STUDIA BOTANICA HUNGARICA
(Antea: Fragmenta Botanica)
XIV. 1980 p. 41-53

Algen Untersuchungen auf unterschiedlichen Böden im "natürlichen" Ökosystem und in Landwirtschaftlichen Kulturen

Von

I. TELEK

(Eingegangen am 16. November, 1979)

Abstract: /Soil algological investigations in different soil types of "natural" ecosystems and agricultural areas/: The qualitative and quantitative relations of the algal flora on Kőhegy (near Üröm village) and Kőhegy (near Pomáz village), moreover, the action of agricultural methods and the different chemicals (artificial fertilisers and pesticides) on the construction of the alga synusia were examined.

Eines der untersuchten Gebiete ist der Berg Kőhegy von Üröm. Dieser Berg ist das erste Glied des Nagy-Kevély-Gebirgszuges, 335 m über dem Meeresspiegel, aus Sedimentärgestein bestehend. Untersucht wurde ferner ein Ackerfeld, der sich an dem Fusse des Berges ausbreitet.

Auf dem Ürömer Kőhegy blüht ein aus Schwarzkiefern (Pinus nigra) und Eichen (Quercus pubescens) sich zusammensetzender Mischwald, an mehreren Stellen findet man Gebüsche wie Crataequs monogyna, Rosa jundrillia und Ligustrum vulgare. Der Grasbedeckung ist spärlich, an vielen Stellen bricht das Grundgestein auch an die Oberfläche hervor.

Die Ackerflächen liegen in der Nähe der Wälder. Bei Üröm wurde die Untersuchungen auf dem Boden der Pilisvölgyer Produktionsgenossenschaft "Ungarisch-Bulgarische Freundschaft" durchgeführt. Die erste Probe stammt aus der Wintersaat, die sich hinter dem Büro der Produktionsgenossenschaft befand, es wurde ferner eine Probe aus der Wintersaat am Hang des Ürömer Kőhegy's genommen. Der Aussaat ist eine gründliche Bodenbearbeitung vorausgegangen, und viele Chemikalien sind in den Boden gelangt. Demgegenüber ist das auf dem Hügelhang liegende Getreidefeld zwischen Obstgärten eingekeilt. Dieses Feldstück hatte bis zur Ernte keinerlei chemische Behandlung erhalten. So hat sich mir die Möglichkeit eröffnet, dass ich ähnlichen Boden, aber unter abweichender Bearbeitung stehende Fläche auch miteinander vergleichen kann.

Der Ürömer Kőhegy gehört zum Pilisgebirge, genauer ist er das südöstlichste Glied der Kevély-Berggruppe.

Die Gesteinssubstanz des Pilisgebirges besteht zum grössten Teil aus sekundärem und tertiärem Sedimentärgestein. Die Täler zwischen den Bergen und die Becken füllen tertiäre und quartiäre Ablangerungen und Anschwemmungen aus.

Der Boden des Kőhegyer kleinen Waldes hat sich auf mannigfaltigen sedimentären Gesteinen, das Wintergetreidefeld auf pleistozänen Lehmanschwemmungen und das Kernhirsefeld auf lehmigem Mergel ausgebildet.

An vielen Stellen des Ürömer Kőhegy's befindet sich das Grundgestein an der Oberfläche. Die Bodenschicht ist ausserordentlich dünn, mit abgestutztem Profil, das "A"-Niveau ist erodiert. Zum Fusse des Berges hin abfallend wächst die Dicke der Humusschicht nicht besonders. Hier ist sie auch nur 15-20 cm dick. (Bodenkarte, siehe Abb. 1.) Die Analyse wurde mit den im Herbst genommenen Bodenproben durchgeführt (Tabelle 1).

Tabelle 1. Die physikalische und chemische Analyse des Wald- und Ackerbodens des Ürömer Kőhegy's

Proben Nr.	pH in KCl	pH in d.W.	$CaCO_3$ %	Soda Lauge	A_K	Kap.-H_2O 1^h	Kap.-H_2O 2^h	Kap.-H_2O 5^h	Humus %	Gesamt N_2%	Al P_2O_5 mg/100g	Llk. K_2O mg/100g
I.	6,1	6,2	2,0	0	104	-	20	35	7,10	1,136	7,5	36,5
II.	6,6	7,0	1,0	0	42	60	104	170	2,00	0,32	35,75	57,5

Erklärung:

I.: Waldboden

II.: der Boden des sich östlich des Dorfes erstreckenden Ackerfeldes

d.v. - distilliertem Wasser; A_K - Lehmgehalt nach Arany; Llk.: Löslichkeit

Bei Üröm ist der Grundwasserspiegel tief, die 150-m-Hydroisohypse zieht sich am Fusse des Berges entlang.

Ein anderes von mir untersuchte Gebiet ist der zum grössten Teil aus eruptiven Gesteinen bestehende Pomázer Kőhegy und der am Fusse des Berges auf dem Verwitterungsschutt vulkanischen Gesteins angelegte Ackerboden.

Am Pomázer Kőhegy bildet ein frischer, gut gepflegter, aus dichtem jungen Querasceris bestehender Wald die Vegetation. Mein ausgewähltes Gebiet, die 46. Parzelle der Piliser Forstwirtschaft besitzt spärliche Untergehölz- und Rasenschicht, da wenig Licht in den geschlossenen Wald eindringt.

Die Umgebung des Pomázer Kőhegy's liegt nordwestlich von dem Landweg, welcher Pomáz mit Szentendre verbindet, am Hang des Kőhegy's, unter dem Wald.

Der Aussaat des Winterweizens ging eine reichliche Moneraldüngung voraus. Am Ende des Frühjahres, Anfang des Sommers schützt man die Ernte mit Unkrautbekämpfungsmitteln. Diese drei unterschiedlich behandelten Kulturen gaben gute Möglichkeiten dazu, dass ich den Einfluss der Chemikalien auf die Algenflora beobachten konnte.

Der Pomázer Kőhegy ist eines der südöstlichen Glieder des Donauzug-Gebirges. Den Untergrund des Gebirges bilden der im Mesozoikum gebildete Kalkstein und Dolomit und der im Tertiär (im Eozän, im Oligozän) gebildete Mergel und Kalkstein. Darüber breitete sich die durch die vulkanische Tätigkeit im Miozän an die Oberfläche brechende Lava (Helvet und Torton Stufe) aus, welche die Oberfläche mit an vielen Stellen zusammenhängenden Riolit-, amphibilen und piroxänen Andesitschichten überdeckten.

Die Andesitlava ist an den Hängen nur als Flecken an der Oberfläche geblieben. Die tieferen Gebiete hat der Löss aufgefüllt.

Das Grundgestein des von mir gewählten Waldes ist Andesittuff und Agglomerat.

In den Wäldern des Pomázer Kőhegy's hat sich typischer Rommannscher brauner Waldboden gebildet, welcher auch einen Teil des Abhänge bedeckt. (Bodenkarte, siehe Abb. 2.) Die Analyse wurde mit den im Herbst genommenen Bodenproben durchgeführt (Tabelle 2).

Tabelle 2. Die physikalische und chemische Analyse des Wald- und Ackerbodens des Pomázer Kőhegy's

Proben Nr.	pH in KCl	pH in d.W.	$CaCO_3$ %	Soda Lauge	A_K	Kap.-H_2O 1^h	Kap.-H_2O 2^h	Kap.-H_2O 5^h	Humus %	Gesamt N_2%	Al P_2O_5 mg/100g	Llk. K_2O mg/100g
III.	5,9	6,4	1,0	0	55	70	110	155	4,40	0,704	6,25	50,0
IV.	7,0	7,5	11,2	in Spuren	44	36	69	123	2,30	0,368	63,65	62,5

Erklärung:

III. Waldboden

IV.: der Boden des Ackerfeldes

d.W. - distilliertem Wasser; A_K - Lehmgehalt nach Arany; Llk. - Löslichkeit

In dem Bergland liegt der tiefste Punkt der Erosion bei 150 m. Auf dem Ackerfeld liegt der Grundwasserspiegel auf der 110-120-m-Hydroisohypse. Der Grundwasserspiegel liegt aber im allgemeinen höher, dem Wasserstand entsprechend, den die Donau zeigt. Das diesjährige kühle, regenreiche Wetter sicherte im ganzen Jahr einen beinahe gleichhohen Grundwasserspiegel.

METHODEN

Im Verlaufe des Jahres habe ich drei, bzw. vier Bodenproben gesammelt. Der Zeitraum der Entnahme der Herbstprobe: 20.-30.November 1977. Der Zeitraum der Entnahme der Frühjahrsprobe: 6.-10.April 1978. Die chemische Behandlung erfolgte in dem Zeitraum von 10.-20. Mai 1978. Die entsprechenden chemicalienhaltigen Proben wurden zwischen dem 6.-8. Juni und zwischen dem 23.-26. Juni 1978 gesammelt.

Von jeweils 10 festgelegten Punkten auf jedem der fünf Gebieten wurden Bodenproben bis zu einer Tiefe von maximal 5 cm gesammelt. Die Proben wurden unter sterilen Bedingungen, voneinander getrennt genommen. Später wurde jeweils 10 g, in einer Petrischale mit sterilem Wasser befeuchtet und an einem sonnigen Platz gelagert. Den im Frühjahr auftretenden Nährstoffmangel in den Bodenkulturen wurde durch Zugabe von Nährlösung ausgeglichen.

Die Herbstproben waren ab April in untersuchbarem Zustand. Bei der Entnahme der Frühjahrsprobe konnte ich auf den Versuchsflächen auch mit freiem Auge sichtbare Algenbeläge beobachten. Von der Entnahme angerechnet innerhalb eines Monats hatten sie sich so gut vermehrt, dass die Bodenproben zur Untersuchung geeignet waren.

An den Proben aus den mit Chemikalien behandelten Böden und an der Sommerprobe konnte man makroskopisch die Armut an der Zahl der Arten und die Zahl ihrer Einzelvertreter beobachten, beide Proben beanspruchten eine längere Züchtung, damit ich sie untersuchen konnte.

Da mit einer grossen Anzahl von Proben gearbeitet wurde, ergaben die Beobachtungen eine auch statistisch auswertbare Datenreiche. Die während der Untersuchung der verschiedenen Gebiete gewonnenen Angaben wurden paarweise miteinander mit Hilfe der chi^2-Probe verglichen, wodurch ihre Ähnlichkeit oder ihre Unterschiedlichkeit zahlenmässig ausdrückbar wurde.

Die Algenflora der Wälder

Meine Beobachtungen haben die Annahme bekräftigt, dass die einzelnen Alganerten nicht mit dem bodenbildenden Gestein, sondern mit der Pflanzendecke, bzw. mit den durch ihren Einfluss entstandenen Bodenverhältnisse in Verbindung stehen.

Auf dem aus zwei unterschiedlichen Grundgesteinen entstandenen Waldboden haben sich fast gänzlich gleiche Arten vermehrt.

Im Wald leben verhältnismässig wenige Arten, aber innerhalb einer Art ist die Zahl der Individuen gross. In Hinsicht auf die Art und die Zahl der Individuen ist die Division der Grünalgen der völkerreichste, ihm folgen die Gelbalgen, dann die Diatomeen. Die Blaualgen kommen im Wald nur stellenweise vor.

CYANOPHYCEAE - Die Arten- und Individuenzahl der Blaualgen ist gering und diese kamen auch nur in den Frühjahrsproben vor.

Im Eichenwald kamen Phormidium lividum und P. autumnale die Anabaena variabilis, die Cylindrospermum licheniforme vor. Unter den fünf untersuchten Gebieten kam nur hier die Cy. stagnale vor. Ihre charakteristischen, am Ende abgerundeten Sporen sind 30 µm lang, 12 µm breit.

Artenarm ist die genus Nostoc auch. Auf dem Boden des Eichenwaldes wurden nur N. commune und N. microscopicum beobachtet.

Der saure Boden des Kiefer-Eichen-Mischwaldes war etwas artenreicher, hier kamen die Blaualgen ebenfalls nur in den Frühjahrsproben vor.

Neben der starrfadigen Lyngbya limnetica war die gebogene, gallartige, hülsenförmige Phormidium lividum, Ph. ambiguum, Ph. autumnale und Ph. corium vorhanden. Nur in diesem Wald wurde Phormidium crouanii gefunden. Die Blaualgen kamen in den Sommerproben nicht vor, nur im Pomázer Eichenwald fand ich Cylindrospermum licheniforme, mit vielen glattwandigen braunen Sporen.

CHLOROPHYCEAE - Im Wald ist die dominierende Art Chlorhormidium flaccidum. Fast in jeder Probe, in jeder Jahreszeit kam sie vor. Im Herbst sind die Fäden kürzer, sie haben sich zerkleinert, jede Einheit besteht aus 2 bis 3 Zellen. In ihnen haben sich ungeheuer viele Vakuolen und Fetttröpfchen angesammelt. Im Frühjahr waren die Fäden lebhaft grün, lang und von Vakuolen und Einschlüssen frei. In den Fäden waren viele aufgeschwollene, vor der Fortpflanzung stehende Zellen zu sehen. Zum Sommer zu war die Zahl der Organismen beträchtlich gesunken, die Fäden hatten sich wieder zerkleinert, die Zahl der Vakuolen und Einschlüsse war gewachsen.

Im Boden waren zahlreiche der Chlamydomonas sp. verbreitet. Zu einer genauen Artenbestimmung hätte man eine reine Kultur züchten müssen, doch dazu reichte mir die zur Verfügung stehende Zeit nicht aus. Es würde sich lohnen, die einzelnen Arten voneinander zu trennen und ihre charakteristischen Formwechsel, ihre Entwicklungszyklen aufzuklären.

Im Herbst waren die sich aktiv bewegenden, vegetativen Formen gering. Ihre Mehrheit hat unter Beibehaltung ihrer Form ihre Zellwände verstärkt und ist zur Unbeweglichkeit übergegangen. An einigen war eine Längsteilung erkennbar. Andere hatten sich ganz abgerundet, ihre Geissel hatten sie verloren und sich zu Aplanosporen mit einer dicken Membran entwickelt.

Sich aktiv bewegende, 6-7,5 µm lange, 3-4 µm breite Zoosporen wurden auch beobachtet. Aus diesen haben sich bis zum Frühjahr vegetative Zellen mit einem Durchmesser von 30 µm entwickelt. Von diesen hatte ich eine auf Nährboden übersetzt, und einige Wochen später entstanden zahlreiche, aus 3-10 Zellen bestehende, kleine Kolonien, welche im Palmella-Stadium waren. In einigen Kulturen war ein Gloeocystis-Zustand zu beobachten.

Bis zum Frühjahr hatten sich die aktiven vegetativen Zellen wieder vermehrt, welche 12-15 µm lang, 9-11 µm breit waren, und sie verfügten über eine gut entwickelte Pyrenoida, über zwei körperlange Geisseln, über pulsierende Vakuolen und über einen Augenfleck.

Bis zum Sommer war die Zahl der vegetativen Zellen wieder gesunken, und ihren Platz nahmen die Palmella-, die Gloeocystis-Stadien und die Aplanosporen ein.

Im Herbst war die häufigste Art von der genus Chlorella, die pyrenoidlose C. miniata. In der dickwandigen Mutterzelle hatten sich 4-8 Autosporen gebildet. Der durchschnittliche Durchmesser der Zellen betrug 6-8 µm.

Chlorella simplex kam eher in den Frühjahrsproben vor. Diese Zellen besitzen einen Durchmesser von 10-12 µm und verfügen über zahlreiche Pyrenoida. In der Mutterzelle hatten sich ungefähr 10 Autosporen gebildet.

In mehreren Proben kam Chlorella zofingiensis vor, welche über eine charakteristische, sternförmige Chloroplastis verfügt.

In der unter einem Eichenbaum genommenen Frühjahrsprobe wurde im Boden des Pomázer Waldes die etwas ovale Chlorella saccharophila (?) gefunden. In den Sommerproben hatten die Chlorella-Arten fast vollständig gefehlt. Die Chlorococcum humicolum kam im Herbst in vegetativer Form vor, in den Frühjahrsproben fand ich überwiegend solche Zoosporen, die ihre Geisseln verloren hatten und mit einer starken Wand umgeben waren. Im sommerlichen Boden fehlten sie vollständig. Als Besonderheit zählte die Art Ankistrodesmus falcatus welche in einer Herbstprobe des Eichenwaldes vorkam.

CHRYSOPHYCEAE - Zwei Arten der genus Pleurochloris kamen am häufigsten im Boden des Waldes vor, die Pl. magna und die Pl. commutata.

Die Pl. magna ist 10-12 µm gross, mit einer dicken Zellwand umgeben und lebt im Herbst meist allein. Zu dieser Zeit sind im allgemeinen ihre Vakuolen gross, in welchen unzählige kleine lichtbrechende Körperchen schwingen, und in der Zelle hat sich viel Öl angesammelt. Im Frühjahr war ihre Farbe ein frisches Grün, ihre Vakuolen kleiner, um die vegetativen Zellen schwärmten winzige Zoosporen, deren Augenfleck bräunlichrot war. Oft bildeten die Zoosporen zwei Autosporen. In den Sommerproben war ihre Farbe wieder gelb und in ihrer Vakuole war viel Öl.

Die Zellen der Pl. commutata sind kleiner, 7-9 µm gross, ihre Form etwas abgeflacht, quadratisch. Ihre jahreszeitliche Farbänderung ist ähnlich der Pl. magna.

Zwei häufige Arten der genus Vischeria sind die V. stellata und die V. punctata. Die Zellen der Vischeria stellata sind grösser, ihr Durchmesser 10-12 µm, ihre charakteristische sternartige Form war im Herbst und im Sommer sichtbar, im Frühjahr war sie kugelförmig. Die Zellen der Vischeria punctata waren kleiner, ihre Grösse zwischen 4 und 7 µm, ihre Form wich in vielen Fällen von der Kugel ab. Die älteren Zellen lebten im Herbst in einer Kolonie, im Frühjahr war die Bildung von Autosporen häufiger.

BACILLARIOPHYCEAE - Die Hantzschia amphyoxis war in jeder Jahreszeit in bedeutenden Mengen vorhanden. Ihre Grösse ist unterschiedlich, 30-50 µm lang und 9-10 µm breit. In einer Bodenprobe des Sommers, welche aus dem Ürömer Wald stammte, fand ich mehrere 60 µm lange und

11 µm breite Exemplare. Wahrscheinlich hat das kühle, regenreiche Wetter die Möglichkeit ihrer Vermehrung gesichert.

Von den Vertretern der genus Navicula kamen im allgemeinen 2-3 Arten vor, doch die Zahl der Individuen war beträchtlich. In jeder Jahreszeit waren sie gleichmässig virulent, auch im Sommer haben sie sich noch vermehrt.

Die Algenflora der Ackerfelder
1. Der Pomázer Winterweizen

Das Pomázer Ackerfeld der Óbudaer Produktionsgenossenschaft hat unter einer sehr gründlichen Behandlung gestanden. Vor der Aussaat des Wintergetreides, zwischen dem 1. und 8. Oktober wurden pro Hektar die folgenden Kunstdüngermittel in den Boden gebracht:

160 kg Kalisalz (Kaliumchlorid), 180 kg gemischter Kunstdünger (48 % Kaliumdihydrogenphosphat, 50 % Kalziumsulfat, 5 % Magnesiumchlorid, 26 % Natriumchlorid, 1,3 % Magnesiumsulfat, 6 % Kupfersulfat).

Der ph-Wert des Kunstdüngers liegt im sauren Bereich. Die Zeit der Aussaat war zwischen dem 18. und 20. Oktober. Auf dem gut vorbereiteten Boden hatte sich eine sehr reiche Algenflora entwickelt. Gegenüber der Assoziation, die ich im Wald gefunden hatte, ist hier die Anzahl der Arten und Vertreter der Cyanophyta überraschend gross, demgegenüber war die Zahl der Chlorophyceae, Chrysophyceae, sowie die der Bacillariophyceae verhältnismässig gering. Blaualgen wurden in 117, Grünalgen in 110, Gelbalgen in 57 und Kieselalgen in 56 Bodenproben gefunden. In den Herbstproben war die Zahl der Arten und Individuen geringer. Im Frühjahr ist je ein Genus mit mehreren Arten vertreten, zum Sommer hin verarmte die Flora wieder. Die folgenden Zahlen zeigen das sehr gut: die Artenzahl in den 10 Proben war im Herbst 77, im Frühjahr 101, im Sommer 92.

Die immer vorhandenen Arten waren jahreszeitlich in verschiedenen Entwicklungsphasen zu beobachten.

CYANOPHYCEAE - Am völkerreichsten waren die Gattungen Phormidium, Nostoc und Cylindrospermum. Kennzeichnend für jede war der grosse Artenreichtum und die grosse Zahl von Individuen.

Im herbstlichen Boden waren viel Ph. autumnale und Ph. retzii. Die letztere Art wurde von den fünf untersuchten Gebieten nur hier, auf dem Pomázer Ackerfeld gefunden. Im Frühjahr bildeten die gebogenen Faden der Ph. lividum, der Ph. ambiguum und der Ph. fovoelarum oft ganze Gewebe auf dem Boden. Im Sommer kamen in 2-3 Bodenproben nur die kurzen Hormogonia der Ph. foveolarum und der Ph. lividum zum Vorschein.

In den Frühjahrskulturen konnte man die Nostoc-Kolonien, die dunkelgrüne Flecken bildeten, mit fast freiem Auge erkennen. Die Kolonien Nostoc commune, N. microscopicum, N. muscorum, N. paludosum und Nostoc calcicola (?) haben diese Flecken gebildet. Im Herbst kamen nur die mit dickem gelben Schleim umhüllten Nostoc commune, im Sommer die ein Kleinkolonien lebenden N. paludosum vor.

Von der Gattung Cylindrospermum kam nur die Cy. licheniforme vor, aber in ausserordentlich grosser Menge. In je einer Kultur wurde sie zur dominierenden Art. Die jahreszeitliche Veränderung kennzeichnete den Entwicklungszustand der Sporen. In den Herbstproben standen grosse braune Sporen am Ende der Fäden, hinter der Heterocyste, manchmal vom Faden getrennt. Im Frühjahr war unter den Heterocysten schon die neue, grüne Spore sichtbar, welche bis zum Sommer wieder herauswuchs und von den Trichomen abriss.

Im Vergleich zu den ersteren blieb die genus Anabaena in der Zahl der Arten und Individuen zurück. Nur in der Frühjahrsprobe wurden die Arten Anabaena variabilis, A. constricta und A. torulosa var. tenuis gesehen.

Lyngbya limnetica wurde auch im Herbst, L. cryptovaginata nur im Frühjahrsprobe gefunden. In wenigen Frühjahrsproben wurde Calothrix braunii und Pleurocapsa minor begegnet. Dagegen kam Aphanotheca microscopica nur in zwei Herbstproben vor.

CHLOROPHYCEAE - Die dominierende Art war Chlorhormidium flaccidum. Die Zahl der Individuen und der jahreszeitliche Entwicklungszustand stimmte vollkommen mit dem im Waldboden beobachteten Zustand überein. Die Chlorhormidium nitens konnte nur in den Frühjahrs- und Sommerproben beobachtet werden.

Die andere, mit grosser Individuenzahl beobachtete unbestimmte Spezies war Chlamydomonas sp. Die gesehenen Entwicklungsstadien stimmte mit denen jener Proben überein, welche aus dem

Waldboden stammten. Die weiteren Grünalgen kamen nur in geringer Arten- und Individuenzahl vor.

Chlorella miniata kam hier auch nur in der Herbstproben vor, dagegen Chl. simplex (?) nur in den Frühjahrsproben.

Chlorococcum humicolum vertraten im Herbst eine geringe anzahl von vegetativen Zellen, im Frühjahr abgerundete Sporen.

Die Oocystis pusilla Zellen, welche 9-10 µm lang und 3-4 µm breit sind, waren nur in den im Frühjahr gesammelten Proben zu finden.

Die Closteridium bengalicum kam nur in einer einzigen Frühjahrsprobe zum Vorschein, welche am Rande des Weges genommen wurde. Es ist anzunehmen, dass sie mit dem Berieselungswasser in den Boden gelangt ist.

CHRYSOPHYCEAE - Unter den gelblich-braunen Algen kamen Vischeria stellata, V. punctata, Pleurochloris magna, Pl. commutata und Pl. meringensis vor. Diese bildeten im Herbst dickwandigere Dauerzellen mit grossen Vakuolen und gelbem Heterochrom. Im Frühjahr verfügten sie über kleinere Vakuolen und einen frischgrün Chloroplast. Im Sommer wurde ihre Farbe wieder gelb.

BACILLARIOPHYCEAE - in der Zahl der Arten waren die Kieselalgen gering vertreten, doch ihre Individuenzahl war sehr gross. Navicula minima und Hantzschia amphyoxis repräsentierten sich gleicherweise in jeder Jahreszeit in grosser Anzahl. Es war nicht selten, dass man 14-16 Exemplare im Blickfeld des 40-iger Objektives sehen konnte. Ihre Häufigkeit spiegeln auch die statistischen Angaben gut wieder: in den vier Proben (im Herbst, im Frühjahr, die chemische Probe und im Sommer) kam Hantzschia 32-mal, Navicula 24-mal vor. Das ist die grösste Häufigkeit.

2. Die algologische Analyse der mit Chemikalien behandelten Pomázer Bodenproben

Auf die Winterweizensaat wurde in den letzten Tagen des März pro Hektar 150 kg 46%-iges Karbamid und 3,3 l Wuxal Laubdünger gebracht. Am 5. Mai brachte man als Fungizid 0,9 l/ha Fundasol 50 WP und als Unkrautbekämpfungsmittel 3,0 l/ha 2-4-D-Aminsalz in den Boden. Die Wirkung der Chemikalien spiegelt sich gut in den Proben von Anfang Juni wider.

Von den Chemikalien wurden in erster Linie die Blaualgen geschädigt. Die Grün-, Gelb- und Kieselalgen erwiesen sich als widerstandsfähiger.

Die Exemplare der Gattung Chalmydomonas waren in neun chemischen Proben im palmellaren und gloeocysten Zustand.

Die Vischeria stellata war in ähnlich vielen, insgesamt in sieben Proben vorhanden. Unter günstigen Umständen kommt sie kugelförmig vor, doch hier in dem mit Chemikalien behandelten Boden kam sie als vielzackiger Stern, in einem Stark eingeschrumpften Zustand vor.

Die Exemplare der Gattung Pleurochloris kamen in vier Proben zum Vorschein. Sie waren in jedem Fall mit einer dicken Zellwand umgeben. Die Zellen verfügten über eine grosse Vakuole und waren mit gelbem Heterochrom gefärbt.

In neuen Proben war lebende Hantzschia amphyoxis vorzufinden, aber in jeder Probe waren leere Schalen und Schalenfragmente. Ihre Häufigkeit war ähnlich der der zur Gattung Navicula gehörenden Species.

Chlorhormidium flaccidum kam in acht Proben zum Vorschein, aber in der Frühjahrsprobe zerfielen die langen Fäden in aus ein bis zwei Zellen bestehende Fädenstücke, in welchen die Vakuolen und die Ansammlung von Öl erheblich war.

Oocystis pusilla war in 8, Chlorella simplex nur in 2 Proben vorhanden. Von den Blaualgen fand ich nur in einer Probe Nostoc commune, die in dicke gelbe Gallerte gebettet war. Phormidium lividum und Ph. foveolarum ihre Fäden bildeten kleinere Hormogonien. Dagegen konnten im Frühjahr an vielen Stellen die leeren Gallerthüllen gesehen werden.

Der Sommer ist die zweite Ruheperiode der Algen. Der diesjährige Sommer war sehr regenreich und kühl. Auf dem einstigen Überschwemmungsgelände der Donau zwischen Pomáz und Szentendre war der Grundwasserspiegel auch noch im Sommer hoch. Damit kann man erklären, dass in den Sommerproben die dominierende Art Hantzschia amphyoxis war, welche grosse Bodenfeuchtigkeit bevorzugt. Von 10 Proben kam sie in 9 mit einer grossen Individuenzahl vor. In etwas geringerer Zahl kamen die Individuen der Navicula sp. vor.

Die Repräsentanten der Art Chlamydomonas sp. waren in 6 Proben im palmellaren und gloeocysten Stadium vertreten. In insgesamt 4 Proben fand ich sich aktiv bewegende vegetative Zellen.

Neben Clohormidium flaccidum hat sich Cl. nitens vermehrt.

In dieser Probenkollektion kam Chlorococcum humicolum nur als Aplanospore vor. Als eine Besonderheit zählt die Scenedesmus bipunctatus, die nur in einer Sommerprobe enthalten war.

Von den divisio Cyanophyta vermehrten sich auffallend die Nostoc-Arten in den Sommerproben Neben Nostoc commune, N. microscopicum und N. muscorum tauchte auch die winzige Kolonien bildende N. paludosum auf. In vier von zehn Proben kamen sie zum Vorschein, im Verhältnis zu den anderen Blaualgen in bedeutenden Mengen.

Phormidium lividum und Ph. foveolarum befand sich in 7, die Cylindrospermum licheniforme in 4 Proben.

3. Die Algenanalyse der Ürömer Ackerfelder

In den Herbstproben der beiden Ürömer Ackergebiete war die Zahl der Arten und Einzelorganismen etwas geringer, als in Pomáz. (Die Häufigkeit: Üröm in 63-65, Pomáz in 77 Proben.)

Hier wurde der Boden vor der Saat nicht gedüngt, der Nährstoffgehalt war geringer und der Wasserhaushalt des Gebietes war auch nicht zufriedenstellend. Die Zahl und das Verhältnis der vorkommenden Arten erinnerten an die Pomázer Proben, doch nur hier kam in der Herbstprobe Hormotila mucigena vor. Zum Frühjahr hin wuchs die Zahl der Arten und Individuen sprunghaft an.

Die Häufigkeit der unterschiedlichen Arten war hier am grössten, 133, gegenüber dem Pomázer Ackerfeld, wo der Häufigkeit 101 war. Die kleine, zwischen Obstgärten liegende bergige Ackerfläche bearbeitete die Produktionsgenossenschaft nicht. Die Frühjahrskunstdüngung und die chemikalische Unkrautbekämpfung ebenfalls entfielt. In der am Anfang Juni genommenen Probe (chemikalische Kontrolle) war die Zahl der Arten etwas geringer, doch die Zahl der Individuen veränderte sich nicht. Während ich in den Kulturen in den Petrischalen, die ich von den chemikalisch behandelten Ackerflächen sammelte, mit der Lupe nur schwer einzelne, kleine grüne Fleckchen entdecken konnte, so konnte ich schon mit blossem Auge in den chemikalisch unbehandelten Kulturen die stark gallertigen dunkelgrünen Cyanophyta-, die frischgrünen Chlorophyta- und die ins Gelb neigenden Chrysophytakolonien auseinanderhalten. Die Häufigkeit der Arten war 69 Probe.

Bis zum Sommer war die Zahl der Arten und der Individuen beträchtlich gesunken. Der Häufigkeit war hier am kleinsten, 26 Probe. Das ist kein Wunder, denn hier die Bodenverhältnisse am ungünstigsten sind und der Wasserhaushalt des kalksteinigen Hanges ist auch nicht vorteilhaft.

Der andere Vertreter der Ürömer Ackerfläche zeigte ab Frühjahr einen grossen Unterschied gegenüber der kleinen, bergigen Ackerfläche. Hier wurde nämlich die schlecht aufgegangene Wintersaat ausgepflügt und nach einer gründlichen Bodenbearbeitung und chemikalischen Behandlung zwischen dem 5. und 15. Mai Kernhirse ausgesät.

Vor der Saat brachte man pro Hektar die folgenden Unkrautbekämpfungsmittel in den Boden:

8 kg Sazecid 65 vp (65% Propachlor-N-isopropyl-2-azetanilid), 6 l Buvinol S 370 (17% Aktinit PK, 2, 5% Chlorinol).

Die Zusammensetzung des Aktinit PK: 2-Chlor-isopropylamino-6-äthylamino-s-triasin.

Der grosse Chlorgehalt der Chemikalien hat die Algenflora ausserordentlich gelichtet. Der Häufigkeitsindex ist nicht mehr als 11. In nur 4 Proben blieben lebende Exemplare. In 2 Proben fand ich je eine, mit dicker Gallerte umgebene, abgerundete Chlamydomonas, in 3 Proben lebende Hantzschia amphyoxis, ebenfalls in 3 Proben stark eingetrocknete Vischeria stellata, in 1 Probe Navicula sp..

In der mit der Nummer 5 versehenen Kultur, die von einem stark sonnigen Platz stammt, blieben auch Chlorhormidium flaccidum und ein kurzer Faden der Phormidium foveolarum vorhanden, was wahrscheinlich darauf zurückzuführen ist, dass sich die Chemikalien durch den Einfluss der Wärme schneller zersetzen.

Bis zum Sommer hat das Regenwasser die Chemikalien eingewaschen und verdünnt, so dass sich die Zahl der Arten und Individuen etwas erhöht hat, doch der Häufigkeitsindex wuchs nur auf 35. In erster Linie konnten sich die Grün- und Gelbalgen vermehren. In den Kulturen kam Chlamydomonas sp. im palmellaren Stadium vor, Chlorococcum humicolum als Aplanospore, die kurzfädigen, mit vielen Vakuolen und Öl gefüllten Zellen von Chlorhormidium flaccidum und Chl. nitens waren ebenfalls vertreten. Die Vischeria stellata wies stark ausgeprägte Sternformen auf, Navicula und Hantzschia amphyoxis hatten sich wieder vermehrt.

Von den Blaualgen konnte ich nur die kurzen Fäden Phormidium lividum und Ph. foveolarum entdecken, doch diese nur in einer einzigen Kultur.

ZUSAMMENFASSUNG

Auf die Artzusammensetzung der Algensynusiums innerhalb des Ökosystems hat die Beschaffenheit des Grundgesteins überhaupt keinen Einfluss. Demgegenüber kann die Makrovegetation, welche sich durch den Einfluss verschiedener Faktoren entwickelt hat, als auch die landwirtschaftliche Bearbeitung auf direkte oder indirekte Art und Weise quantitative und qualitative Veränderungen in der Algenflora hervorrufen.

Die während der Untersuchung der Bodenkulturen gewonnen floristischen Angaben wurden auch mit Hilfe biometrischer Methoden getestet. Die Häufigkeitswerte der Algenarten wurde mit Chi^2-Test auf Unabhängigkeit geprüft.*

$$\chi^2 = \frac{\sum \frac{a_1^2}{a_1 + b_1} - \frac{n_a^2}{n_a + n_b}}{\frac{n_a}{n_a + n_b} - \left(\frac{n_a}{n_a + n_b}\right)^2}$$

Die erhaltenen Chi^2-Werte aus der Signifikanz-Tabelle herausgesucht, liessen mich zu folgendem Ergebnis gelangen: die Artzusammensetzung der in den beiden Wäldern vorhandenen Algensynusiums stimmt fast 100%-ig überein, da die signifikante Differenz unter 0,1% Wahrscheinlichkeit liegt.

Ein ähnliches Ergebnis zeigte auch der Vergleich der beiden im Grundgestein unterschiedlichen Wintergetreide felder. Die Übereinstimmung war auch hier 100%-ig.

Die Algenflora des Waldes und Ackerfeldes, dessen Grundgestein gleich ist, stimmt aber nicht überein. Im Wald vermehrten sich auf dem reicheren Humus die Chlorophyta, welche die ihnen gegenüber weniger konkurrenzfähigen, phylogenetisch älteren Organismen, die Cyanophyta aus der Assoziation verdrängten.

Auf den Ackerböden dominierten die Cyanophyta vergesellschaftet mit Chrysophyta und Bacillariophyta-Arten. Dagegen nahm die Zahl der Chlorophyta ab. Die Algenflora ist gegenüber Chemikalien empfindlich. Die Kunstdünger fördern ihre Vermehrung (siehe die Gegenüberstellung der Pomázer und Ürömer Proben). Die Unkrautbekämpfungsmittel, in erster Linie die stark chlorhaltigen Sorten, lichten sie stark. Unter dem Einfluss der Chemikalien ist die Arten- und Individuenzahl der Blaualgen gesunken. Die Grün-, Gelb- und Kieselalgen erwiesen sich als widerstandsfähiger, wahrscheinlich deshalb, weil sie die Möglichkeit haben, sich mit differenzierteren Vermehrungsweisen (geschlechtliche Vermehrung), mit Dauersporen und möglicherweise mit der Veränderung ihrer Entwicklungsstadien den veränderten Bedingungen anzupassen.

Der Vergleich zwischen der chemikalisch behandelten und nicht behandelten Kulturen zeigt eine 70%-ige significante Differenz.

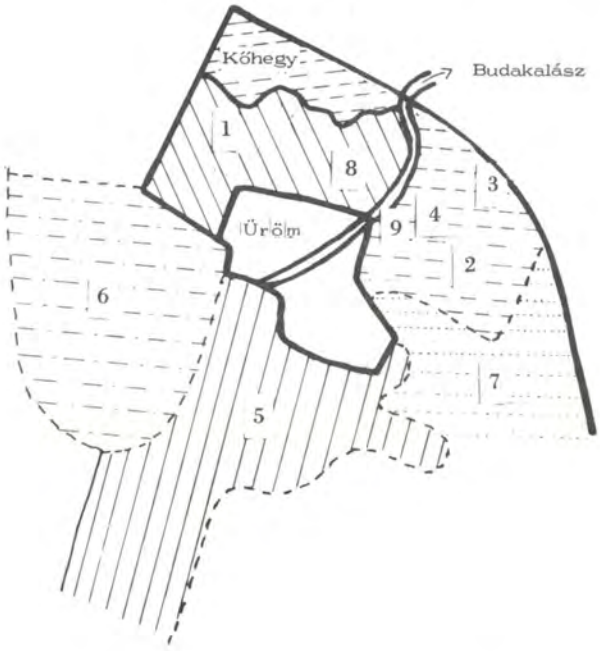
Die heutige Landwirtschaft kann man sich schon nicht mehr ohne die Chemisierung vorstellen. Diese Waffe ist aber zweischneidig. Wenn die Sauerstoff produzierenden Mikroorganismen des Bodens durch die Unkrautbekämpfungsmittel in grossem Masse Schaden nehmen, dann werden sie in jedem Fall auf die aërobe Bakterienflora zurückwirken, welche für die Aufrechterhaltung des gesunden Nährstoffwechsels des Bodens unentbehrlich ist. Man müsste unbedingt untersuchen, in welchem Masse der Zerfall des biologischen Gleichgewichtes den Verfall des Bodens nach sich zieht, und wie man dieser Degeneration vorbeugen könnte.

DANKSAGUNG: Auf diesem Wege möchte ich Dank sagen Dr. J. Szujkó-Lacza, C. Sc., Direktorin der Botanischen Abteilung des Ungarischen Naturwissenschaftlichen Museums, und Dr. P. Zs. Komáromy.

Ich danke den Spezialisten für Pflanzenschutz beider Produktionsgenossenschaften, Herrn J. Jánovszky und Herr A. Dandó, dass sie mir die gewünschten Angaben zur Verfügung stellen, den Mitarbeitern des Geologischen Institutes, den Geologen Dr. A. Körmendi und Dr. J. Haász, für die mir zur Verfügung gestellten Landkarten, den Mitarbeitern des OMMI für die Bodenkarten, und nicht zuletzt der Kollegin G. Bozsidár für die Analysen der Bodenproben.

* Der Vergleich der beiden empirischen Haufigkeitsverteilung bei mehr als zwei Klassen.

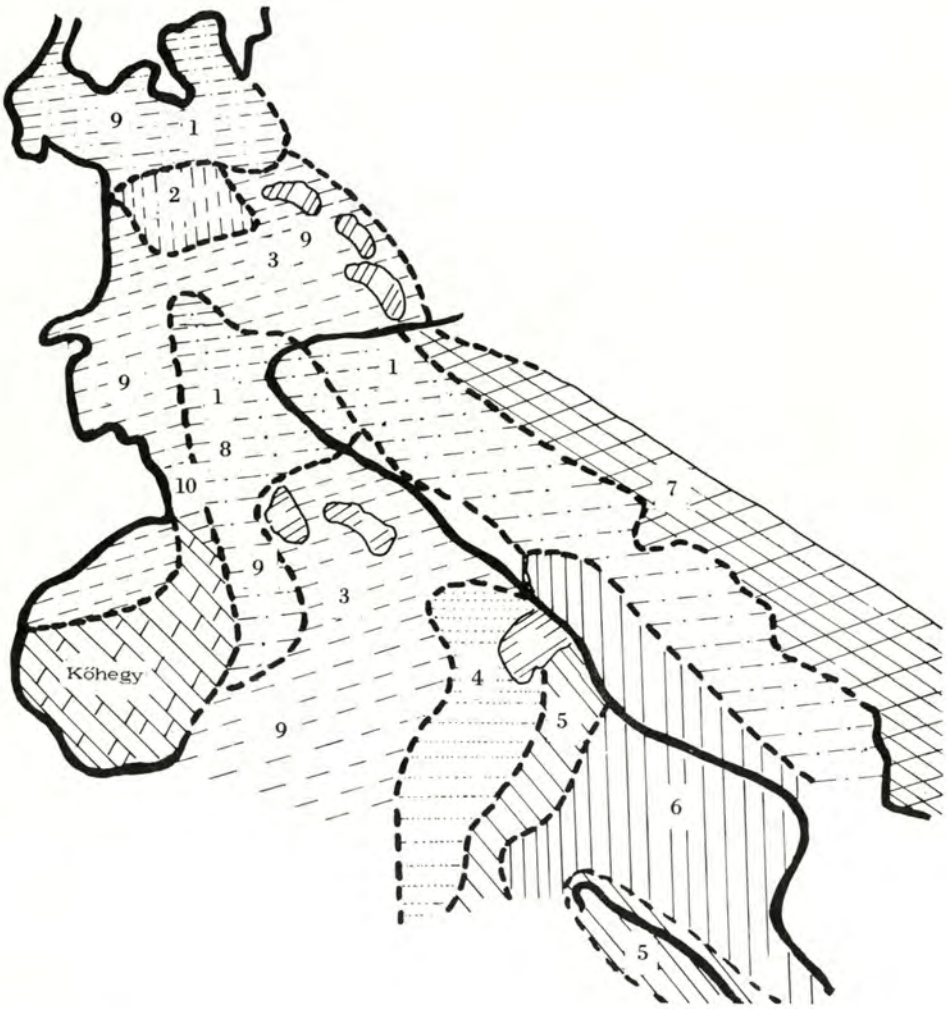
Karte 1. Bodenkundliche Landkarte von Üröm und seiner Umgebung



1 - Unvollendeter Waldboden (stark erodiert)
2 - Brauner Waldboden
3 - Schwerer Lehm (Tegel)
4 - Kalkmangel im Obergrund
5 - Grundgestein an der Oberfläche
6 - Auf der Forstung sich bildender Florboden 15-20-30 cm die Stärke der Humusschicht
7 - Grauer Waldboden
8 - Wintergetreidefeld
9 - Kernhirsefeld

AMG Labor, Érd, 1962

Karte 2. Bodenkundliche Landkarte des Pomázer Kőhegy und seiner Umgebung



1 - Brauner Waldboden
2 - Dunkelfarbiger Waldboden
3 - Brauner Waldboden mit unvollendeten Profil
4 - Flurboden
5 - Aus Schüttungen entstandener Wiesenboden
6 - Aus Sumpf entstandener Wiesenboden
7 - Angeschwemmert Boden
8 - Ackerfläche (Schwach erodiert brauner Waldboden mit Mittelmässigen Humus)
9 - Aschwerer Lehm (Tegel)
10 - Lehm (Tegel)

AMG Labor, Érd, 1962

Tabelle 3. Die Häufigkeitswerte der in den Bodenproben verkommenden Algenarten

Algenarten Cyanophyceae	Ürömer Kőhegy			Pomázer Kőhegy			Ürömer Wintergetreide				Ürömer Kernhirse				Pomázer Wintergetreide				Summe				Σ
	H	F	S	H	F	S	H	F	Ch	S	H	F	Ch	S	H	F	Ch	S	H	F	Ch	S	
Anabaena constricta (Szaf.) Geitl.																2				2			2
Anabaena torulosa var. tenuis (Lemm.) Geitl.																1	1			1	1		2
Anabaena variabilis Kg.	1	1			1			2	2			4				1		2	1	9	2	2	14
Calothrix braunii (A. Br.) Born.																1				1			1
Cylindrospermum licheniforme Kütz.		2		1	2		7	9			7	10			5	5		4	20	28		4	52
Cylindrospermum stagnale Kütz.					1															1			1
Lyngbya cryptovaginata Sch.											1				2				3				3
Lynbgya limnetica Lemm.	2	1						1				1			1				3	3			6
Nostoc calcicola Bréb.								1								2				3			3
Nostoc commune Vauch.					2	1	6	6	6		5				3	3	2	6	14	11	8	7	40
Nostoc microscopicum Carm.							5	7	4	1	3	2				4		5	8	13	4	6	31
Nostoc muscorum Agh.							1				2					1		4	3	1		4	8
Nostoc paludosum Kg.							2				2							4	4			4	8
Phormidium ambiguum Gom.		3						7	2			4			4	4	2		4	18	4		26
Phormidium autumnale (Ag.) Gom.		1			1		1	2	2		1	1							2	5	2		9
Phormidium corium (Ag.) Gom.		3						2			1	1							1	6			7
Phormidium toveolarum (Mont.) Gom.								7	5	2	1	4	1	3		7	7	7	1	18	13	12	44
Phormidium interruptum Kg.							1				1								2				2
Phormidium lividum Näg.		6	4		1	1	3	10	4	3	3	9		1	6	8	5	7	12	34	9	16	71
Phormidium retzii (Ag.) Gom.		2													1				1	2			3
Pleurocapsa minor Hansg. (?)								2				1				1				4			4
Summe	3	19	4	1	8	2	26	56	25	6	27	37	1	4	22	40	17	39					
		26			11			113				69				118							

Erklärung: H- Herbst; F- Frühjahr; S - Sommer; Ch - nach chemischen Behandlung

Tabelle 4. Die Häufigkeitswerte der in den Bodenproben verkommenden Algenarten*

Algenarten Chlorophyceae	Ürömer Kőhegy			Pomázer Kőhegy			Ürömer Wintergetreide				Ürömer Kernhirse				Pomázer Wintergetreide				Summe				Σ
	H	F	S	H	F	S	H	F	Ch	S	H	F	Ch	S	H	F	Ch	S	H	F	Ch	S	
Chlamydomonas sp.	10	8	2	10	7	1	2	8	6	1	2	7	2	5	9	9	8	6	33	39	16	15	103
Chlorella miniata (Näg.) Oltm.					1															1			1
Chlorella simplex (Artari) Migula		6			4			7				9				2	2			28	2		30
Chlorella vulgaris Beijer.	5			3			4				4				3				19				19
Chlorella zofingensis Dönz					1			2				1								4			4
Chlorhormidium flaccidum (Kütz.) Fott	4	6	4	7	6	1	6	10	8	3	6	10	1	7	9	9	8	7	32	41	17	22	112
Chlorhormidium nitens Menegh.			2			2			4	1				4			3	3			7	12	19
Chlorococcum humicolum (Näg.) Rabh.	2			4	5			4	3	1		1		1	2			1	8	10	3	3	24
Hormotila mucigena Borzi (?)							3												3				3
Oocystis pusilla (?)								1	1						3	9	9	8	3	10	10	8	31
Summe	21	20	8	24	24	4	15	32	22	6	12	28	3	17	26	29	30	25	98	133	55	60	346
	49			52			75				60				110								

* Erklärung: H - Herbst; F - Frühjahr; S - Sommer; Ch - nach der chemischen Behandlung

Tabelle 5. Die Häufigkeitswerte der in den Bodenproben verkommenden Algenarten*

Algenarten	Ürömer Kőhegy			Pomázer Kőhegy			Ürömer Wintergetreide				Ürömer Kernhirse			Pomázer Wintergetreide					Summe				Σ
Chrysophyceae	H	F	S	H	F	S	H	F	Ch	S	H	F	Ch	S	H	F	Ch	S	H	F	Ch	S	
Pleurochloris commutata Pasch.				1											4				5				5
Pleurochloris magna B. Pet.	3	7			4		10	7	2		10	4			5	4		5	28	26	2	5	61
Pleurochloris meringensis Vischer					2			5	4			4				4	4	3		15	8	3	26
Vischeria punctata Vischer		5	2		2			5	1			5				2	1			19	2	2	23
Vischeria stellata Pasch.	1	4	2	6	4	4	3	9	3	5	3	7	3	6	5	7	7	6	18	31	13	23	85
Summe	4	16	4	7	12	4	13	26	10	5	13	20	3	6	14	17	12	14					
Bacillariophyceae																							
Hantzschia amphyoxis (Ehr.) Grun.	3	9	7	5	4	4	5	9	8	7	6	9	3	6	7	10	6	9	26	41	17	33	117
Navicula sp.	3	6	6	4	4	1	7	7	4	2	7	6	1	2	8	5	6	5	29	28	11	16	84
Summe	6	15	13	9	8	5	12	16	12	9	13	15	4	8	15	15	12	14					
Summe (Chrysophyceae und Bacillariophyceae)	10	31	17	16	20	9	25	42	22	14	26	35	7	14	29	32	24	28					
	58			45			103				82			113									

*Erklärung: H - Herbst; F - Frühjahr; S - Sommer; Ch - nach der chemischen Behandlung