©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

HUMUS - GRUNDLAGE DER BODENFRUCHTBARKEIT

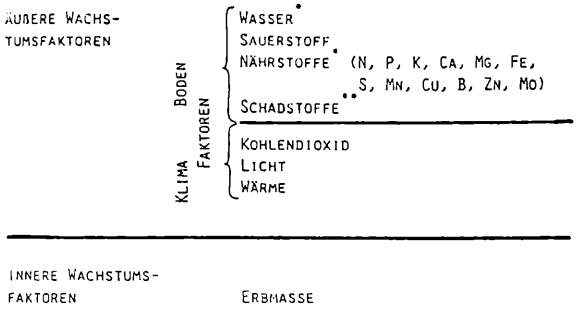
Berndt-Michael Wilke

1. Begriffe

Zwei Begriffe spielen in meinem Vortrag eine Rolle: Bodenfruchtbarkeit und Humus. Bevor ich auf Zusammenhänge zwischen diesen Faktoren eingehe, möchte ich sie kurz definieren.

Die Fähigkeit eines Bodens als Standort zu dienen und Pflanzenerträge zu erzeugen, bezeichnet man als BODENFRUCHTBARKEIT. Wichtige Faktoren, die die Ertragsbildung beeinflussen, sind in *Abb. 1* aufgeführt. Es kann zwischen äußeren und inneren Faktoren unterschieden werden. Die Bedeutung des Humus für die Ertragsbildung ist darauf zurückzuführen, daß der Humusgehalt der Böden entscheidend die Faktoren Nährstoffgehalte, Nährstoffangebot und Wasserhaushalt beeinflußt. Weiterhin muß in diesem Zusammenhang die Fähigkeit, Schadstoffe (Schwermetalle) zu sorbieren, genannt werden.

Abb. 1 : Wachstumsfaktoren



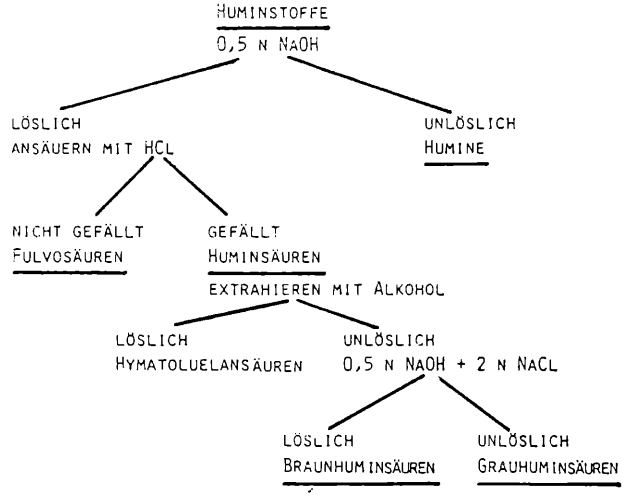
*) = entscheidend vom Humusgehalt beeinflußt
**) = Verfügbarkeit teilweise vom Humus beeinflußt

Als HUMUS bezeichnet man nach SCHEFFER (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL, 1976) die Gesamtheit der toten organischen Substanz. Das Verhältnis lebende zu tote organische Substanz beträgt etwa 1 : 10. Der Einfachheit halber sollen im folgenden die Begriffe Humus und organische Substanz gleichbedeutend verwendet werden.

Die organische Substanz läßt sich untergliedern in nur schwach umgewandelte Ausgangsstoffe (= Nichthuminstoffe: Kohlehydrate, Pektine, etc.), also den Inhaltsstoffen abgestorbener Pflanzen und Tiere, und in stark umgewandelte, hochmolekulare, dunkel gefärbte Huminstoffe. Letztgenannte Stoffe werden aufgrund ihrer mikrobiellen Resistenz im Boden angereichert und bedingen die dunkle Farbe humoser Horizonte. Huminstoffe werden im Zuge des Abbaus organischer Substanzen (= VERWESUNG) durch Bodentiere und Mikroorganismen biochemisch gebildet. Diesen Vorgang nennt man HUMIFIZIERUNG. Werden Nicht-Huminstoffe und Huminstoffe in anorganische mikrobiell umgewandelt, so spricht man von einer *Mineralisierung*.

Bislang werden Huminstoffe aufgrund ihrer Löslichkeit in verschiedenen Lösungsmitteln *(Abb. 2)* in Fulvosäuren, Huminsäuren und Humine unterteilt. Humine sind unlösliche Stoffe, wie z. B. Holzkohlenreste, hochstabile Ton-Humuskomplexe, Wachse, Harze

Abb. 2 : Einteilung der Huminstoffe



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

und Lignin. Fulvosäuren haben ein niedriges Molekulargewicht, sind reich an Carboxylgruppen (Ionenaustausch!), wasserlöslich, haben reduzierende und komplexierende Eigenschaften, was für die Pflanzenernährung von Bedeutung ist. Huminsäuren sind hochmolekulare, in Wasser schwer lösliche, dreidimensional vernetzte Sphärokolloide. Sie enthalten neben Carboxylgruppen reichlich Phenolgruppen. Im Hinblick auf die Bodenfruchtbarkeit sind sie aufgrund ihres hohen Adsorptionsvermögens und der Wasserhaltefähigkeit von besonderer Bedeutung.

Ein Maß für den Humusgehalt bzw. den Gehalt an organischer Substanz von Böden ist ihr Kohlenstoffgehalt (C_{org} - Gehalt). Zur Bestimmung wird die organische Substanz durch Oxidation auf trockenem Weg (800 - 950° C) zersetzt und das freigesetzte CO_2 aufgefangen und gemessen. Eine weitere Methode ist die nasse Veraschung mit Dichromat-Schwefelsäurelösung (s. SCHLICHTING und BLUME, 1966). Die Umrechnung von C-Gehalt in organische Substanz erfolgt durch Multiplikation mit 1,724 unter der Annahme eines mittleren C-Gehaltes der organischen Substanz von 58 %.

2. Bedeutung des Humus für Pflanzen und Boden *(Abb. 3)*

Für Pflanzen stellt der Humus eine langsam fließende *Nährstoffquelle* dar. Die Betonung liegt hierbei auf langsam, da die Nährstoffe durch Mineralisierung in eine pflanzenverfügbare Form mikrobiell umgewandelt werden müssen. Von den Makronährstoffen liegen Stickstoff und Phosphor vornehmlich in organischer Bindung vor. Beim Stickstoff beträgt dieser Anteil 95 % des Gesamt-N, beim Phosphor in Ackerböden 20 - 65 %. Von den Spurenelementen treten vornehmlich Schwefel und Bor in organischer Bindung auf.

Unter dem Begriff *Ionensorption* soll an dieser Stelle zunächst die Kationensorption, d. h. die elektrostatische Bindung positiv geladener Teilchen verstanden werden. Diese (Kationen) können an Carboxyl- und phenolische OH-Gruppen von Huminstoffen, sofern diese ihre H^+ - Ionen abdissoziiert haben, gebunden werden. Der in *Abb. 3* dargestellte Vorgang ist umkehrbar, d. h. das sorbierte Mg-Ion kann beim Absinken des pH in der Bodenlösung wieder zurückgetauscht werden. Die Kationensorptionskapazität der Huminstoffe ist weitaus größer als die von anderen wichtigen Austauschern in Böden, den Tonmineralen. Sie beträgt etwa 150 - 300 mval/100 g organische Substanz (1 mval K = 39,1 mg) bei pH 8. Tonminerale sorbieren 6 - 150 mval/100 g Ton. Allerdings ist ihre Sorptionskapazität kaum pH-abhängig. Die Austauschkapazität des Humus nimmt mit sinkemdem pH der Böden ab. Austauschbar gebundene Ionen sind vor Auswaschung geschützt und aufgrund ihrer Austauschbarkeit in einem relativ leicht pflanzenverfügbaren Zustand gespeichert. Von besonderer Bedeutung ist die Ionensorption an Humusteilchen in tonarmen Sandböden.

Neben der Sorption von Nährstoffen vermögen Huminstoffe, insbesondere die höhermolekularen Huminsäuren, Schwermetalle - wie an einem Beispiel (s. u.) gezeigt werden soll - zu sorbieren. Neben der reinen Ionenbindung liegen noch andere Bindungsformen wie Komplexbindungen und die Bildung von Schwermetallsalzen vor.

Die in *Abb. 3* dargestellte Tabelle zeigt, daß die *Wasserspeicherleistung* von Böden mit zunehmendem Humusgehalt ansteigt. Ein Vergleich der lehmigen mit den sandigen Böden zeigt, daß bei den letztgenannten Böden die organische Substanz die nutzbare Wasserspeicherleistung noch stärker erhöht.

Weiterhin begünstigt die organische Substanz die Bildung eines grobporigen *Aggregatgefüges*. Dies ist besonders in schweren Böden von Bedeutung, weil deren Wasser- und Lufthaushalt verbessert wird. Die Stabilität von Aggregaten wird zusätzlich durch die Bildung von Ton-Humusverbindungen gefördert.

Hohe Humusgehalte färben den Boden dunkel. Dies begünstigt eine rasche Erwärmung im Frühjahr. Dadurch kann gerade in den kühleren Kimaten die *Vegetationsperiode verlängert* werden.

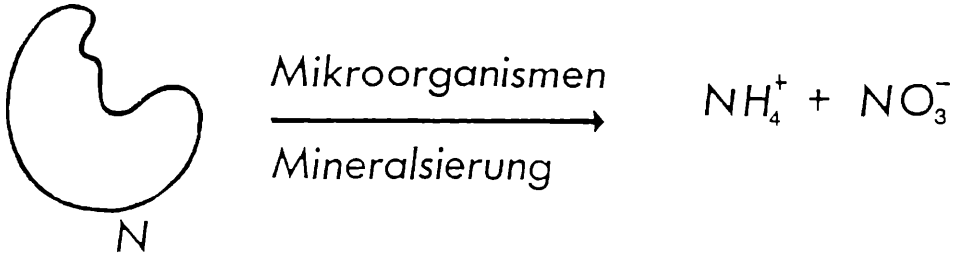
Zur organischen Substanz müssen auch Verbindungen mit *Wirkstoff*charakter (Vitamine, Auxine, etc.) gerechnet werden. Sie gelangen mit der Streu in die Böden oder werden bei der Mineralisierung gebildet. Sie können schon in geringen Mengen positive und negative Wirkungen (z. B. Bodenmüdigkeit) auf Pflanzen ausüben. Leider ist der derzeitige Kenntnisstand über diese Stoffe noch gering.

Nach diesen allgemeinen Ausführungen soll im folgenden anhand von Beispielen aus ab-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

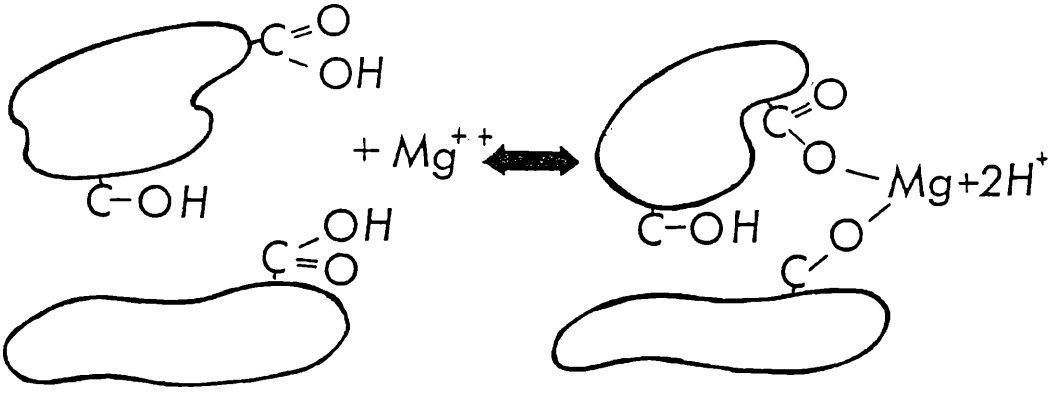
Abb. 3 : Bedeutung des Humus für Böden und Pflanzen

1. Langsam fließende Nährstoffquelle



(nicht pflanzenaufnehmbar) (pflanzenaufnehmbar)

2. Ionensorption



3. Wasserspeicherleistung

Erhöhung der nutzbaren Speicherleistung (Vol %) durch den Humusgehalt (nach SCHLICHTING/BLUME 1966)

	humusarm	-haltig	humos	-reich	sehr -reich	
um	1	3	6	12	20	sandige Böden
um	-	2	4	8	16	lehmige Böden

4. Bildung von wasserstabilen Aggregaten (Krümel)

5. Längere Vegetationsperiode

6. Erhöhung der Wirkstoffgehalte

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

geschlossenen und noch laufenden Forschungsvorhaben unseres Lehrstuhls die Bedeutung des Humus für Böden und deren Fruchtbarkeit aufgezeigt werden. Darüber hinaus wird anhand von Veröffentlichungen zweier anderer Institutionen dargelegt, wie sich unterschiedliche Wirtschaftsweisen auf den Humusgehalt und die Erträge der untersuchten Böden auswirken.

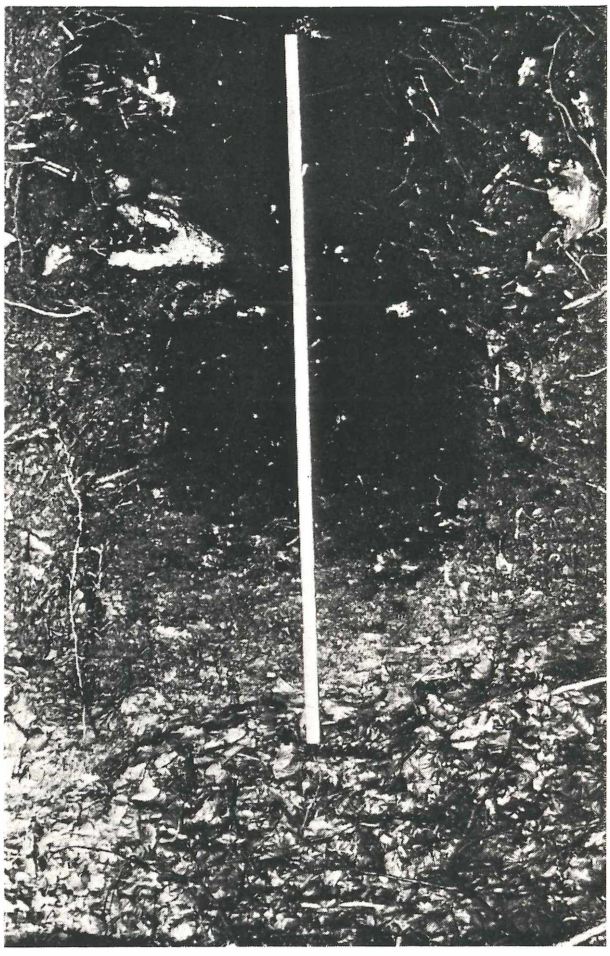
3. Humus und Humusschwund im Gebirge

Seit etwa drei Jahren werden von Herrn BOCHTER, einem Mitarbeiter unseres Lehrstuhls, Humusbildungen im Nationalpark Berchtesgaden untersucht. *Abb. 4* zeigt eines seiner Untersuchungsobjekte. Es handelt sich um einen O - C-Boden - eine Einordnung in die derzeit gültige Nomenklatur ist nicht möglich - bei dem eine bis zu mehr als einem Meter mächtige Humusauflage (O-Horizont) dem Gestein (C-Horizont) aufsitzt. Mineralbodenhorizonte sind, wenn überhaupt, nur wenige Millimeter mächtig. Pflanzen, die auf diesen Standorten stocken, sind allein auf die Nährstoffnachlieferung und Wasserhaltefähigkeit des Humus angewiesen. Alle Maßnahmen, wie z. B. Rodung (s. u.), die einen verstärkten Abbau des Humus zur Folge haben, würden hier unweigerlich zur gänzlichen Vernichtung führen. Bedenkt man, daß die Böden mindestens 2.500 Jahre alt sind (BOCHTER, mündl. Mitteilung), so kann dieser Schaden als irreparabel bezeichnet werden.

Auswirkungen von Rodungen auf den Humusgehalt alpiner Böden haben BOCHTER et al. (1981) untersucht. Sie konnten einen deutlichen Humusschwund *(s. Abb. 5)* durch Rodung nachweisen. Dieser kann zumindest weder durch Alm- noch durch Forstwirtschaft ausgeglichen werden. Während nach Wiederaufforstung der Humusvorrat wieder langsam ansteigt, stellt sich nach der Einrichtung von Almen ein geringerer konstant bleibender Humusgehalt ein.

Daß die Abholzung von Gebirgsstandorten und der damit verbundene Humusschwund die Erosionsanfälligkeit verstärkt, konnten KELCH et al. (1977) nachweisen. *Abb. 6* zeigt den Markkaserhang im Kampenwandgebiet. Im oberen Teil des Hanges sind noch Reste des ursprünglichen Bergmischwaldes zu erkennen. Unter Buche wie auf den waldnahen Matten finden sich Übergänge zwischen Rendzinen und Kalksteinbraunlehmen. Ihre Mächtigkeit beträgt 25 cm. Die

Abb. 4: O-C-Boden Nationalpark Berchtesgaden
(Klassifikation nach R. BOCHTER: rohhumusartiger Moder aus Dachsteinkalkhangschutt)



Böden unter den Matten zeigen zwar noch keine größeren Erosionsschäden, sie weisen jedoch schon Humusverluste von über 50 % gegenüber den Böden unter Wald auf. Der rodungsbedingte Humusverlust dürfte hier in erster Linie auf einen verstärkten Abbau der organischen Substanz infolge stärkerer Erwärmung der Böden sowie Anhebung des pH und der damit verbundenen Zunahme mikrobieller Aktivität zurückzuführen sein. Humusverlust bedeutet jedoch für diese Standorte Verringerung des Wasserspeichervermögens der Böden und Abnahme der Stabilität des Bodengefüges, was letztlich zur Regradierung der Böden bis hin zum *Rohboden* bzw. vollständiger Erosion führt.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Abb. 5: Das Humuskapital einer Probefläche in Abhängigkeit von der Zeit – schematische Skizze (nach BOCHTER et al., 1981)

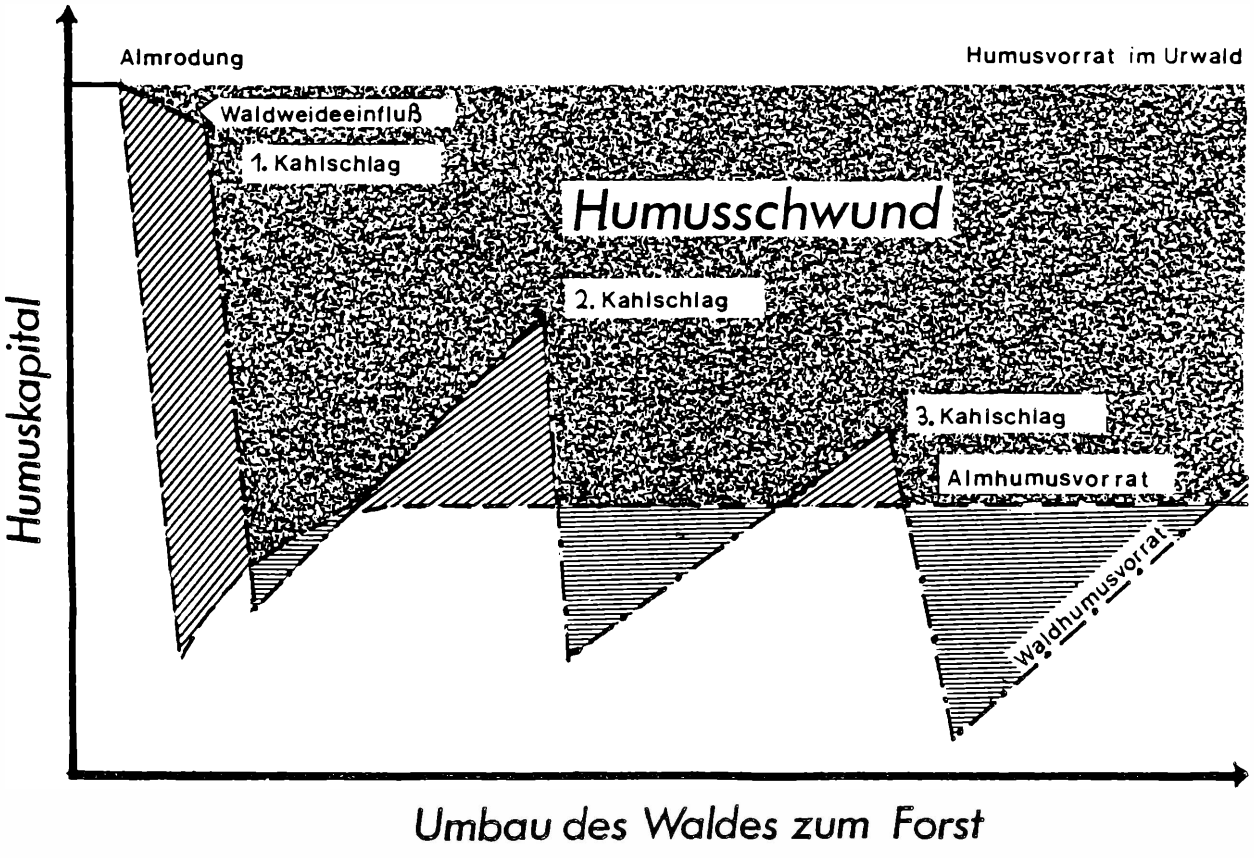


Abb. 6: Markkaserhang im Kampenwandgebiet (Aufnahme: ZECH)

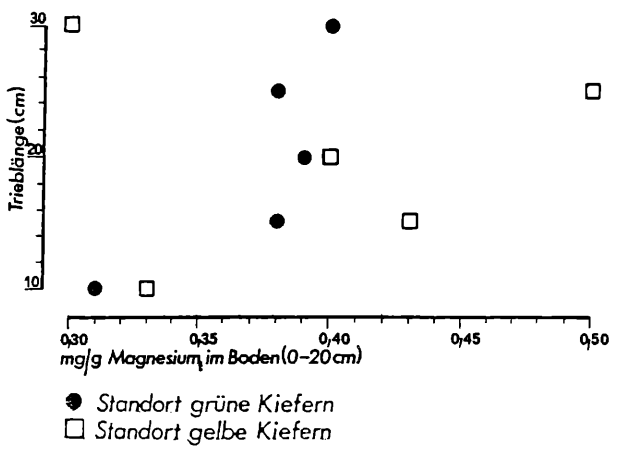
©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

4. Bedeutung des Humus für die Nährstoffversorgung eines Kiefernforstes

Südöstlich von Bayreuth befindet sich im Bereich des Forstamts Pressath ein Kiefernstandort auf quartären Schottern und Sanden. Die Kiefern zeigen auf diesen Substraten schlechte Wuchsleistungen und gelbe Nadelspitzen. Vielfach gehen die Bäume im Kulturalter zugrunde. Zur Klärung der Ursache dieser Schäden wurden von Prof. ZECH, dem Leiter unseres Lehrstuhles, Nadelanalysen an Mischproben aus halbjährigen Nadeln des obersten Wirtels durchgeführt. Die Untersuchungen ergaben, daß mit Ausnahme von Magnesium alle Nährstoffgehalte in den Nadeln über den Grenzwerten für sichtbare Mangelsymptome lagen. Die Mg-Konzentrationen gelber Nadeln betrugen 0,28 - 0,40 mg/g, die Grenzkonzentration liegt hier bei 0,4 mg/g.

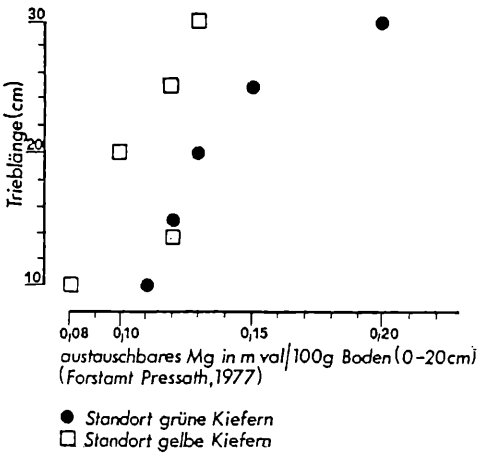
Zur Klärung der Frage, warum die Kiefern an Magnesiummangel leiden, wurden Bodenuntersuchungen durchgeführt. *Abb. 7* zeigt Zusammenhänge zwischen Gelbfärbung der Kiefern, ihrer Wuchsleistung und dem Gesamtmagnesiumgehalt der Böden. Deutliche Korrelationen sind nicht erkennbar.

Abb. 7: Beziehungen zwischen Gesamt-Mg-Gehalten im Boden und der Trieblänge der Kiefern (nach ZECH, 1978)



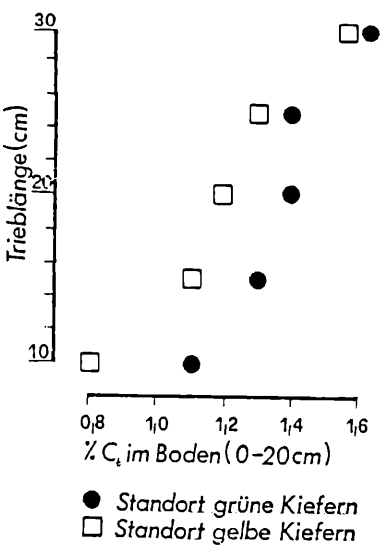
Im Gegensatz dazu zeigten sich deutliche Beziehungen zwischen dem Anteil an austauschbar gebundenem Magnesium der Böden und der Wuchsleistung *(Abb. 8)*. Mit Zunahme des austauschbaren Magnesiums nimmt die Wuchsleistung ebenfalls zu. Gelbe Kiefern stocken auf Böden, die ärmer an austauschbarem Magnesium sind.

Abb. 8: Beziehungen zwischen austauschbarem Magnesium und der Wuchsleistung der Kiefern (nach ZECH, 1978)



Nach *Abb. 9* besteht ein enger Zusammenhang zwischen C-Gehalt und Wuchsleistung der Kiefern. ZECH (1978) schließt aus diesem Befund, daß der Mangel an austauschbarem Magnesium auf die geringere Sorptionskapazität humusarmer Böden zurückzuführen ist. Tatsächlich wurden vor Kulturbegründung die humosen Oberböden dieser Standorte entfernt. Die dadurch hervorgerufenen Stoffverluste werden durch die Daten von *Tab. 1* belegt.

Abb. 9: Beziehungen zwischen Kohlenstoffgehalten der Böden und der Wuchsleistung von Kiefern (nach ZECH, 1978)



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 1: Stoffverluste bei Kulturbegründung (FA. Pressath, 1977, und ZECH, 1978)

behandelt	22.990 (59 %)	1.760 (34 %)	46,8 (57 %)
nicht behandelt (ohne Auflage)	39.180 (100 %)	5.110 (100 %)	81,6 (100 %)
Mengen	kgC_t/ha/1 m	kgN/ha/1 m	$kgMg_{austb.}$/ha/1m

5. Bedeutung des Humus für die Sorption von Schadstoffen

Vom Verfasser dieser Arbeit werden derzeit in Laborversuchen Zusammenhänge zwischen Schadstoffsorption und biologischer Aktivität von Waldhumusformen untersucht. Bisher abgeschlossene Versuche lassen erkennen, daß erst nach extrem hohen Belastungen mit Blei (WILKE, 1982) und Arsen (WILKE, unveröffentlicht) Hemmungen der mikrobiellen Aktivität auftragen. Vergleiche der Bleizugaben mit den noch in den Bodenlösungen verbliebenen Bleikonzentrationen ($Pb_{löslich}$, *Tab. 2*) zeigen, daß die organischen Auflagen (O_L-Horizonte) bis zu 10.000 µg Pb/g fast vollständig sorbierten.

Dagegen wurde in den humusärmeren A-Horizonten wesentlich weniger Blei sorbiert. Ein Vergleich der pH-Werte mit den noch in Lösung befindlichen Pb-Konzentrationen zeigt jedoch, daß die Bleisorption auch mit zunehmendem pH der Böden ansteigt.

Im Gegensatz zum Blei konnte für Arsen - es wurde als Arsenat, also als Anion zugesetzt - keine Beziehung zwischen den C-Gehalten der Bodenhorizonte und der Arsensorption festgestellt werden. Das Vermögen, Schwermetalle zu sorbieren, wird durch zahlreiche Untersuchungen anderer Wissenschaftler belegt. Stoffe wie Arsen und Selen zeigen jedoch keine Humusaffinität.

Tab. 2: Blei- und Arsensorption in O_L- und A_h-Horizonten der Humusformen Mull, Moder und Rohhumus
nach WILKE (1982) und WILKE (unveröff. As-Daten)

Humusform/ Horizont	C_{org} (%)	pH 0,01 m $CaCl_2$	KAK (mval/100g)	Pb-Zugabe (µg/g)	$Pb_{löslich}$ (µg/ml)	As-Zugabe (µg/g)	$As_{löslich}$ (µg/ml)
Mull O_L	38,8	7,27	57,5	10.000	2,5	500	22
A_h	4,1	7,30	24,0	1.000	0,2	500	8
Moder O_L	36,0	5,26	54,6	10.000	3,0	500	n.d.
A_h	3,2	3,50	9,0	1.000	9,3	500	57
Roh- O_L	41,2	2,90	22,2	10.000	10,3	500	37
humus A_h	2,0	2,82	5,7	1.000	77,8	500	159

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

6. Beeinflussung des Humusgehaltes von Böden durch unterschiedliche Wirtschaftsweisen und Düngungsmaßnahmen

PETTERSON und von WISTINGHAUSEN (1981) prüften in einem neunjährigen Versuch die Wirkung einer konventionellen und einer biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise auf einem alten entkalkten Marschboden mit den Eigenschaften einer Knickmarsch. Folgende Versuchsglieder wurden angelegt:

Düngung:

A Mineraldüngung

B Stallmist-Kompostdüngung, ergänzt durch organische Düngemittel mit Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate.

Fruchtfolge:

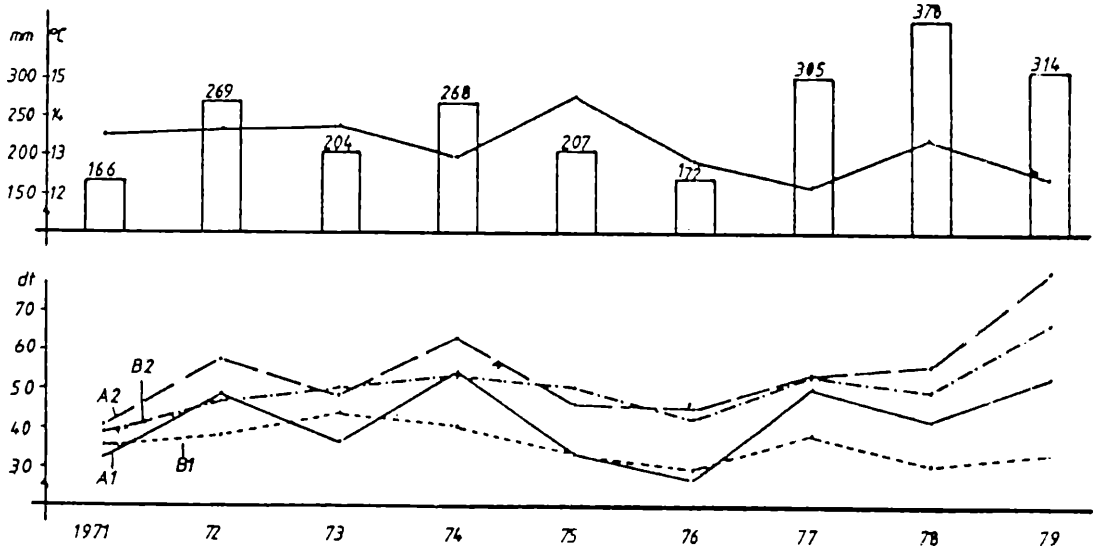
1 Kartoffeln - Weizen - Gerste

2 Kartoffeln - Weizen - Kleegras

Die Düngungsvarianten A und B wurden mit den Fruchtfolgen 1 und 2 kombiniert..

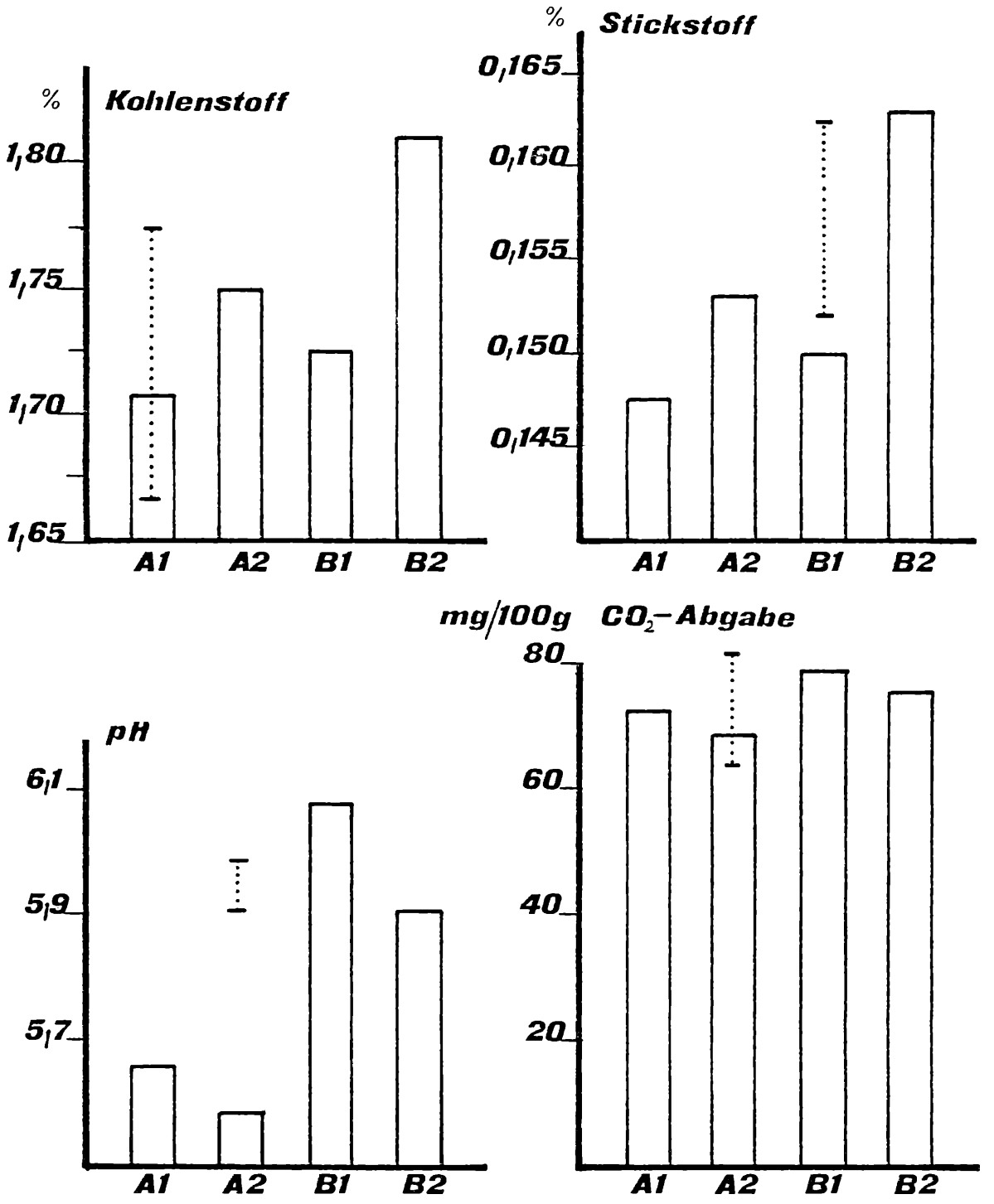
Im Jahr 1979 an den Böden der einzelnen Versuchsglieder durchgeführte Untersuchungen *(Abb.10)* lassen erkennen, daß sowohl durch organische Düngung als auch durch den Kleegrasanbau, der eher einer biologisch-dynamischen Wirtschaftsweise entspricht, die Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte der Böden erhöht wurden. Allerdings lassen sich die erzielten Zunahmen nur zum Teil (B_2N_t-Gehalt) statistisch absichern. Gesicherte Erhöhungen des pH-Werts der Böden konnten durch die organische Kompostdüngung erzielt werden. Bei den CO_2-Abgaberaten, Austauschkapazitäten und Enzymaktivitäten (letztgenannte Paramter nicht dargestellt) konnten keine Unterschiede für 1979 nachgewiesen werden. Die Erträge der Kompostdüngungsparzellen lagen meist unter denen der Mineraldüngungsparzellen *Abb.11)*. Allerdings nahmen die Kompostvarianten einen ruhigeren Ertragsverlauf, was auf ein tieferes Wurzelwachstum und damit einer besseren Wasserversorgung oder auf besseres Wasserhaltevermögen der Böden nach Kompostdüngung schließen läßt.

Abb. 11: Niederschläge mm u. mittl. Temperatur der Monate Mai-Sept. gemittelte Trockensubstanzerträge der Fruchtfolgeglieder in dt/ha (nach PETTERSSON und von WISTINGHAUSEN, 1981)



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Abb. 10: Wirkungen einer neunjährigen biologisch-dynamischen und einer konventionellen Wirtschaftsweise auf C_t- und N_t-Gehalte, pH-Werte und CO_2-Abgabe von Oberböden (nach PETTERSSON und von WISTINGHAUSEN, 1981)



A = konventionelle Wirtschaftsweise
B = biologisch-dynamische Wirtschaftsweise
1 = Kartoffeln - Weizen - Gerste
2 = Kartoffeln - Weizen - Kleegras
= Grenzdifferenzen (α= 5 %)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

In einem 1947 auf einer pseudovergleyten Parabraunerde aus Löß angelegten Dauerversuch im Alpenvorland bei Puch wurde geprüft, wie sich eine 5jährige Organdüngung auf Erträge und Humusgehalt auswirkt (BACHTHALER, 1972). In den Jahren 1947-1952 wurden dazu insgesamt 1200 dt/ha 12 verschiedener organischer Dünger ausgebracht. Die Kontrollparzellen blieben während dieser Zeit ohne Dünger. Von 1953 an wurde die Versuchsfläche einheitlich mineralisch gedüngt.

Die Entwicklung der Gehalte an organischer Substanz bei den verschiedenen Düngervarianten zeigt *Tab. 3*. Sowohl die Kontrollfläche als auch die Mineraldüngungsparzelle weisen langfristig eine Abnahme der Humusgehalte auf. Bei den Organdüngervarianten konnte dagegen im Jahr 1954 ein mehr oder weniger deutlicher Anstieg gemessen werden. Die höchsten Anreicherungsraten zeigten die Glieder Torfmull, Erdkompost und stark verrotteter Stallmist. Vergleiche der Humusgehalte von 1954 mit den von 1957 und 1970 gemessenen Werten lassen erkennen, daß die erreichten Höchstgehalte bei fehlender Nachlieferung organischer Substanz nicht gehalten werden können. Nach BACHTHALER (1972) bestätigen die Untersuchungsdaten die Auffassung JENNY's, daß Humusgehalte sich in Abhängigkeit vom Klima, der Wirtschaftsweise und den geologischen Bodenverhältnissen auf einen dauerhaften Humusspiegel einstellen, eine Anhebung nur durch ständige zusätzliche Zufuhr von organischer Substanz zu erreichen ist.

Tabelle 3: Entwicklung des Gehaltes an organischer Substanz im Boden bei den verschiedenen Düngungsvarianten (nach BACHTHALER, 1972)

Versuchsglieder	Untersuchungsjahre			
	1947/1949	1954	1957	1970
Kontrolle (1947-1952 ungedüngt)	2,27	2,26	2,29	2,03
stark verrotteter Stallmist	2,26	4,16	3,53	2,66
Erdkompost	2,17	4,76	3,94	2,98
Torfmull	2,20	5,56	5,02	3,48
Strohdüngung	2,24	3,06	2,62	2,08
Gründüngung	2,27	2,84	2,53	2,20
Mineraldüngung normal (ab 1950)	2,56	2,39	2,36	1,90

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse erbrachten die stärker verrotteten Stallmist- und Kompostformen die besten und zeitlich länger anhaltenden Ertragsmehrleistungen *(s. Tab. 4)*. Allerdings wurden Mehrerträge nur unter den Bedingungen eines hohen Blattfruchtanteils in der Fruchtfolge erzielt. Bei Anbau von Halmfrüchten wären dagegen eher Mindererträge infolge eines zu hohen Stickstoffangebots nach intensiver Organdüngung zu erwarten. BACHTHALER (1972) führt die Mehrerträge auf höhere Nährstoffgehalte sowie auf das gute Nährstoffbindungsvermögen der in der Krume gebildeten, stabilen Ton-Humusverbindungen zurück.

Die reine Mineraldüngung vermochte trotz Entwicklung einer größeren Wurzelmasse auf dem biologisch aktiven Boden von Puch die Humusgehalte nicht zu erhöhen.

7. Zusammenfassung

Aufgrund der hier dargelegten Zusammenhänge zwischen Bodenfruchtbarkeit und Humusgehalt lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

a) Humus verbessert aufgrund seines Nährstoffnachlieferungs- und Sorptionsvermögens die Nährstoffversorgung, insbesondere sandiger Standorte.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 4: Relative Ertragsleistung der 14 Düngungsvarianten im 25jährigen Versuchsverlauf
Kontrolle (1947 - 1952 ungedüngt) = 100
(nach BACHTHALER, 1972)

Versuchsglied	1948-1960	1961-1972	1948-1972
stark verrotteter Stallmist	151	109	131
Erdkompost	155	109	133
Torfmull	136	105	122
Strohdüngung	138	108	129
Gründüngung	144	108	127
normale Mineraldüngung (22jähriges Mittel 1951-1960)	129	97	107

b) Humus erhöht das Wasserspeicherungsvermögen und die Stabilität von Bodenaggregaten.

c) Durch organische Düngung wird der Ertragsverlauf infolge ausgeglichenerer Wasserversorgung geglättet.

d) Humusgehalte von Böden lassen sich nur durch ständige Zufuhr organischer Substanz über den "natürlichen" Humusspiegel eines Standorts erhöhen.

e) Für Schwermetalle ist der Bodenhumus ein wirksames Filter. Die Aufnahme der Schadstoffe in die Pflanzen wird verhindert.

f) Maßnahmen, die zu einem verstärkten Humusabbau führen, sind zu vermeiden. Dies gilt insbesondere für Gebirgsböden, deren Stabilität und Wasserhaltevermögen wesentlich vom Humusgehalt gesteuert werden.

Literatur:

BACHTHALER, G. (1972):
Einfluß verschiedener Humusdünger auf den Pflanzenertrag auf einer Parabraunerde aus Lößlehm. Land. Forsch. 28/1 Sonderheft, S. 297-309

BOCHTER, R. NEUERBURG, W. und ZECH, W. (1981):
Humus und Humusschwund im Gebirge. Nationalpark Berchtesgaden, Forschungsberichte 2, 110 S.

KELCH, G. DREXLER, O. u. ZECH, W. (1977):
Über den Bodenabtrag im Kampenwandgebiet. Z. Geomorph. N. F., Suppl. Bd. 28, S. 134-147

PETTERSON, B. D. u. von WISTINGHAUSEN, E. (1981):
Bodenuntersuchungen zu einem neunjährigen Feldversuch (1971-1979) mit konventioneller und biologisch-dynamischer Wirtschaftsweise. Schriftenreihe "Lebendige Erde", Darmstadt

SCHEFFER, F. u. SCHACHTSCHABEL, P. (1976):
Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart

SCHLICHTING, E. u. BLUME, H.P. (1966):
Bodenkundliches Praktikum, Verlag Paul Parey, Hamburg

WILKE, B.M. (1982):
Über Sorption u. Wirkung von Blei auf die biologische Aktivität terrestrischer Humusformen. Z. Pflanzenern.u. Bodenkunde, 145, S. 52-65

ZECH, W. (1978):
Humus, Grundlage der Bodenfruchbarkeit. Bayreuther Hefte für Erwachsenenbildung, Mühl'scher Universitätsverlag Bayreuth

Anschrift des Verfassers:

Dr. Berndt-Michael Wilke
Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie der Universität Bayreuth
Postfach 3008
8580 Bayreuth

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge (LSB)

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: 3_1982

Autor(en)/Author(s): Wilke Berndt-Michael

Artikel/Article: HUMUS - GRUNDLAGE DER BODENFRUCHTBARKEIT 18-28