | + 280 ccm redest. H ₂ O | pH 8.30 |
| " | 2. | 16.0 " " " " + 4.0 ccm 2m/15KH ₂ PO ₄ | + " " " " " | 7.31 |
| " | 3. | 4.0 " " " " + 16.0 " " " " " " " " " " | + " " " " " " " " " | 6.23 |
| " | 4. | 20.0 " " " KH ₂ PO ₄ | + " " " " " " " " " | 4.68 |
| " | 5. | 19.0 " " " KH ₂ PO ₄ + 1.0 ccm H ₃ PO ₄ (1 ccm = 10 mg P ₂ O ₅) | + " " " " " " " " " | 3.58 |
| " | 6. | 0.5 " MgCO ₃ | + 300 " " " " " " " " " | 8.57 |
| " | 7. | 0.5 " CaCO ₃ | + " " " " " " " " " | 7.10 |
| " | 8. | 1.0 " CaCO ₃ + 1.0 g frische Seegyttja | + " " " " " " " " " | 7.25 |
| " | 9. | 300.0 " Leitungswasser | | 7.64 |
| " | 10. | | 300 " " " " " " " " " | 5.37 |

In jeder Kultur in breithalsigen Erlenmeyerkolben aus Jenaerglas von 300 ccm Kapazität wurden je 2 ausgekeimte Früchte untergebracht: eine (b) mit kurzer Keimwurzel, die andere (a) mit langer (siehe Tabelle, Messungen am 25. I. 38). Dann wurden die Kolben mit Glasdeckel geschlossen. Die Messung der Keimwurzeln wurde am 2. II. und am 7. II. vorgenommen. In allen Kulturen ausser Nr. 6, 7 u. 8 wurden am 2. II. 38 die Lösungen gewechselt. Die Kulturen wurden im Laboratorium auf dem N-Fenster des Zimmers (16—20°C) aufgestellt.

Prüfungen des VIII. Experiments.

| Zeit der Prüfung | Teile des Keimlings | Kulturen № | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|------------|------|------|------|------|------|------|--------------|------|------|-------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| pH | 25. I 38. | 8.30 | 7.31 | 6.23 | 4.68 | 3.58 | 8.57 | 7.10 | 7.20 | 7.64 | 6.00 | |
| | 7. II 38. | 7.11 | 7.12 | 6.19 | 4.91 | 3.60 | 8.47 | 6.84 | 6.80 | 6.84 | 5.37 | |
| Länge d. Keiml. am 25. I 38. in cm | a | Hypokotyl | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.4 | 0.7 | 0.2 | 0.6 |
| | | Keimwurzel | 6.2 | 3.7 | 6.1 | 4.2 | 3.8 | 3.4 | 5.1 | 2.8 | 3.8 | 1.9 |
| | | Stengel | | | | | | | | | | |
| | b | Hypokotyl | | | | | | | | | | |
| | | Keimwurzel | 1.5 | 0.8 | 0.9 | 2.0 | 1.4 | 2.0 | 1.5 | 1.5 | 0.5 | 0.3 |
| | | Stengel | | | | | | | | | | |
| Länge d. Keiml. am 2. II 38. in cm | a | Hypokotyl | 3.5 | 1.8 | 2.2 | 1.6 | 1.8 | 1.5 | 5.0 | 4.2 | 5.2 | 7.2 |
| | | Keimwurzel | 7.0 | 7.0 | 10.2 | 6.4 | 5.2 | 6.5 | 7.0 | 5.8 | 9.3 | 6.8 |
| | | Stengel | 0.4 | | | | | | | 0.3 | | |
| | b | Hypokotyl | 1.5 | 2.0 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.6 | 1.8 | 1.3 | 0.3 | |
| | | Keimwurzel | 3.5 | 1.5 | 3.9 | 5.3 | 2.0 | 5.4 | 8.0 | 3.7 | 6.6 | 3.0 |
| | | Stengel | | | | | | | | | | |
| Zunahme vom 25. I 38. bis 2. II 38. in cm | a | Hypokotyl | 2.8 | 1.0 | 1.6 | 1.3 | 1.6 | 1.4 | 4.6 | 3.5 | 5.0 | 6.6 |
| | | Keimwurzel | 0.8 | 3.3 | 4.1 | 2.2 | 1.4 | 3.1 | 1.9 | 3.0 | 5.5 | 4.9 |
| | | Stengel | 0.4 | | | | | | | 0.3 | | |
| | b | Hypokotyl | 1.5 | 2.0 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 1.8 | 1.3 | 0.6 | |
| | | Keimwurzel | 2.0 | 0.7 | 3.0 | 3.3 | 0.6 | 3.4 | 6.5 | 2.2 | 5.9 | 3.0 |
| | | Stengel | | | | | | | | | | |
| Länge d. Keiml. am 7. II 38. in cm. | a | Hypokotyl | 4.0 | 3.5 | 4.5 | 3.5 | 2.0 | 3.2 | 9.0 | 8.0 | 11.5 | 10.0 |
| | | Keimwurzel | 7.0 | 7.0 | 12.0 | 7.0 | 5.5 | 7.0 | 7.5 | 6.5 | 9.5 | 7.0 |
| | | Stengel | 0.4 | | 1.2 | 1.0 | | 0.5 | 8.0 | 6.5 | 3.0 | 3.5 |
| | b | Hypokotyl | 2.5 | 4.5 | 3.0 | 3.0 | 0.8 | 1.5 | 7.0 | 7.0 | 6.6 | |
| | | Keimwurzel | 3.5 | 2.0 | 5.5 | 6.5 | 2.0 | 5.5 | 11.0 | 4.2 | 11.5 | 1.0 |
| | | Stengel | | | | 0.4 | | 0.3 | 1.4 | 1.0 | 0.5 | |
| Zunahme in cm vom 2. II 38. bis 7. II 38. | a | Hypokotyl | 0.4 | 1.7 | 2.3 | 2.9 | 0.2 | 1.7 | 4.0 | 3.8 | 6.3 | 2.8 |
| | | Keimwurzel | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 0.6 | 0.3 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.3 | 0.2 |
| | | Stengel | 0.4 | | 1.2 | 1.0 | | 0.5 | { 8.0 1.0 | 6.2 | 3.0 | 3.5 |
| | b | Hypokotyl | 1.0 | 2.5 | 3.1 | 2.9 | 0.0 | 0.9 | 5.2 | 5.7 | 6.0 | |
| | | Keimwurzel | 0.0 | 0.5 | 2.6 | 1.2 | 0.0 | 0.1 | 3.0 | 0.5 | 4.9 | Abgebrochen |
| | | Stengel | | | | | | 0.3 | 1.4 | 1.0 | 0.5 | |

Prüfungen des VIII. Experiments. (Fortsetzung.)

| Zeit der Prüfung | Teile des Keimlings | Kulturen № | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-----|------|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| Zunahme in cm vom 25. I 38 bis 7. II 38. | a | Hypokotyl | 3.2 | 2.7 | 3.9 | 3.2 | 1.8 | 3.1 | 8.4 | 7.3 | 11.7 | 9.4 |
| | | Keimwurzel | 0.8 | 7.0 | 3.9 | 2.8 | 1.7 | 3.6 | 2.4 | 3.7 | 5.7 | 5.1 |
| | | Stengel | | | | 1.0 | | 0.5 | 8.0 1.0 | 6.5 | 3.0 | 3.5 |
| | b | Hypokotyl | 2.5 | 4.5 | 3.7 | 3.0 | 0.7 | 1.5 | 7.0 | 7.0 | 6.6 | |
| | | Keimwurzel | 3.5 | 1.2 | 4.6 | 4.5 | 0.6 | 3.5 | 9.5 | 2.7 | 11.0 | 3.0 |
| | | Stengel | | | | 0.4 | | 0.3 | 1.4 | 1.8 | 0.5 | |

Die Prüfung vom 2. II. 38 zeigt, dass das Hypokotyl und die Keimwurzel sich am besten in den Kulturen Nr. 3, 7, 8, 9 und 10 entwickelt haben. In Kulturen 1, 2, und 6 wird das Wachstum durch die alkalische Reaktion gehindert (pH 7.3—8.5), dagegen hindert in Kulturen 4 u. 5 das Wachstum der Keimwurzeln die saure Reaktion (insbesondere in Kultur Nr. 5). Beim Vergleich des Wachstums der kürzeren (b) Keimwurzel und der längeren (a), wurde gefunden, dass die längere Keimwurzel langsamer wächst (in natürlichen Verhältnissen erlangt die Keimwurzel die Länge von 7—8 cm), das Hypokotyl dagegen sein Wachstum fortsetzt. Bei den kürzeren Keimlingen wächst zu Anfang durchweg die Keimwurzel rapide, das Hypokotyl dagegen langsam, nachher ist es umgekehrt.

Bei der Prüfung der Kulturen am 7. II. 38 wurde festgestellt, dass in Kultur Nr. 1 die Keimlinge sehr träge wachsen (die Länge der Keimwurzel des längeren Keimlings hat um 0,4 cm, die des kürzeren um 1,0 cm zugenommen) und allmählich zu Grunde gehen. Fast gar kein Wachstum ist in der sauren Lösung mit pH 3,6 (Kultur Nr. 5) zu beobachten. Ebenfalls gering ist die Zunahme der Keimwurzeln in der Kultur 6 (pH 8,6).

Das beste Wachstum findet sich in Kulturen Nr. 7 u. 8, wo auch die beste Entwicklung des Stengels stattfindet. Als gute Lösungen für das Wachstum und Entwicklung der Keimlinge sind die Kulturen 3, 9, u. 10 zu bezeichnen. Bei der Beobachtung der Zunahme der Keimlinge am 7. II. 38, konnte festgestellt werden dass nach Verminderung des Wachstums der Keimwurzel, das Hypokotyl sich reger zu entwickeln beginnt. Sobald das Hypokotyl sein Wachstum vermindert, beginnt die Stengelknospen sich zu entfalten. In angemessenen Lösungen ist in dieser Zeit eine Biegung der Keimwurzel in wagerechte

Stellung zu beobachten, was durch die Bildung von grünen Nebenwurzeln (positiv geotropisch) an einer ihrer Seite zu erklären ist. Zur selben Zeit beginnt das Wachstum des Stengels und die Bildung negativ geotropischer Wurzeln, an der Basis der Keimwurzel. Das Seewasser und die Gytija beeinflussen das Wachstum günstig. Es ist anzunehmen, dass letzteres sich durch die Armut des Wassers an O_2 erklärt (Terasawa 1927). In III. Entwicklungsphase dieser Kulturserie beginnt der Stengel sich in Gegenwart von Calciumbikarbonaten im Seewasser bei pH ca 6,8 zu entwickeln. Die Wirkung der schädlichen cOH der Bikarbonate wird durch die Gytija eliminiert, welche die Alkalität des Wassers von pH 7,6—8,5 auf pH 6,8 vermindert.

Bei der Prüfung am 7. II. 38 wurden an allen Früchten die Keimwurzeln abgeschnitten und die Schale von dem Samen getrennt. Die ausgeschälten Kerne wurden gewogen und in einem Mörser mit zehnfacher Menge redestill. Wasser verrieben. Am nächsten Tage wurden in 2 ccm Auszug die reduzierenden Zucker mittels des Fehling'schen Reaktivs nach Fischer bestimmt. Durch Umrechnung der reduzierten Fehling'schen Lösungen in Glykose, wurde für 20 ccm Auszug gefunden:

| | |
|------------------------|--------|
| Kultur Nr. 1 | 1,4 mg |
| „ „ 2 | 3,8 „ |
| „ „ 3 | 3,8 „ |
| „ „ 4 | 3,8 „ |
| „ „ 5 | 2,8 „ |
| „ „ 6 | 2,0 „ |
| „ „ 7 | 3,3 „ |

Diese Zahlen bestätigen das Ergebnis des vorigen Experiments, nämlich, dass in dem alkalischen Milieu (Kulturen Nr. 1 u. 6) in den Früchten sich weniger Zucker bildet als in sauerem Milieu.

IX. Experiment.

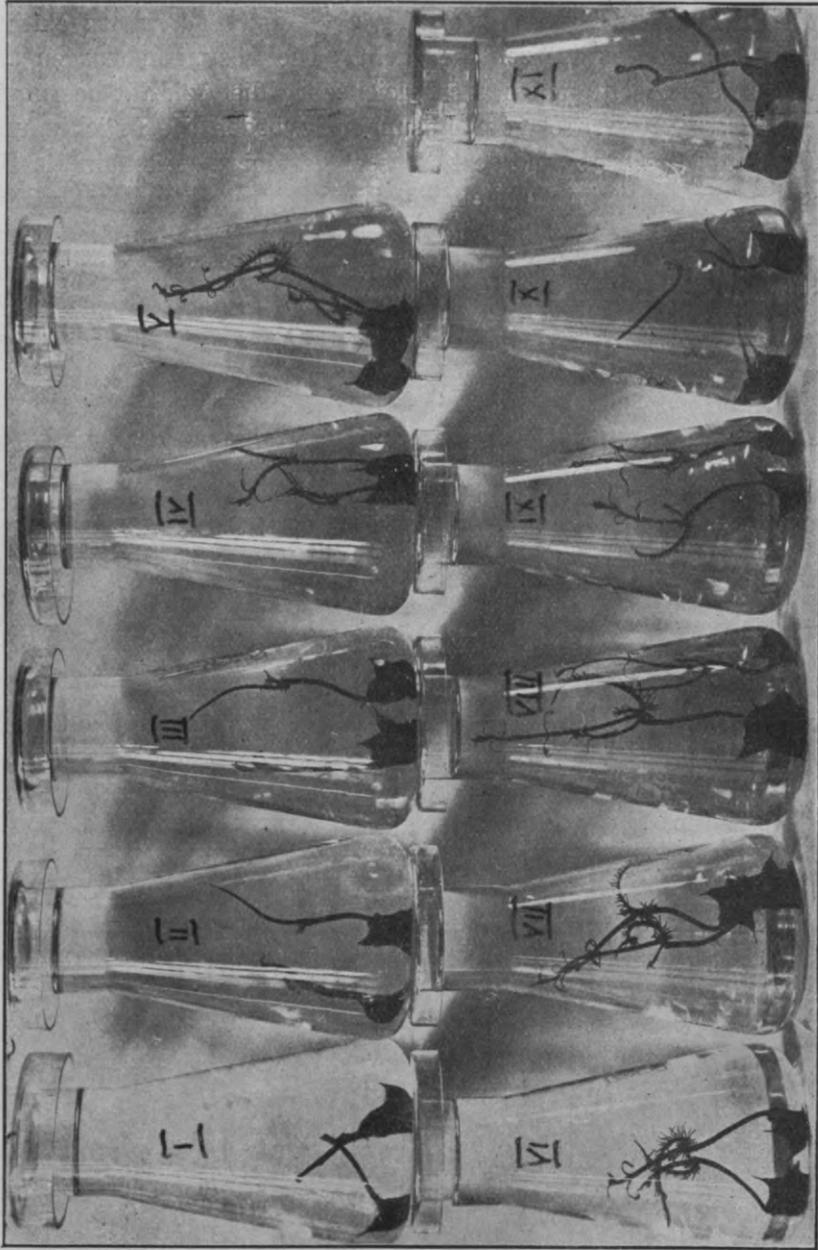
Der Zweck dieses Experiments war die Feststellung des Optimums des Stengelwachstums in der III. Phase der Keimung bei verschiedener cH in den Lösungen. Die Konzentration der Phosphate ist

m/300 mit pH zu Anfang 3,1—8,1. Menge der Flüssigkeit in breithal-
sigen Erlenmeyerkolben aus Jenaerglas 210 bis 220 ccm. Es wurden
am 24. III. 34 in die Kulturen je 2 Früchte (fo. *subcoronata* Nath.)
mit 2 cm langen Keimwurzeln gebracht. Die Lösungen wurden am
15. IV. 34 gewechselt, indem auch gleichzeitig die Azidität bestimmt
wurde. Beim Auswechsel der Lösungen wurden die Früchte und
Keimlinge mit Leitungs- und dest. Wasser gereinigt. Bis zum 15. IV.
wurden die Kulturen im Dunkeln bei Zimmertemperatur aufbewahrt
(15—18°C). Ab 15. IV. 34 wurden sie im Licht im selben Raum auf
dem Fensterbrett aufgestellt. Die Kulturen wurden 4 Mal geprüft.
Das Experiment wurde am 21. IV. 34 beendet, indem das pH durch
Indikatoren im «Hellige» Komparator bestimmt wurde. Die Zusam-
mensetzung der Lösungen in den Kulturen war folgende:

| | | | |
|-------|---|------------------------|--------|
| № 1. | 100 ccm m/15Na ₂ HPO ₄ ·2H ₂ O + | 200 ccm redest. Wasser | pH 8.1 |
| " 2. | 9.5 " " " " + 0.5 ccm m/15KH ₂ PO ₄ +200 | " " " " | pH 7.7 |
| " 3. | 8.0 " " " " + 2.0 " " " " | " " " " | pH 7.4 |
| " 4. | 6.0 " " " " + 4.0 " " " " | " " " " | pH 6.9 |
| " 5. | 4.0 " " " " + 6.0 " " " " | " " " " | pH 6.7 |
| " 6. | 2.0 " " " " + 8.0 " " " " | " " " " | pH 6.1 |
| " 7. | 1.0 " " " " + 9.0 " " " " | " " " " | pH 5.9 |
| " 8. | 0.25 " " " " + 9.75 " " " " | " " " " | pH 5.1 |
| " 9. | — — — — — | " " " " | pH 4.5 |
| " 10. | 0.5 ccm m/15H ₃ PO ₄ — 10.0 | " " " " | pH 3.3 |
| " 11. | 1.5 " " " " — 10.0 | " " " " | pH 3.1 |

pH in Kulturen des IX. Experiments.

| № | 24. III 34. | 15. IV 34. | | 21. IV 34. |
|-----|-------------|----------------|-----------------|------------|
| | | vor Auswechsel | nach Auswechsel | |
| 1. | 8.1 | 7.2 | 8.2 | 7.8 |
| 2. | 7.7 | 7.1 | 7.9 | 7.3 |
| 3. | 7.4 | 6.9 | 7.3 | 6.9 |
| 4. | 6.9 | 6.7 | 7.0 | 6.7 |
| 5. | 6.7 | 6.2 | 6.6 | 6.4 |
| 6. | 6.1 | 6.0 | 6.1 | 6.1 |
| 7. | 5.9 | 6.0 | 5.3 | 5.4 |
| 8. | 5.1 | 6.0 | 5.3 | 5.4 |
| 9. | 4.5 | 5.4 | 4.5 | 5.3 |
| 10. | 3.3 | 4.1 | 3.3 | 5.2 |
| 11. | 3.1 | 3.9 | 3.1 | 4.7 |



Kulturen der *Trapa* des IX. Experiments am 22. IV. 34.

Prüfungen der Keimlinge in den Kulturen des
IX. Experiments. (Siehe Abbildung p. 124.)

Prüfung am 27. III. 34: Keimlinge in allen Kulturen normal.

Prüfung am 2. IV. 34: Am besten wachsen die Keimwurzeln in Kulturen 5—9. In neutralen und alkalischen Phosphatlösungen sammeln sich an den Keimporen der Früchte Bakterienkolonien, was auf die Ausscheidung irgendwelcher organischer Substanzen an dieser Stelle hinweist. In sauerem Milieu entwickeln sich an den Früchten Pilzmyzelien (*Achlya* und *Saprolegnia*).

Prüfung am 9. IV. 34: In Kulturen 1—4 sind die Keimwurzeln bleich, dagegen in Kulturen 8—11 sind sie braun gefärbt. Die bedeutendste Zunahme der Keimwurzeln ist in den Kulturen Nr. 5—8. Hier sind die Keimwurzeln rötlich braun gefärbt.

Prüfung am 21. IV. 34: Die Keimlinge entwickeln sich gut in Kulturen 2, 3 u. 9, jedoch am besten in Kulturen Nr. 4—8. Die Keimwurzeln sind stark beschädigt und abgestorben in Kulturen Nr. 1, 10 u. 11, was nochmals dafür zeugt, dass *Trapa* Keimlinge sehr gegen alkalische und stark saure Lösungen empfindlich sind. Wurzelentwicklung ist in Kulturen Nr. 4—9 zu beobachten, wo sie 0,2—0,7 cm lang sind. Am besten entwickeln sich Wurzeln an den Keimlingen in den Kulturen Nr. 6—9. Stengelanlagen entwickeln sich nicht in Kulturen Nr. 1, 2, 10 u. 11. Schwach entwickeln sich die Stengelanlagen in Kulturen Nr. 3 u. 4, wo sie 1,0—2,0 cm lang sind. Gute Stengelentwicklung in Kulturen Nr. 5, 6, 7 u. 9 (2,5—5,5 cm lang). Am besten ist die Stengelentwicklung in Kultur Nr. 8 mit pH 5,1—5,4 (7—8 cm lang).

X. Experiment.

Zweck: Bestimmung des Einflusses der cH , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ und anderer Lösungen auf die V. Entwicklungsphase.

Material: Aus dem Pakrata See kommende *Trapa natans* ssp. *laevigata* fo. *subconocarpa* Nath. Die Pflanzen haben ein völlig entwickeltes Wurzelsystem. Stengel 90—120 cm lang mit Blattrosetten und grünen Nebenwurzeln am unteren Ende des Stengels. Am 25. VI. 38 wurden die Pflanzen in redestilliertem Wasser sorgfältig abgespült und je eine in 1 Liter grosse Erlenmeyerkolben gebracht.

Die Kulturen wurden mittels Glasplatten zugedeckt und in Zimmertemperatur auf dem N-Fenster aufgestellt.

1. Kultur. 0,05% Calciumkarbonatlösung 500 ccm, pH am 25. VI. 38 — 7,25, jedoch am 12. VII. 38 pH 7,39. Prüfung am 10. VII. 38: Stengel grau, verdorben, Wurzeln mit schwarzen Enden (verdorben). Auch sind die Blätter grau. Am Ende des Stengels hat sich eine kleine sekundäre Blattrosette gebildet mit kleinen Blütenknospen.

2. Kultur. Calciumkarbonatlösung Nr. 1 500 ccm + 500 ccm redestilliertes Wasser. Am 25. VI. 38 pH 6,96, am 12. VII. 38 jedoch pH 6,96. Prüfung am 10. VII. 38: Stengel und Wurzeln der Pflanze sind verdorben, ihre Farbe ist grau und gelblich.

3. Kultur. Calciumkarbonatlösung Nr. 1 330 ccm + 660 ccm redestill. Wasser. Am 25. VI. 38 pH 6,89, am 12. VII. 38 jedoch pH 6,64. Prüfung am 10. VII. 38: Stengel und Wurzeln durchweg stark beschädigt.

4. Kultur. 300 ccm Calciumkarbonatlösung Nr. 1 + 300 ccm 0,01% $MgCO_3$ -Lösung. Am 25. VI. 38 pH 7,22, am 12. VII. 38 pH 7,39. Prüfung am 10. VII. 38: Blätter, Stengel und z. T. auch Nebenwurzeln grün, Wurzeln violett. Die Pflanze ist schwach beschädigt.

5. Kultur. 300 ccm Calciumkarbonatlösung Nr. 1 + 600 ccm 0,01% $MgCO_3$ -Lösung. Am 25. VI. 38 pH 7,53, am 12. VII. 38 pH 6,75. Prüfung am 10. VII. 38: Wurzeln, Stengel und Blätter verdorben, nicht aber die grünen Nebenwurzeln.

6. Kultur. Gesättigte CaO Lösung 500 ccm. Am 25. VI. 38 pH ca 10,0, am 12. VII. 38 pH 7,39. Prüfung am 10. VII. 38: Alle Teile der Pflanze tot.

7. Kultur. Gesättigte CaO Lösung 400 ccm + 400 ccm redest. Wasser. Am 25. VI. 38 pH 9,3, am 12. VII. 38 pH 7,4. Prüfung am 10. VII. 38: Alle Teile der Pflanze stark beschädigt.

8. Kultur. 900 ccm 0,01% $MgCO_3$ Lösung. Am 25. VI. 38 pH 7,21, am 12. VII. 38 pH 7,25. Prüfung am 10. VII. 38: Stengel, Blätter und Wurzeln stark beschädigt. Weniger beschädigt sind die grünen Nebenwurzeln.

9. Kultur. 900 ccm 0,02% $MgCO_3$ Lösung. 25. VI. 38 pH 7,46, am 12. VII. 38 aber pH 7,28. Prüfung am 10. VII. 38: Wie in Kultur Nr. 8.

10. Kultur. 900 ccm Leitungswasser. Am 25. VI. 38 pH 7.63, am 12. VII. 38 pH 7.53. Prüfung am 10. VII. 38: Stengel und Blätter stark beschädigt, die grünen Nebenwurzeln dagegen und die Nebenwurzeln der Keimwurzel haben nur geringe Beschädigung (schwarze Enden). Am Ende des Stengels entwickelt sich kleine sekundäre Blattrosette.

11. Kultur. 1000 ccm Leitungswasser +5 ccm n/10 H_2SO_4 . Am 25. VI. 38 pH 7.56, am 12. VII. 38 pH 7.10. Prüfung am 10. VII. 38: Die Pflanzen haben nur geringe Beschädigungen. Am Ende des Stengels entwickelte sich eine kleine Blattrosette mit Blütenknospen.

12. Kultur. 1000 ccm Leitungswasser +13 ccm n/10 H_2SO_4 . Am 25. VI. 38 pH 6.79 am 12. VII. 38 pH 5.52. Prüfung am 10. VII. 38: Wie Kultur Nr. 11.

13. Kultur. 1000 ccm Leitungswasser +18 ccm n/10 H_2SO_4 . Am 25. VI. 38 pH 3.55 am 12. VII. 38 pH 5.35. Prüfung am 10. VII. 38: Stengel und Wurzeln stark beschädigt. Am Ende des Stengels hat die Blattrosette noch einige grüne Blätter. Blütenknospen nicht vorhanden.

14. Kultur. 1000 ccm redestill. Wasser. 25. VI. 38 pH 5.71, am 12. VII. 38 pH 6.19. Prüfung am 10. VII. 38: Stengel und Blätter mittelmässig beschädigt. Wurzeln und Nebenwurzeln des Stengels wenig beschädigt.

15. Kultur. 100 ccm konzent. CaO Lösung +900 ccm redestill. Wasser. Am 25. VI. 38 pH 7.79, am 12. VII. 38 pH 6.19. Prüfung am 10. VII. 38: Stengel, Blätter und echte Wurzeln stark beschädigt. Die grünen Nebenwurzeln des Stengels und die Nebenwurzeln des Hypokotyls wenig beschädigt.

16. Kultur. 70 ccm konz. CaO Lösung +630 ccm Leitungswasser. Am 25. VI. 38 pH 7.74, am 12. VII. 38 pH 7.18. Prüfung am 10. VII. 38: Alle Teile der Pflanze beschädigt. Am Ende des Stengels hat sich eine kleine Blattrosette gebildet.

In diesem Experiment sterben die Teile der Pflanze am schnellsten in den Kulturen Nr. 6, 7, 9, 13 und 15 ab. Dies erklärt sich durch die schädliche Wirkung der cOH, woraus hervorgeht, dass in der V. Phase die Pflanze ebenso gegen die cOH empfindlich ist, wie der Keimling in der III. Phase (siehe frühere Experimente). Weniger rapides Verderben der Pflanzenteile tritt in Kulturen Nr. 1, 2, 3, 8, 12 und 14 ein. Am besten erhalten sich die Pflanzen in Kulturen Nr. 10 und 11. Die Pflanze ist besonders gegen $Ca(OH)_2$ empfindlich.

Daher ist auch das Fehlen der Pflanze in calciumkarbonatreichen Gewässern in natürlichen Verhältnissen verständlich. Im Sommer machen die anderen Pflanzen in solchen Klarwasserbehältern das Wasser durch intensive Verwertung der CO_2 und der Bikarbonate stark alkalisch (pH ca 8.5 und sogar 10.5), was der Wassernuss schädlich ist. Aus diesem Grunde, muss angenommen werden, tritt die *Trapa* vor der Konkurrenz anderer Pflanzen (*Helodea*, *Nuphar*, u. a.), welche in natürlichen Verhältnissen im Wasser eine stark alkalische Reaktion schaffen können, zurück. An den natürlichen *Trapa* Standorten hindern freilich die reichlichen organischen Stoffe einen dauernden Eintritt starker Alkalität des Wassers.

Wie die Messungen des pH in diesem Experiment zu Anfang und zu Ende bezeugen, ist die Pflanze imstande die Azidität im Wasser zu regulieren: das alkalische Milieu wird neutral, das saure weniger sauer.

XI. Experiment.

In diesem Experiment sollte die Wirkung der cH der Lösungen auf die V. Entwicklungsphase der Pflanze geklärt werden. Am 29. V. 38 wurden in 60 cm hohen (3 Liter Inhalt) Glaszylindern je 3 normal entwickelte Pflanzen mit Blattrosetten eingelegt. Die Zusammensetzung der Lösungen ist folgende:

Nr. 1. 2000 ccm Leitungswasser. Am 29. V. 38 war das pH 7.4, am 2. VI. 38 pH 6.8.

Nr. 2. 2000 ccm redestill. Wasser. Am 29. V. 38 pH 6.7, am 2. VI. 38 pH 6.0.

Nr. 3. 2000 ccm Leitungswasser + 26 ccm n/10 H_2SO_4 . pH am 29. V. 38 — 6.8, am 2. VI. 38 pH 6.0.

Nr. 4. 2000 ccm Leitungswasser + 45 ccm n/10 H_2SO_4 . Am 29. V. 38 — pH 3.4, am 2. VI. 38 pH 3.9.

Die Zylinder wurden alsdann mittels Glasplatten zugedeckt und auf dem N-Fenster im Laboratorium aufgestellt. Das pH wurde in den Kulturen zu Anfang durch Indikatoren im «Hellige» Komparator und zu Ende am 2. VI. 38 festgestellt. Die Prüfung der Kulturen fand am 16. VI. 38 statt.

Bei der Prüfung der Kulturen am 16. VI. 38 wurde festgestellt, dass in Kultur Nr. 1 die Pflanzen sich schlecht erhalten und von Bakterien gelitten hatten. In Kultur Nr. 2 hatten sich die Pflanzen sehr gut erhalten. Hier hatten sich die Wurzeln und der Stengel mit Blattrosette sehr gut entwickelt. In der 3. Kultur mit gleichem pH

hatten sich die Pflanzen noch ein wenig besser erhalten und entwickelt, als in der vorherigen. In der 4. Kultur, wo die Lösung stark sauer ist, hatten sich die Pflanzen schlecht erhalten und waren stark beschädigt.

Diese Beobachtungen bestätigen, dass das Optimum der V. Phase pH 6.0 ist, was mit den Beobachtungen über die Entwicklung des Stengels in der III. Phase übereinstimmt. Beim Vergleich des pH in Lösungen zu Anfang des Experiments und nach 4 Tagen, lässt sich auch hier ersehen, dass die Pflanze die Eigenschaft besitzt, das pH zu regulieren. Die geringste Regulierung ist bei pH 6.0 und pH 6.8 (Kultur Nr. 2 u. 3), welche dem Optimum der Entwicklung der Pflanze entsprechen.

Die Wirkung einiger organischen und anorganischen Verbindungen.

XII. Experiment.

Am 18. I. 38 wurde ein Experiment aufgestellt, dessen Zweck es war, die Wirkung der β -Indolylessigsäure, der Phenylelessigsäure und der Askorbinsäure (C-Vitamin) auf die Keimung der Früchte festzustellen.

In 200 ccm grosse Glaszylinder wurden je 3 keimfähige Früchte eingelegt. Die Zylinder sind mittels Glasplatten mit Vaselinzwischen-schicht geschlossen. Die Kulturen wurden im Laboratorium auf dem Regal in Zimmertemperatur (18—20°C) untergebracht.

Zusammensetzung der Lösungen:

| | | | | |
|-----|----|---------|-------------------------|--|
| Nr. | 1 | 200 ccm | 0,005% | β -Indolylessigsäure in redestill. Wasser. |
| " | 2 | " | 0,0005% | " " " " |
| " | 3 | " | 0,00005% | " " " " |
| " | 4 | " | 0,005% | " " Leitungswasser. |
| " | 5 | " | 0,01% | Phenylelessigsäure in redestill. Wasser. |
| " | 6 | " | 0,001% | " " " " |
| " | 7 | " | 0,0001% | " " " " |
| " | 8 | " | 0,005% | Askorbinsäure " " " |
| " | 9 | " | 0,0005% | " " " " |
| " | 10 | " | 0,00005% | " " " " |
| " | 11 | " | 0,0005% | " " Leitungswasser. |
| " | 12 | " | redestilliertes Wasser. | |

Die Kulturen wurden am 21., 23. und 25. I. 38 geprüft. Zum Schluss wurde in den Lösungen auch das pH mittels Chinhydronelektrode bestimmt (siehe Tab.).

Prüfungen des XII. Experiments.

| Nr | Prüfung am 21. I 38. | Prüfung am 23. I 38. | Prüfung am 25. I 38. | pH 25. I 38. |
|-----|---------------------------------------|---|---|-----------------|
| 1. | Keine Keimung | Keine Keimung | 1 Frucht mit 1.0 cm langer Keimwurzel | 5.99 |
| 2. | — „ — | 1 Frucht mit 0.5 cm langer Keimwurzel | 2 Früchte — 2.0 cm, 1 Frucht — 1.0 cm lange Keimwurzel | 5.42 |
| 3. | — „ — | 2 Früchte mit 1.0 cm langen Keimwurzeln | 2 Früchte mit 3.0 cm langen Keimwurzeln | 5.15 |
| 4. | — „ — | 2 Früchte mit 1.2 bis 1.5 cm langen Keimwurzeln | 2 Früchte mit 3.0 cm langen Keimwurzeln | 6.71 |
| 5. | — „ — | 1 Frucht mit 0.8 cm langer Keimwurzel | 1 Frucht mit 2.0 cm langer Keimwurzel | 5.27 |
| 6. | — „ — | Keine Keimung | 1 Frucht mit 2.0 cm langer Keimwurzel | 6.28 |
| 7. | — „ — | 1 Frucht—Keimwurzel 1.0 cm, 2 andere: Keimwurzeln 0.3 cm lang | 1 Frucht—Keimwurzel 3.5 cm, andere: 2.0 cm lang | 5.99 |
| 8. | — „ — | 1 Frucht mit 1.0 cm langer Keimwurzel | 1 Frucht mit 3.0 cm langer Keimwurzel | 5.31 |
| 9. | — „ — | 3 Früchte mit 1.0—1.2 cm langen Keimwurzeln | 2 Fr. — 3.5 cm lange, 1 „ — 2.5 „ „ Keimwurzeln | 5.02 |
| 10. | — „ — | 1 Frucht mit 1.0 cm langer Keimwurzel | 1 Fr. — 3.0 cm, andere: 0.3 cm lange Keimwurzel | 6.35 |
| 11. | 1 Frucht mit 0.2 cm langer Keimwurzel | 1 Fr. — Keimw. 2 cm, 1 „ — „ 1 „ 1 „ — „ 0,5 „ | 1 Fr. — 6.0 cm Keimw. 1 „ — 4.5 „ „ 1 „ — 3.0 „ „ | 6.35 |
| 12. | 1 Frucht mit 0.1 cm langer Keimwurzel | 1 Frucht mit 2.0 cm langer Keimwurzel | 1 Frucht mit 4.0 cm langer Keimwurzel | 6.45 |

Wie aus den Notierungen der obigen Kulturen hervorgeht, fördern die meisten Konzentrationen der β -Indolylessigsäure, der Phenylelessigsäure und der Ascorbinsäure die Keimung nicht. Grössere Konzentrationen der β -Indolylessigsäure und der Phenylelessigsäure hindern das Keimen (Kulturen Nr. 1, 5 u. 6). Eine bessere Entwicklung der Keimlinge findet sich nur in der Lösung von 0,0005% Ascorbinsäure in Leitungswasser.

XIII. Experiment.

Terasawa (1927) hat gefunden, dass die *Trapa* Früchte in sauerstofffreiem Medium gut keimen können. In diesem Experiment versuchte ich die Bedeutung der reduzierenden Substanzen, und zwar des Calcium Hydrosulphids für die Keimung der Früchte zu prüfen. Zur Kontrolle sind die Früchte in redestilliertes Wasser, Leitungswasser und Wasser des betreffenden Sees, sowie auch in Lösung von CaCO_3 gelegt. Das Experiment wurde am 24. XII. 37 angestellt. In mittels Korken geschlossene 100 ccm grosse Flaschen mit den Lösungen wurden je 3 Früchte gebracht. Die Kulturen sind auf dem N-Fensterbrett bei Zimmertemperatur aufgestellt (10—17°C).

Zusammensetzung der Lösungen:

| | | |
|-------|---------|---|
| Nr. 1 | 100 ccm | Leitungswasser. |
| „ 2 | 100 ccm | redestill. Wasser. |
| „ 3 | 100 ccm | Wasser aus dem See. |
| „ 4 | 100 ccm | redestill. Wasser + 1 g. feuchte Gytta. |
| „ 5 | 100 ccm | ges. CaCO_3 Lösung (150 mg CaCO_3 auf 1 Lit). |
| „ 6 | 50 ccm | „ „ „ + 50 ccm redestill. Wasser. |
| „ 7 | 30 ccm | „ „ „ + 70 „ „ „ |
| „ 8 | 10 ccm | „ „ „ + 90 „ „ „ |
| „ 9 | 25 ccm | ges. Calcium Hydrosulphidlösung + 75 ccm redestill. Wasser. |
| „ 10 | 10 ccm | „ „ „ + 90 „ „ „ |
| „ 11 | 5 ccm | „ „ „ + 95 „ „ „ |

Die Kulturen wurden am 2., 13., 19. und 23. I. 38 geprüft. Das Experiment ist am 24. I. 38 beendet worden, indem die Azidität elektrometrisch mit Chinhydronelektrode bestimmt wurde (siehe Tab.).

Prüfungen des XIII. Experiments.

| N ^o | Prüfung am 2. I 38. | Prüfung am 13. I 38. | Prüfung am 19. I 38. | Prüfung am 21. I 38. | Prüfung am 23. I 38. | pH 24. I 38. |
|----------------|------------------------|--|---|---|--|--------------|
| 1 | Keine Keimung | Keine Keimung | Keine Keimung | 1 Fr. — 0.1 cm, 1 Fr. — 0.5 cm lange Keimwurzeln | 1 Fr. — 1.0 cm, 1 Fr. — 0.5 cm lange Keimwurzeln | 7.37 |
| 2 | " | " | " | 1 Fr. mit 0.1 cm langer Keimwurzel | 1 Frucht mit 0.5 cm langer Keimwurzel | 6.87 |
| 3 | " | " | " | Keine Keimung | Keine Keimung | 7.17 |
| 4 | " | " | " | 1 Fr. mit 0.1 cm langer Keimwurzel | 1 Fr. Keimw. 0.5 cm, 1 Fr. Keimw. 0.2 cm | 6.98 |
| 5 | " | " | 1 Fr. Keimw. 0.5 cm; andere Fr. Keimw. 1.0 cm lang | 2 Fr. Keimw. 2.0 cm lang | 2 Fr. — 3.0 cm lange Keimwurzeln | 7.59 |
| 6 | " | " | Keine Keimung | Keine Keimung | 2 Fr. — 0.1 cm bis 0.2 cm lange Keimwurzeln | 7.48 |
| 7 | " | " | " | 1 Fr. — 0.5 cm, 2 Fr. — 0.1 cm lange Keimwurzeln | 1 Fr. — 1.5 cm 2 Fr. — 0.3 bis 0.5 cm lange Keimwurzeln | 6.65 |
| 8 | " | " | " | Keine Keimung | 1 Fr. Keimw. 0.1 cm | 6.98 |
| 9 | " | " | 1 Fr. — 4.0 cm, 1 Fr. 3.0 cm lan- ge Keimwurzeln | 2 Fr. — 5.0 cm lange Keimwurzeln | 1 Fr. — 8.5 cm, andere — 7.0 cm lange Keimwurzeln | 6.22 |
| 10 | " | " | 2 Fr. — 0.3 cm lange Keim- wurzeln | 1 Fr. — 1.5 cm, 1 Fr. — 1.0 cm lange Keimwurzeln | 1 Fr. — 2.0 cm, 1 Fr. — 2.5 cm lange Keimwurzeln | 5.82 |
| 11 | " | 1 Fr. — 0.5 cm lange Keim- wurzel | 1 Fr. — 6.0 cm, 1 Fr. — 2.0 cm lange Keim- wurzeln | 1 Fr. — 8.0 cm, 1 Fr. — 4.0 cm lange Keim- wurzeln | 1 Fr. — 12.5 cm, 1 Fr. — 7.5 cm lange Keim- wurzeln | 5.86 |

Wie die Daten der Tabelle zeigen, fördern die verdünnten Calcium Hydrosulphidlösungen die Keimung und die Entwicklung der Keimlinge. Die Auskeimung der Früchte fördert auch die Calciumkarbonatlösung, doch nicht in dem Masse. Das Leitungswasser hat eine den Calciumkarbonat-, resp. Bikarbonatlösungen ähnliche Wirkung. Das Wasser des Sees und das Leitungswasser fördern die Auskeimung nicht in besonderem Masse. Diese Beobachtungen bestätigen die Ergebnisse Terasawas (1927), dass die *Trapa* Früchte besser in einem sauerstoffarmen Medium als in einer O_2 -Atmosphäre keimen und sich entwickeln.

XIV. Experiment.

Der Zweck des Experiments ist die Feststellung der Wirkung von $NaCl$, $Al_2(SO_4)_3$ und $MnSO_4$ auf die Keimung der Früchte. Am 29. XII. 38 wurden in zylinderförmigen Glasgefäßen in 100 ccm Lösung je 3 Früchte (fo. *subcoronata* Nath.) eingelegt. Die Gefäße sind luftdicht mittels Glasplatten und Vaselinezwischenschicht geschlossen. Sie wurden in Zimmertemperatur auf dem N-Fensterbrett aufgestellt.

Zusammensetzung der Lösungen:

| | | | |
|-------|---------|----------------|------------------------------|
| Nr. 1 | 100 ccm | 2% | $NaCl$ Lösung, |
| " 2 | " " | 0,5% | " " |
| " 3 | " " | 0,1% | " " |
| " 4 | " " | 0,2% | $Al_2(SO_4)_3$ Lösung, |
| " 5 | " " | 0,05% | " " |
| " 6 | " " | 0,01% | " " |
| " 7 | " " | 0,2% | $MnSO_4 \cdot 7H_2O$ Lösung, |
| " 8 | " " | 0,05% | " " " |
| " 9 | " " | 0,01% | " " " |
| " 10 | " " | redest. Wasser | (Kontrolle). |

Prüfungen des XIV. Experiments.

| Nr | Prüfung am 1. I 39. | Prüfung am 19. I 39. | Prüfung am 21. I 39. | Prüfung am 23. I 39. | Prüfung am 24. I 39. |
|-----|------------------------|------------------------------|---|---|--------------------------------------|
| 1. | Keine Keimung | Keine Keimung | Keine Keimung | Keine Keimung | Keine Keimung |
| 2. | — „ — | — „ — | — „ — | 2 Fr. — Keimwurzeln 0.1—0.2 cm | 2 Fr. Keimwurzeln 0.2—0.5 cm |
| 3. | — „ — | — „ — | — „ — | 1 Fr. — Keimw. 0.4 cm | 1 Fr. — Keimw. 0.5 cm |
| 4. | — „ — | — „ — | 1 Fr. — Keimw. 0.1 cm | 1 Fr. — Keimw. 0.5 cm | 1 Fr. — Keimw. 0.8 cm |
| 5. | — „ — | — „ — | 1 Fr. — Keimw. 0.5 cm | 1 Fr. — Keimw. 3.0 cm | 1 Fr. — Keimw. 3.0 cm |
| 6. | — „ — | — „ — | 1 Fr. — Keimw. 0.5 cm | 1 Fr. — Keimw. 2.0 cm 1 „ — „ 1.0 „ 1 „ — „ 0.1 „ | 3 Fr. — Keimw. 0.7—3.0 cm |
| 7. | — „ — | — „ — | 1 Fr. — Keimw. 0.5 cm | 1 Fr. — Keimw. 1.0 cm | 1 — Fr. Keimw. 2.0 cm (bräunlich) |
| 8. | — „ — | — „ — | 1 Fr. — Keimw. 1.0 cm | 1 Fr. — Keimw. 2 cm | 1 Fr. — Keimw. 2.5 cm (bräunlich) |
| 9. | — „ — | — „ — | 2 Fr. — Keimw. 0.3 cm, 1 Fr. — 0.1 cm | 3 Fr. — Keimw. 1.0 cm | 3 Fr. — Keimw. 1.0—1.5 cm |
| 10. | — „ — | 3 Fr. — Keimw. 0.5—2.0 cm | 3 Fr. — Keimw. 1.5 cm | 3 Fr. — Keimw. ca 2.5 cm | 3 Fr. — Keimw. ca 4.7 cm |

Bei den Prüfungen wurde gefunden, dass die Früchte am besten in destilliertem Wasser auskeimen. In stärkeren NaCl Lösungen keimen die Früchte nicht, in schwächeren NaCl Lösungen keimen sie langsam. Die Früchte keimen in allen $Al_2(SO_4)_3$ und $MnSO_4$ Lösungen, doch am raschesten in den schwächeren Konzentrationen. In

0,2% und 0,05% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ und MnSO_4 Lösungen verderben die Keimwurzeln nachträglich. In 0,01% Lösungen dieser Salze ist die Keimung normal. Eine gewisse ökologische Bedeutung hat die Empfindlichkeit der Pflanze gegen NaCl . Diese zeigt, dass die Pflanze nicht in Brackwasser wachsen kann. Auch weist die Pflanze diese Empfindlichkeit in späteren Entwicklungsstadien auf, was die Beobachtungen der V. Phase in 2%, 1%, 0,5%-igen NaCl Lösungen in destilliertem Wasser bestätigen. In solchen Lösungen von 2% und 1% NaCl verderben die Pflanzen in zwei Wochen. Ähnlich äussert sich die Empfindlichkeit der Pflanze gegen NaCl in Leitungswasser, bei gleicher Konzentration.

XV. Experiment.

In diesem Experiment wurde die Bedeutung verschiedener Konzentrationen der β -Indolylessigsäure und Phenylelessigsäure für die I., II. und III. Entwicklungsphase der Pflanze untersucht. Das Experiment wurde am 23. I. 38 begonnen, indem die Lösungen in 3 Liter grosse Glaszylinder gefüllt, Kontrollen in Leitungs- und redestill. Wasser aufgestellt und die Kulturen bei Zimmertemperatur im Laboratorium auf dem N-Fenster untergebracht wurden.

Zusammensetzung der Lösungen:

| № | Lösung | pH 29. I 38. |
|----|--|-----------------|
| 1 | 3000 ccm Leitungswasser (Kontrolle) | pH 7.60 |
| 2 | " " redestill. Wasser (Kontrolle) | pH 5.80 |
| 3 | " " Leitungswasser + β -Indolylessigsäure 1:100.000 | pH 7.45 |
| 4 | " " " " 1:200.000 | pH 7.50 |
| 5 | " " " " 1:400.000 | pH 7.55 |
| 6 | " " " " 1:2.000.000 | pH 7.41 |
| 7 | " " " " 1:20.000.000 | pH 7.45 |
| 8 | " " Phenylelessigsäure in redest. Wasser 1:10.000.000 | pH 5.53 |
| 9 | " " β -Indolylessigsäure in redestill. Wasser 1:2.000.000 | pH 5.46 |
| 10 | " " β -Indolylessigsäurelösung in redestill. Wasser 1:20.000.000 | pH 5.78 |

Prüfung der Kulturen des XV. Experiments
am 29. I. 38.

| № | Länge der Keimlinge in cm 23. I 38. | Länge der Keimlinge in cm 29. I 38. | Zunahme der Keimlinge bis zum 29. I 38. |
|----|-------------------------------------|---|---|
| 1 | a) 12.0; | a) Hypokot. 6.0, Keimw. 12.0, mit vielen Nebenwurzeln 0.1 – 0.3, Stengel 1.0; | a) 7.0 cm; |
| | b) 1.5; | b) Hypokot. 0.6, Keimw. 5.9; | b) 5.0 cm; |
| | c) 0.5. | c) Keimw. 3.0. | c) 2.5 cm. |
| 2 | a) 9.0; | a) Hypokot. 7.5, Keimw. 11.5, mit Nebenw. bis 1.0, und Stengel 1.7; | a) 11.7 cm; |
| | b) 3.0; | b) Hypokot. 4.5, Keimw. 10.0, Nebenw. beginnen zu wachsen, Stengel 0.5; | b) 12.0 cm; |
| | c) 0.5. | c) Hypokot. 0.5, Keimw. 6.0. | c) 6.0 cm. |
| 3 | a) 7.0; | a) Hypokot. 2.5, Keimw. 9.0; | a) 4.5 cm; |
| | b) 3.0; | b) " 0.2, " 6.3; | b) 3.5 cm; |
| | c) 0.5. | c) Keimw. 2.8. | c) 2.3 cm. |
| 4 | a) 7.0; | a) Hypokot. 9.0, Keimw. 6.0; | a) 8.0 cm; |
| | b) 2.5; | b) " 6.5, " 6.0; | b) 10.0 cm; |
| | c) 0.7. | c) " 2.7, " 7.8. | c) 9.8 cm. |
| 5 | a) 12.0; | a) Hypokot. 4.8, Keimw. 12.2 (Nebenw. beginnen sich zu bilden), Stengel 1.0; | a) 6.0 cm; |
| | b) 3.5; | b) Hypokot. 2.0, Keimw. 7.5; | b) 6.0 cm; |
| | c) 0.2. | c) Keimw. 2.7. | c) 2.5 cm. |
| 6 | a) 11.0; | a) Hypokot. 4.7, Keimw. 11.3; | a) 5.0 cm; |
| | b) 3.0; | b) " 0.1, " 6.4; | b) 3.5 cm; |
| | c) 0.3. | c) Keimw. 2.4. | c) 2.1 cm. |
| 7 | a) 12.0; | a) Hypokot. 5.8, Keimw. 7.3 (Nebenw. bis 0.5), Stengel 2.0; | a) 3.1 cm; |
| | b) 2.0; | b) Hypokot. 0.2, Keimw. 4.6; | b) 2.8 cm; |
| | c) 0.5. | c) Keimw. 2.5. | c) 2.0 cm. |
| 8 | a) 7.0; | a) Hypokot. 2.2, Keimw. 11.8, (Nebenw. beginnen sich zu bilden); | a) 7.0 cm; |
| | b) 3.0; | b) Hypokot. 1.2, Keimw. 8.3; | b) 6.5 cm; |
| | c) 0.5. | c) " 0.1, " 4.0. | c) 3.6 cm. |
| 9 | a) 11.0; | a) Hypokot. 6.5, Keimw. 11.5, (Grüne Nebenw. beginnen sich zu bilden), Stengel 1.0; | a) 8.0 cm; |
| | b) 1.0; | b) Hypokot. 0.3, Keimw. 6.2; | b) 5.5 cm; |
| | c) 0.1. | c) Keimw. 2.5. | c) 2.4 cm; |
| 10 | a) 9.0; | a) Hypokot. 5.5, Keimw. 10.5, (Nebenw. beginnen sich zu bilden), Stengel 0.5; | a) 7.5 cm; |
| | b) 2.0; | b) Hypokot. 1.1, Keimw. 7.9; | b) 7.0 cm; |
| | c) 0.1. | c) Keimw. 3.0. | c) 2.9 cm. |

Die Ergebnisse der Untersuchung über die Wirkung der β -Indolylessigsäure und der Phenylelessigsäure auf die Entwicklungsphasen I., II., III. zeigen, dass diese Substanzen in den angewandten Konzentrationen die Entwicklung nicht fördern. Die Entwicklung der Keimlinge in den Kulturen zeigt die störende Wirkung des cOH (Kulturen Nr. 1, 3, 7).

XVI. Experiment.

Am 10. II. 38 wurde ein Experiment angestellt, dessen Zweck die Untersuchung der Abhängigkeit der III. und IV. Entwicklungsphasen von der cH und der β -Indolylessigsäure war. Die Zusammensetzung der Lösungen in den Kulturen war folgende:

| | |
|--------|--|
| Nr. 1. | 1950 ccm redestil. Wasser + 50 ccm 2 m/15Na ₂ HPO ₄ ·2H ₂ O pH 10. II 38—8. 30; 23. II 38 pH 7. 31 |
| „ 2. | 1950 „ „ „ + 40 ccm 2m/15Na ₂ HPO ₄ ·2H ₂ O + 10 ccm 2m/15KH ₂ PO ₄ ; 10.II 38 pH 7.30, 23.II 38 pH 7.09. |
| „ 3. | 1950 „ „ „ + 10 ccm 2m/15Na ₂ HPO ₄ ·2H ₂ O + 40 ccm 2m/15KH ₂ PO ₄ ; 10.II 38 pH 6.23., 23.II 38 pH 6.21. |
| „ 4. | 1950 „ „ „ + 50 ccm 2m/15KH ₂ PO ₄ ; 10.II 38 pH 4.68, 23.II 38 pH 4.81. |
| „ 5. | 1950 „ „ „ + 48.5 ccm 2 m/15KH ₂ PO ₄ + 1.5 ccm (1 ccm = 10 mg P ₂ O ₅)H ₃ PO ₄ ; 10.II 38 pH 3.92. 23. II 38 pH 4.14. |
| „ 6. | 2000 „ „ „ 10.II 38 pH 6.00, 23.II 38 pH 5.86. |
| „ 7. | 2000 „ „ „ + 0.005% β - Indolylessigsäure; 23.II 38 pH 5.86. |
| „ 8. | 2000 „ „ „ 0.0005% β - Indolylessigsäure; 23.II 38 pH 5.83. |

In Kulturen 1—5 sind je 2 *Trapa* Keimlinge in III. Entwicklungsphase, in Kulturen Nr. 6—8 je 3 Keimlinge eingelegt. Nachdem wurden die Zylinder zugedeckt und auf dem N-Fensterbrett bei Zimmertemperatur (12—18°C) aufgestellt.

Prüfung des XVI. Experiments.

| № | Länge d. Keiml. in cm am 10. II 38. | | | Länge d. Keiml. in cm am 23. II 38. | | | Zunahme in cm des Hypokotyls u. Keimw. vom 10—23. II 38. | | | Bemerkungen am 23. II 38. |
|-----|-------------------------------------|------------|--------------|-------------------------------------|------------|---------------|--|------------|--------------|--|
| | Hypokotyl | Keimwurzel | Stengel | Hypokotyl | Keimwurzel | Stengel | Hypokotyl | Keimwurzel | Stengel | |
| 1 a | 9.0 | 9.0 | { 2.5 0.3 | 9.0 | 9.2 | { 2.5 0.3 | — | 0.2 | — | Hypokotyl und Keimwurzel beschädigt |
| b | 11.5 | 13.5 | 4.6 | 11.5 | 13.5 | 4.6 | — | — | — | |
| 2 a | 8.1 | 10.1 | 5.0 | 8.1 | 10.1 | { 5.7 1.0 | — | — | { 0.7 1.0 | Keimlinge nicht sichtlich beschädigt, Stengelwachstum gering |
| b | 7.0 | 9.5 | — | 7.5 | 9.7 | { 2.0 0.2 | 0.5 | 0.2 | { 2.0 0.2 | |
| 3 a | 5.2 | 11.2 | 0.5 | 6.5 | 11.6 | { 5.7 1.0 | 1.3 | 0.4 | { 5.2 1.0 | Keimlinge gesund, Wachstum und Wurzelentwicklung gut |
| b | 11.0 | 12.5 | { 5.0 0.5 | 11.0 | 12.0 | { 10.0 2.0 | — | 0.5 | { 5.0 1.5 | |
| 4 a | 5.6 | 8.4 | 0.7 | 6.7 | 8.6 | { 3.2 0.2 | 1.1 | 0.2 | { 2.5 0.2 | Geringes Wachstum; Keimlinge etwas beschädigt. |
| b | 8.5 | 9.2 | 3.4 | 8.5 | 9.5 | { 4.7 0.5 | — | 0.3 | { 1.3 0.5 | |
| 5 a | 13.5 | 11.2 | { 4.0 0.5 | — | — | — | — | — | — | Keimlinge verdorben (tot). Auf den Keimlingen entwickeln sich Wasserpilze (<i>Saprol. asterophora</i>) |
| b | 9.5 | 9.5 | 0.4 | 9.5 | 9.6 | 0.4 | 0.0 | 0.1 | — | |
| 6 a | 0.2 | 6.0 | — | 3.2 | 8.0 | 0.6 | 3.0 | 2.0 | 0.6 | Keimlinge gesund; Stengel- und Wurzelwachstum gering |
| b | 7.5 | 7.6 | — | 8.9 | 8.5 | { 0.5 4.0 | 1.4 | 0.9 | { 0.5 4.0 | |
| c | 11.0 | 11.0 | 3.2 | 11.0 | 11.5 | { 2.5 7.5 | — | 0.5 | { 2.5 4.3 | |
| 7 a | 0.2 | 5.6 | — | 2.1 | 8.0 | — | 1.9 | 2.4 | — | Wie № 6 |
| b | 5.6 | 10.5 | 0.2 | 9.0 | 11.7 | { 4.0 0.5 | 2.4 | 1.2 | { 3.8 0.5 | |
| c | 9.0 | 10.0 | { 9.5 0.5 | 9.2 | 10.3 | { 18.0 2.0 | 0.2 | 0.3 | { 8.5 2.0 | |
| 8 a | 0.5 | 7.0 | — | 3.6 | 9.5 | 0.5 | 3.1 | 2.5 | 0.5 | Stengelwachstum gering |
| b | 4.6 | 12.5 | — | 8.3 | 13.5 | { 1.2 0.3 | 3.7 | 1.0 | { 1.2 0.3 | |
| c | 11.0 | 12.6 | { 4.6 0.3 | 11.0 | 12.6 | { 4.6 0.5 | — | — | { — 0.2 | |

In den Phosphatlösungen ist das bessere Wachstum der Keimlinge in Kultur Nr. 3 mit pH 6.23 zu beobachten. Hier entwickeln sich an der Keimwurzel die grünen Nebenwurzeln am besten und an der Basis derselben die violetten positiv geotropischen Wurzeln (Wurzeln mit denen die Pflanze sich im Substrat befestigt). Auch die Entwicklung des Stengels ist in Kultur Nr. 3 sehr gut. In alkalischer Lösung (Kultur Nr. 1 mit pH 8.3) und in säurer (Kultur Nr. 5 mit pH 3.92) sterben die Keimlinge ab. Schwach ist die Entwicklung des Stengels in Kulturen Nr. 2 u. 4. Die β -Indolylessigsäure beeinflusst das Wachstum der Keimlinge ungünstig, wie dies auch im vorherigen Experiment ermittelt worden ist.

Am 10. II. 38 wurden in 2 Kulturen die Keimlinge im Leitungswasser mit einer dünnen Gytjaschicht am Boden eingelegt. Es wurde am 23. II. 38 gefunden, dass hier sich die Keimlinge ebenso entwickelten wie in Kultur Nr. 3. Die alkalische Reaktion des Wassers wurde hier neutral (pH 7.09), die Färbung des Wassers gelblich-braun (es lösen sich die organischen Stoffe der Gytja). Die Azidität und andere Eigenschaften des Wassers sind denen der natürlichen Verhältnisse ähnlich geworden (O_2 -Defizit, organische Substanzen etc.). Dadurch ist auch das gute Wachstum der Keimlinge zu erklären.

Ökologische Bedeutung der Experimente.

Die durch die Experimente erlangten Erkenntnisse haben erst dann eine Bedeutung für die Charakterisierung der Existenzbedingungen der Pflanze, wenn die Methodologie der Experimente auf richtiger ökologischer Grundlage beruht.

Die experimentelle Analyse der Keimungsbedingungen der *Trapa* gestattet nicht allein das bessere Verständnis der Bedingungen des Wachstums an einem bestimmten Standort, sondern wirft auch ein gewisses Licht auf die Geschichte der Pflanze, sowie auf ihre Verbreitung.

Vor allen Dingen müssen in diesem Zusammenhang die Eigenschaften der Pflanze in Bezug auf ihre Ruheperiode erwähnt werden. Viele Bäume, Sträucher u. a. Pflanzen haben die Eigenschaft, dass ihre Samen sich eine gewisse Zeit in bestimmten thermischen Verhältnissen befinden müssen, bevor sie keimen. Die Eigenschaft ist dem Rhythmus der Entwicklung der Pflanze in Zusammenhang mit dem Wechsel der Jahreszei-

ten angepasst. Auch bedürfen die *Trapa* Früchte einer längeren Periode in einer niederen, $1,5^{\circ}$ — $+10^{\circ}\text{C}$, Temperatur. Dies dauert in unseren natürlichen Verhältnissen 3—4 Monate (von September bis Dezember). Diese Eigenschaft zwingt die Pflanze einen bestimmten Rhythmus in der Entwicklung einzuhalten und diese dem Wechsel der Jahreszeiten anzupassen; denn im Herbst ist selbst bei den besten thermischen Bedingungen die Keimung nicht möglich.

Die *Trapa* Früchte, indem sie die Keimfähigkeit schon im Januar erlangen, können der niederen Temperatur wegen in natürlichen Verhältnissen doch nicht keimen. Die Früchte keimen, wenn die Temperatur nicht unter $+12^{\circ}\text{C}$ ist. Die jetzige Verbreitung der Pflanze ist in Nordeuropa mit den kontinentaleren Klimagebieten verbunden. Auch in Lettland sind die *Trapa* Standorte im Ostteil, d. h. im kontinentaleren Teil des Landes gelegen (siehe I. Teil). Thermisch zeigt sich die Bedeutung dieses kontinentaleren Klimas in der höheren Temperatur der Frühjahrs- und Sommermonate, wie dies die Angaben der folgenden Tabelle erhärten.

Mitteltemperatur der Luft im Frühjahr 1938.

| Monat | Station | I Dekade | II Dekade | III Dekade | Mittel |
|--------|------------------------------|----------|-----------|------------|--------|
| April: | | | | | |
| 1) | Liepāja (W-Lettland) . . . | 2.5 | 3.8 | 5.9 | 4.1 |
| 2) | Krustpils (O-Lettland) . . . | 1.0 | 3.3 | 7.0 | 3.8 |
| 3) | Malnava . . . | -0.1 | 2.9 | 7.9 | 3.6 |
| Mai: | | | | | |
| 1) | Liepāja | 5.6 | 9.8 | 10.2 | 8.5 |
| 2) | Krustpils | 6.0 | 13.8 | 12.6 | 10.7 |
| 3) | Malnava | 6.6 | 13.3 | 13.2 | 11.0 |
| Juni: | | | | | |
| 1) | Liepāja | 5.5 | 12.6 | 12.5 | 13.6 |
| 2) | Krustpils | 18.0 | 12.6 | 13.9 | 14.8 |
| 3) | Malnava | 18.3 | 12.5 | 13.0 | 14.6 |

Trapa wuchs zu Ende der atlantischen Zeit und in der subborealen Zeit auch im Westteil Lettlands. Gegenwärtig sind die thermischen Verhältnisse im Frühjahr im Westteil Lettlands für das Wachstum der Pflanze nicht günstig, da hierzu eine höhere Temperatur im

Frühjahr notwendig ist. Daher ist die Verbreitung der *Trapa* im Westteil des Landes in der atlantischen und subborealen Zeit durch eine damals grössere Kontinentalität des Klimas in diesem Teil zu erklären.

Wennauch die Resistenz der Pflanze gegen Austrocknung nicht gross ist, wie dies die Experimente und Beobachtungen Nakajimas (1926) bezeugen, kann dennoch ihr eine gewisse ökologische Bedeutung in der Verbreitung der Pflanze zugeschrieben werden. Wie bekannt, erklären Nathorst (1886), Gams (1927) und andere die Verbreitung der Pflanze durch Tiere und Vögel, sowie durch die Tätigkeit des Menschen. Da die Früchte ihre Keimfähigkeit im Laufe von 4 Tage langem Trocknen in der Luft behalten, so ist diese Art der Verbreitung auch gut möglich.

Ökologisch wichtig ist die Beobachtung Terasawas (1927), dass die Früchte besser in Sauerstoffarmen als in einem Sauerstoffreichen Wasser keimen. Es wurde auch im Experiment beobachtet, dass die Früchte in einer Kalziumhydrosulfidlösung besser keimen, da dies eine Sauerstoffarme, resp. reduzierende Eigenschaft hat. Auch in den Wässern der *Trapa* Standorte herrscht, wie Turesson (1927) gefunden hat, ein ziemlich grosses Sauerstoffdefizit. Es ist anzunehmen, dass in der Gytija der Standorte, wo die Früchte überwintern, ein noch grösseres Sauerstoffdefizit herrscht, was der Keimung der Früchte und Entwicklung des Keimlings zugute kommt.

Gams (1927) findet die Pflanze kalziphob. Auch bestätigen Hård (1924) und Samuelsson (1934), dass in Schweden sich die *Trapa* in Mergellehmgebieten zu wachsen weigert. Die früheren und gegenwärtigen Standorte der *Trapa* bestätigen dasselbe: die Pflanze wächst nicht in kalkreichen klaren, sondern nur in etwas saueren oder neutralen (pH 6—7), an organischen Substanzen reichen Wässern.

Cooper (1927, 30, 32) hat für die azidophilen Pflanzen in den Substraten an natürlichen Standorten ein geringeres Oxyd-Reduktionspotential gefunden, als bei Pflanzen neutraler und alkalischer Standorte. Er hat auch (1930) auf die Korrelation zwischen der Ausnutzung anorganischer Stoffe im Boden und der Stufe des Oxyd-Reduktionspotentials hingewiesen. Das Substrat der *Trapa* Standorte weist eine saure Reaktion (pH ca 5—6), resp. geringeres Oxyd-Reduktionspotential auf, als das Substrat anderer basiphiler Pflanzen. Aus diesem Grunde wird auch die Beobachtung Terasawas über den günstigen Einfluss eines Sauerstoffdefizits auf

die *Trapa* Keimung eine ökologisch besondere Bedeutung haben. Das Optimum der Entwicklungsphasen II-V der *Trapa* im Experiment ist pH 5—7. Die Amplitude des pH bezeugt, dass die Pflanze als neutrohypoazidophil bezeichnet werden muss. Eine solche Amplitude der Wasserstoffionenkonzentration ist in beiden jetzigen *Trapa* Standorten im Klaucanu und Pakrata See (pH 6—7) vorhanden (siehe I Teil).

Die Empfindlichkeit der Pflanze gegenüber der cOH in natürlichen Standorten bewirkt, dass, vor allem, die Pflanze sich in unseren beiden natürlichen Standorten vor der Konkurrenz anderer Pflanzen weigert. Dies erklärt sich durch die Fähigkeit der anderen Pflanzen stark die CO₂ und die Bikarbonate des Wassers zu absorbieren. Das Wasser wird im Sommer an diesen Stellen alkalisch: pH 8.5 und sogar 10.5. Besonders ist diese Erscheinung an seichteren Stellen an beiden Standorten zu beobachten. Aus diesem Grunde wächst die Wassernuss an tieferen vegetationsärmeren Stellen (1—2 m). Für die anderen Pflanzen ist hier zu wenig Licht.

Eine gewisse ökologische und auch phytogeographische Bedeutung hat die Empfindlichkeit der Pflanze gegen NaCl. Selbst 0,5—2% ige Konzentrationen sind der Pflanze schädlich. Gams (1927) weist darauf hin, dass *Trapa* in gewissen Steppengebieten Südosteuropas fehlt. Wennauch die thermischen Verhältnisse in diesen Gebiete der Pflanze günstig sind, so erklärt sich dies, wahrscheinlich durch die Empfindlichkeit der Pflanze gegen NaCl und durch ihre Neutrohypoazidophilität.

In Lettland wächst die Pflanze an ihrer nördlichen Verbreitungsgrenze, weshalb auch die Azidität der natürlichen Standorte dem Optimum der Pflanze entspricht, resp. sich demselben nahe befindet. Da für die Entwicklung der Pflanze eine höhere Temperatur nötig ist, so ist anzunehmen, dass an thermisch günstigeren Orten die Resistenz der Pflanze gegen die cOH und andere Faktoren grösser sein wird, als an den Standorten unseres Territoriums.

Zusammenfassung.

1) Es ist gefunden worden, dass *Trapa natans* L. ssp. *natans* (L.) Schinz Früchte einer längeren Ruheperiode oder Nachreife bedürfen, die in natürlichen Verhältnissen von September bis Dezember bei einer Temperatur von 1.5—10°C dauert.

2) Die Ruheperiode kann man experimentell durch eine Temperatur -3° bis $+2^{\circ}\text{C}$ aufheben.

3) Die Früchte weisen eine geringe Resistenz gegen niedere Temperatur auf. Sie verlieren bei -8 bis -10°C schnell die Keimfähigkeit.

4) Die Früchte keimen nach der Ruheperiode, sobald die Temperatur 12°C erreicht.

5) Die Früchte vertragen eine Austrocknung an der Luft in Zimmertemperatur im Laufe von 4 Tagen ohne die Keimfähigkeit zu verlieren.

6) Die Früchte keimen wie im Dunkeln, so auch im diffusen Tageslicht.

7) Die Auskeimung der Früchte (I. Entwicklungsphase) ist in alkalischen Lösungen schneller als in neutralen oder saueren.

8) *Trapa* verträgt in den Entwicklungsphasen II-V keine alkalische Reaktion (pH 7.9—8.3). Die optimale Wasserstoffionenkonzentration in den Phasen II-V ist pH 5—7. Die Keimlinge vertragen auch keine stark saure Reaktion mit pH 3—4. Auf Grund dieser eigentümlichen pH Amplitude ist die Pflanze als neutrohypoazidophil zu bezeichnen.

9) Die Keimung der Pflanze wird durch Aluminium und Manganverbindungen nicht gefördert. Die Keimung wird durch 0,1%—2% NaCl Lösungen stark gehindert. Die Auskeimung der Früchte und die Entwicklung der Pflanze wird durch Kalziumhydrosulphidlösung gefördert. Die Pflanze verträgt auch keine stärkeren $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ und $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ Konzentrationen und ist besonders gegen $\text{Ca}(\text{OH})_2$ empfindlich.

10) β -Indolylessigsäure-, Phenylelessigsäure- und Ascorbinsäurelösungen fördern nicht die Keimung.

11) Die Ruheperiode der *Trapa*, ihre Resistenz gegen niedrige Temperatur, Austrocknung und NaCl, wie auch die Temperatur der Keimung und die eigentümliche pH Amplitude spiegelt das Schicksal der Pflanze ebenso auch ihre Verbreitungseigentümlichkeiten wieder.

Literatur.

- Afanasiev, M. A. Physiological study of dormancy in seed of *Magnolia acuminata*. Corn. Univ. Agric. Exp. Station. Mem. 208, 1937.
- Andersson, A. Swedish climate in the late Quarternary period. Stockholm, 1910.
- Apinis, Arv. Ezerrieksts Klaucānu ezerā. I. M. Skolu mūzeja izdev. Rīgā, 1936.
- Data on the Ecology of Bryophytes III. The Significance of Hydrogen-Ion Concentration on Germination of Spores and Development of some Mosses. Acta Horti Bot. Univ. Latviensis XI/XII, 1939.
- Untersuchungen über die Ökologie der *Trapa* L. I Teil. Acta Hort. Bot. Univ. Latv. XIII, p. 7—83, 1940.
- Barnéoud, M. F. Mem. sur l'anatomie et organogénie du *Trapa natans* (Linn.). Ann. sci. nat. Ser. III. Paris, 1846.
- Bélehrádek, J. Temperature and living matter. Berlin, 1935.
- Chitrowo, W. Къ исторiя и биологiя *Trapa natans* L. Kijev, 1905.
- Cooper, H. P. and Wilson, J. K. Correlation between electromotive series and oxidation potentials and plant and animal nutrition. Science 66:1927.
- Relation of ash constituents of pasture plants to the oxidation-reduction potentials of nutrients. Soil Sci. 30:1930.
- Relation of Hydrogen-Ion Concentration of Soils to the Growth of Certain Pasture Plants. Plant Physiology 7, 1932.
- Eberle, G. Einiges über Wasser- oder Spitznuss (*Trapa natans*). Aus Natur und Museum. H. 6. 1926.
- Fischer, A. Wasserstoff und Hydroxylionen als Keimungsreize. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 25. 1907.
- Gams, H. Bearbeitung der Gattung *Trapa* in Hegi Illustr. Flora von Mitteleuropa. Bd. V, Teil 2.
- *Trapa*. Die Pflanzenareale. Reihe I, H. 3. 1927.
- Gibelli, G. e. Ferrero. Ricerche di anatomia e morfologia interno allo sviluppo dell' ovolo e seme della *Trapa natans*. Malpighia, V. 1891.
- Giersbach, J. After-ripening and germination of *Cotoneaster* seeds. Boyce Thompson Inst. Plant. Research. Contrib. 6: 1934.
- Grosse, Fr. E. Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Onagraceen. In.-Diss. Dresden, 1895.
- Hård av Segerstad, F. Sydsvenska florans växtgeografiska huvudgrupper. Akad. Avh. (Uppsala). Malmö, 1924.
- Harrington, G. T. Forcing the germination of freshly harvested wheat and other cereals. Journ. Agr. Res. 23. 1923.
- and Hite, B. C. After-ripening and germination of apple seeds. Journ. agr. research. 23, 1923.
- Howell, J. Relation of western yellow pine (*Pinus ponderosa*) seedlings to the reaction of the culture solution. Plant Physiology 7, 1932.
- Jessen, K. and Milthers, W. Stratigraphical and Paleontological Studies of Interglacial Freshwater Deposits in Jutland and Northwest Germany. Danmark Geol. Undersøg. II Raekke, No. 48. København, 1928.

- Kinzel, W. Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung I und II. Stuttgart, 1913. u. 1920.
- Köckemann, A. Über eine keimungshemmende Substanz in fleischigen Früchten. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. LII, 1934.
- Kupffer, K. R. Grundzüge der Pflanzengeographie des Ostbaltischen Gebietes. Riga, 1925.
- Merkenschlager, F. Keimungsphysiologische Probleme. H. I. Freising-München, 1924.
- Mevius, W. Wasserstoffionenkonzentration und Permeabilität bei «kalkfeindlichen» Gewächsen. Zeitschr. f. Bot. Bd XVI. 1924.
- Meyer, W. C. Dormancy and growth studies of the American lotus *Nelumbo lutea*. Plant Physiology 5, 1930.
- Michaelis, L. und Rona, P. Praktikum der physikalischen Chemie. Berlin, 1930.
- Nakajima, I. Science Reports of the Tohoku Imp. Univ. Vol. I, 1926.
- Olsen, C. Studies on the Hydrogen Ion Concentration of the Soil and its Significance to the Vegetation, Especially to the Natural Distribution of Plants. Comptes-Rendus des Travaux du Laboratoire Carlsberg, 15-me Volume, No. 1, 1923.
- Otte, K. Die Wuchsstoffe im Leben der höheren Pflanze. Braunschweig, 1937.
- Paul, H. Die Kalkfeindlichkeit der Sphagna und ihre Ursache nebst einem Anhang über die Aufnahmefähigkeit der Torfmoose für Wasser. Mitt. der K. Bayerischen Moorkulturanstalt, 1908.
- Pfeifer, H. Der Isoelektrische Punkt (I. P. E.) von Protoplasten und seine Ermittlung. Protoplasma, 1935.
- Ranson, E. R. The inter-relations of catalase, respiration, afterripening, and germination in some dormant seeds of the Polygonaceae. Am Journ. Bot. 22: 1935.
- Robbins, W. J. An Electric Point for Plants Tissue and its Significance. Am. Journ. Bot. 1923.
- Salter, R. M. and Mc. Ilvaines, T. C. Effect of reaction of solution on germination of seeds and on growth of seedlings. Journ. Agric. Res. 19: 1920.
- Samuelsson, G. Die Verbreitung der höheren Wasserpflanzen in Nordeuropa. Uppsala, 1934.
- Spaeth, J. N. A physiological study of dormancy in *Tilia* seed. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Memoir 169. 1934.
- Terasawa, I. Experimentelle Studien über die Keimung der Samen von *Trapa natans* L. The Botanical Magazine. Vol. XLI, 1927.
- Turesson, G. *Trapa natans* L. im Altai-Gebiet. Botaniska Notiser, 1932.

Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.



134866

LATVIJAS UNIVERSITĀTES BIBLIOTĒKA



0508052742