

DIE ENTWICKLUNG VON KIEFERNWALDÖKOSystemEN IM JUGENDSTADIUM UNTER DEM EINFLUß VON BODENBEARBEITUNGS- UND DÜNGUNGSMAßNAHMEN AUF ZWEI UNTERSCHIEDLICHEN STANDORTEN IN DER OBERFALZ*

R.V. EDER

Abstract

In two experiments on different sites (clay-pseudogley and sandpodsol) the influence of various methods of soil cultivation on *Pinus sylvestris* (8 years old) was studied relating to:

- height, diameter and social status of trees,
- accumulation of phytomass, energy, nutrients and surface of pine needles,
- physical and chemical changes in the soil in comparison with the previous stand.

Results: Soil cultivation had a noticeable influence on the growth of trees and on the surface of needles, but not on the amount of phytomass or the accumulation of nutrient elements and energy in the organic matter. The output rates of nitrogen in the cultivated plots were higher than in the control area.

Einleitung

Die künstliche Verjüngung von Kiefernreinbeständen (Monokulturen), wie sie in Mitteleuropa üblich ist, bedeutet für ein Waldökosystem einen erheblichen Eingriff. Zuerst wird der Altbestand im Kahlschlagverfahren beseitigt. Die plötzliche Freilegung des Bodens wirkt sich über die Veränderung von Kleinklima und Wasserhaushalt auf biotische und abiotische Prozesse in und auf dem Boden aus. Dem Kahlhieb folgen häufig noch zusätzliche Maßnahmen zur Vorbereitung der Verjüngungsflächen wie Stockrodung, Bodenbearbeitung, mineralische Düngung, Herbizidanwendung, Entwässerung, etc.

Gegenüber dem Ausgangszustand im Altbestand oft völlig veränderten Standortsbedingungen wird der neue Bestand durch Saat oder Pflanzung angelegt. Dabei wird oft eine möglichst große Verjüngungsfläche angestrebt, um damit den rationellen Einsatz von Holzernte-, Bodenbearbeitungs- und Sä- bzw. Pflanzmaschinen zu ermöglichen.

Die Wahl des Verjüngungsverfahrens, d.h. die Art und Intensität der Bodenvorbereitung erfolgt dabei in der Regel weniger nach den standörtlichen Erfordernissen als vielmehr nach örtlicher Tradition oder nach der zufälligen Verfügbarkeit von Maschinen. Die forstliche Forschung hat sich schon frühzeitig, nämlich seit Beginn dieses Jahrhunderts, mit dem Problem der Bodenbearbeitung in der Waldverjüngung befaßt. Das Hauptinteresse galt dabei aber betriebswirt-

*Die Versuche wurden in enger Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Burschel, Dr. Kantarci und Prof. Dr. Rehfuess durchgeführt.

schaftlichen und ertragskundlichen Fragestellungen. Wittich (1926) untersuchte als erster die Einflüsse von Kahlschlag und Bodenbearbeitung auf biologische und chemische Abläufe im Boden und eröffnete damit eine ökologisch begründete Untersuchungsrichtung, auf der die im folgenden beschriebenen eigenen Arbeiten aufbauen.

Auf zwei von der Bayerischen Staatsforstverwaltung angelegten Versuchsfeldern zur künstlichen Verjüngung der Kiefer in der Oberpfalz gingen wir 8 Jahre nach Anlage der Kultur folgenden Fragestellungen nach:

a. Dem Einfluß von 2 Bodenbearbeitungsverfahren (Fräsen ohne Stockrodung und Vollumbruch mit vorausgehender Stockrodung) auf Höhen- und Durchmesserentwicklung der Kiefern, auf die Akkumulation ober- und unterirdischer pflanzlicher Biomasse und deren Energiegehalt, sowie auf die Oberflächenentwicklung der Nadeln.

b. Den Veränderungen des Nährstoffkapitals im Boden und in der Phytomasse nach Bodenbearbeitung und Düngung im Vergleich zur Ausgangslage im Altbestand.

Versuchsbeschreibung

Die Versuchsanlage besteht aus zwei identischen Versuchsreihen auf den Standortseinheiten Sand- Podsol und Lehm-Pseudogley. Leider fehlten in diesem Versuch, der ursprünglich zur Beantwortung praktischer Fragestellungen angelegt worden war, Wiederholungen der Behandlungen ebenso wie unbehandelte Kontrollflächen (Abb. 1). Wir entschlossen uns trotzdem zu einer Auswertung der Anlage, da es in Süddeutschland keine älteren, methodisch einwandfrei ange-

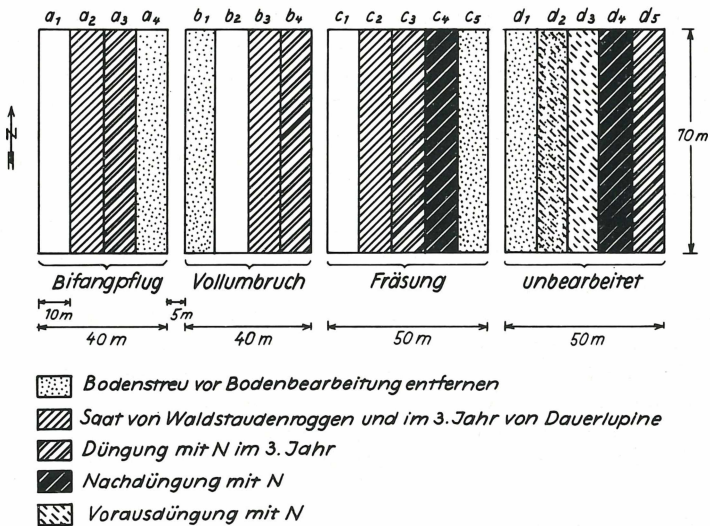


Abb. 1. Versuchsanlage.

legen Bodenbearbeitungsversuche gab und infolgedessen gegenüber neu angelegten Experimenten ein Informationsvorsprung von mindestens acht Jahren gegeben war.

Den Mangel fehlender Wiederholungen versuchten wir durch eine standörtliche Feinkartierung auszugleichen. Hierzu wurden die beiden Versuchsreihen engmaschig (Rastergröße 5 x 10m) 1m tief abgebohrt; dadurch konnten in

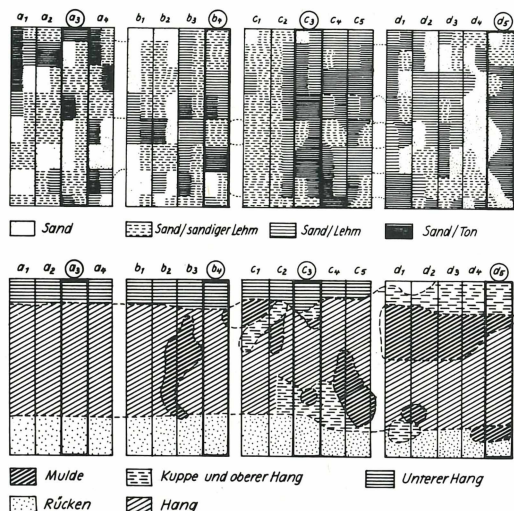


Abb. 2. Standortskarte der beiden Versuche (oben Sand, unten Lehm).

Tabelle 1. Übersicht über die durchgeführten Maßnahmen.

	Versuchsglied (Parzellengröße = 10 x 70 m)			
	SAND		LEHM/PSEUDOGLEY	
Termin	voll umgebrochen	voll umgebroch.	gefräst	unbearbeitet
IX 1965	Kahlschlag	Kahlschlag	Kahlschlag	Kahlschlag
X "	Stockrodung	Stockrodung	-	-
X "	30 dz/ha Mg-Kalk + 5 dz/ha Hyperphos	50 dz/ha Mg-Kalk + 5 dz/ha Hyperphos		
XI "	Vollumbruch auf 40 cm Tiefe	Vollumbruch auf 40 cm Tiefe	Fräsung auf 20 cm Tiefe	-
IV 1966	Pflanzung von 1/0 Kiefern im Verband 1 x 0,3 m			
IV 1967	Nachbesserung von 1/1 Kiefern nach Bedarf			
V 1968	Düngung mit 5 dz/ha Kalkammonsalpeter			
VI 1973 - IV 1974	Auswertung der Versuche			

jedem Versuchsglied standörtlich vergleichbare Teilflächen für das Untersuchungsprogramm ausgeschieden werden.

Die Versuchsreihe auf Sand (Abb. 2) zeigte ein derartig vielfältiges Standortmosaik, daß hier nur ein Behandlungsglied für die Auswertung geeignet war. In der standörtlich einheitlicheren Lehm-Pseudogley-Reihe wählten wir drei Varianten aus, so daß uns für die Untersuchung insgesamt vier Versuchsglieder zur Verfügung standen. Die wichtigsten Merkmale sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Auf dem Lehm-Pseudogley verglichen wir zum einen die unbearbeitete, die gefräste und die vollumgebrochene Parzelle; zum anderen sollte der Standortunterschied durch Gegenüberstellung der beiden Vollumbruchvarianten erfaßt werden. Alle Versuchsfelder erhielten eine Grunddüngung aus 5 dz/ha Hyperphos und 30 dz/ha Magnesiakalk auf Sand bzw. 50 dz/ha auf Lehm vor Kulturanlage, sowie eine Stickstoffgabe von 5 dz/ha drei Jahre nach der Pflanzung.

Höhen und Durchmesser

Die Baumhöhen, Durchmesser und Längen der letzten Jahreshöhentriebe wurden auf jedem Versuchsglied in zwanzig systematisch verteilten Probeflächen zu je 2,50 m² ermittelt. Jeder gemessene Baum wurde nach seiner sozialen Stellung als herrschend, mitherrschend und beherrscht eingeordnet. Je Parzelle konnten auf diese Weise 120 – 140 Bäume erfaßt werden.

Tab. 2 zeigt die mittleren Höhen und zwar in der linken Zahlenspalte die Durchschnittswerte der jeweiligen Gesamtkollektive; in den Spalten rechts daneben sind die Mittelwerte für die einzelnen sozialen Straten wiedergegeben. Hier treten die Unterschiede zwischen den Versuchsgliedern in der herrschenden Schicht deutlicher hervor als in den Ergebnissen der Gesamtkollektive. Bemerkenswert ist die klare Wuchsüberlegenheit des Sandstandorts. Die gefundenen Durchmesser und Jahrestriebblängenwerte entsprechen den Ergebnissen der Mittelhöhen.

Phytomasse

Während die Werte für Baumzahlen, Höhen, Durchmesser und Triebblängen an den lebenden Objekten durch eine „non-destructive method“ gewonnen wurden,

Tabelle 2. Mittelhöhenvergleich (in m).

	<i>Gesamtkoll.</i>	<i>herrsch.</i>	<i>mitherrsch.</i>	<i>beherrscht</i>
<i>Sand gepflügt (SB 4)</i>	2.53	3.54	2.81	1.78
<i>Lehm gepflügt (PB 4)</i>	1.52	2.14	1.60	0.99
<i> gefräst (PC 3)</i>	1.43	1.94	1.47	1.04
<i> unbearbeitet (PD 5)</i>	1.36	1.67	1.43	1.02

war die Bestimmung der Biomasse nur über die „destructive method“ durch Abschneiden bzw. Ausgraben der Untersuchungsobjekte möglich.

Die oberirdischen Teile der Bodenvegetation wurden auf 30 systematisch verteilten Probekreisen in je 0,25m² in jedem der vier Prüfglieder und in den beiden jeweils an die Versuchsreihen angrenzenden Altbeständen im August 1973 geerntet. Die Verteilung der Probekreise und die Festlegung der Bodeneinschläge vermittelt Abb. 3.

Wir wählten eine diagonale Richtung des Stichprobengitters, um eine möglichst repräsentative Erfassung innerhalb der in Längsrichtung parallel verlaufenden Baumreihen zu gewährleisten. Abb. 4 zeigt die gefundenen Trockenmassen in kg/ha, die nach Calluna und sonstiger Vegetation getrennt erfaßt wurden. Auf Lehm übertrafen die gefräste und unbearbeitete Variante mit 4,6

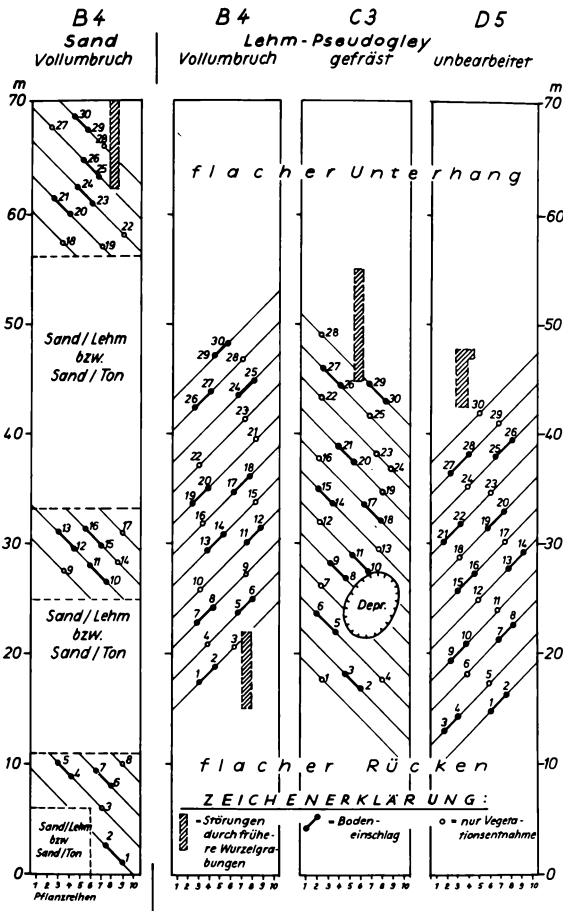


Abb. 3. Verteilung der Probekreise und Bodeneinschläge.

bzw. 4,4t/ha die Vollumbruchparzelle um mehr als das Doppelte; dagegen besaß das Vergleichsfeld auf Sand nur 470kg/ha. Überraschend hoch war die Vermehrung der Heide auf der Fräsfläche gegenüber der Ausgangslage im Altbestand.

Die Phytomasse der Kiefern (bestehend aus den oberirdischen Teilen einschließlich der am Baum haftenden Dürnräste und aller Wurzeln über 4mm Durchmesser) bestimmen wir über die Regressionsmethode. Dazu wurden auf jeder Versuchseinheit 10 herrschende, 8 mitherrschende und 7 beherrschte Bäume ausgegraben und in die Fraktionen Nadeln, Äste bzw. Zweige, Stammholz, Stammrinde und Wurzeln aufgeteilt. Die Trockengewichte der Baumteile wurden zu Durchmesser und Höhe der entsprechenden Einzelbäume in Beziehung gesetzt. Damit konnten Regressionsgleichungen hergeleitet werden, die unter Verwendung der früher gewonnenen ertragskundlichen Daten zur Berechnung der Hektarwerte dienen.

Der Unterschied zwischen den beiden Vollumbruchflächen auf Sand und Lehm beträgt über 100%; aber auch innerhalb des Lehmversuchs gibt es eine deutliche Abstufung von der gepflügten über die gefräste zur unbearbeiteten Variante, die im statistischen Vergleich der herrschenden sozialen Schicht hochsignifikante Unterschiede zeigt.

Die Wurzeln von weniger als 4mm Durchmesser und die Wurzeln der Bodenvegetation wurden flächenrepräsentativ in 10 Bodensäulen von 0,18m² Grundfläche und 0,50m Höhe je Versuchseinheit gewonnen. Abb. 6 gibt die Feinwurzelverteilung in 10cm-Stufen wieder. Hier zeigt sich ein unerwartet hoher Anstieg von Vollumbruch Sand mit 2,2t über Vollumbruch Lehm mit 4,4t, Fräsen 5,5t bis zu über 8t/ha auf dem unbearbeiteten Feld.

In Abb. 7 sind alle gefundenen Phytomassen zusammengestellt. Unsere

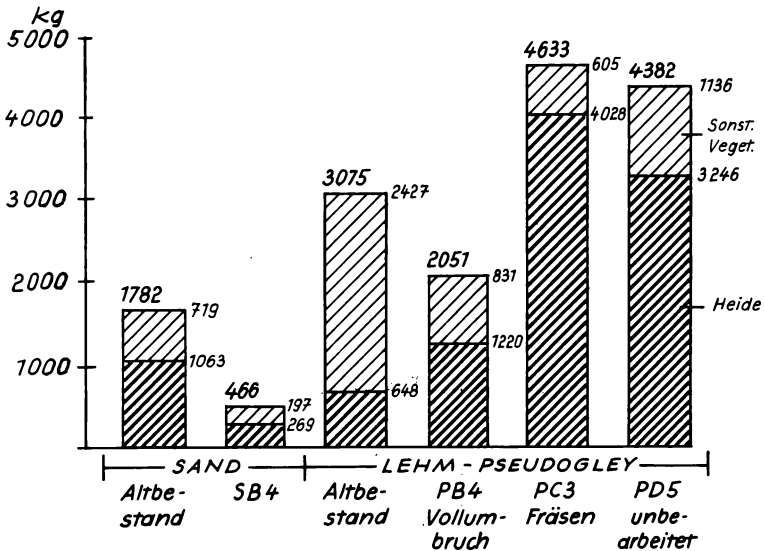


Abb. 4. Trockengewichte der oberirdischen Bodenvegetation (kg/ha).

Untersuchung brachte das überraschende Ergebnis, daß sich innerhalb desselben Standorts die Unterschiede zwischen den verschiedenen Behandlungen in den Summen der Phytomassen aufheben, obwohl sie bei alleiniger Betrachtung der Baumwerte beträchtlich waren. Die geringeren Baumtrockenmassen der unearbeiteten und gefrästen Varianten gegenüber dem gepflügten Feld werden durch entsprechend höhere Massen der Bodenvegetation und der Feinwurzeln

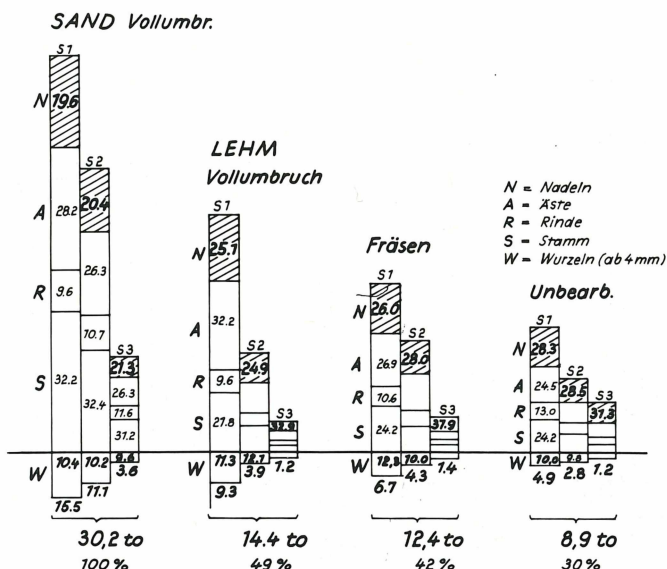


Abb. 5. Trockengewichtsverteilung der Bäume (t/ha).

Tiefe	SB 4	PB 4	PC 3	PD 5
0 - 10 cm	1250,8	3235,6	3784,5	6476,2
11 - 20 cm	458,0	715,3	1129,8	1003,8
21 - 30 cm	245,8	302,3	318,2	304,6
31 - 40 cm	196,0	108,8	180,3	161,7
41 - 50 cm	100,4	63,3	76,0	83,8
Summe	2251,0	4425,3	5488,8	8066,1

Abb. 6. Trockengewichtsverteilung der Feinwurzeln (kg/ha).

ausgeglichen. Auch die große Überlegenheit bei den Baumwerten in der Pflugparzelle auf Sand gegenüber der auf Lehm hat sich deutlich verringert.

Ein ähnliches Ergebnis bringt die Gegenüberstellung der in Phytomasse und Streuauflage akkumulierten Energievorräte (Tab. 3). Nicht die unterschiedlichen Behandlungen führen zu größerer Energieumsetzung, sondern die günstigere Trophie des Sandstandorts. Dadurch wird eine signifikante Erhöhung der Ausbeute an eingestrahelter Sonnenenergie bewirkt.

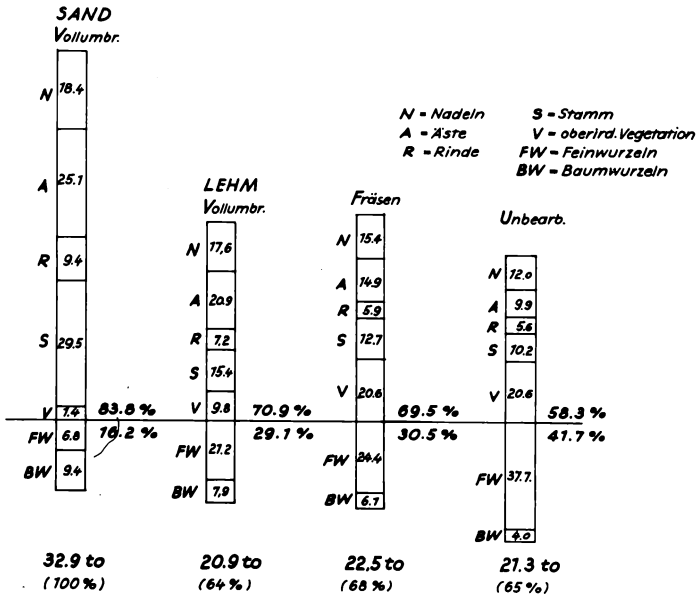


Abb. 7. Zusammenstellung der Phytomassen (t/ha).

Tabelle 3. Vergleich der Energiemengen (10⁶ Kcal).

	SB4	PB4	PC3	PD5
Bäume	150.4	71.5	61.9	44.6
Bodenvegetation	2.3	9.5	22.6	21.0
Feinwurzeln	9.4	19.4	23.8	34.2
Streuauflage	34.1	27.3	28.2	28.0
	196.2	127.7	136.5	127.8

Nadeloberflächen

Mit der von Thompson & Leyton (1971) entwickelten und im Sollingprojekt ebenfalls verwendeten Glasperlenmethode bestimmten wir die Oberflächen der Kiefernadeln. Dabei werden die Nadeln in Spezialleim getaucht und anschließend mit feinen Glaskugeln gleichen Durchmessers lückenlos bedeckt. Das Gewicht der hierfür benötigten Kugeln dient zur Oberflächenermittlung.

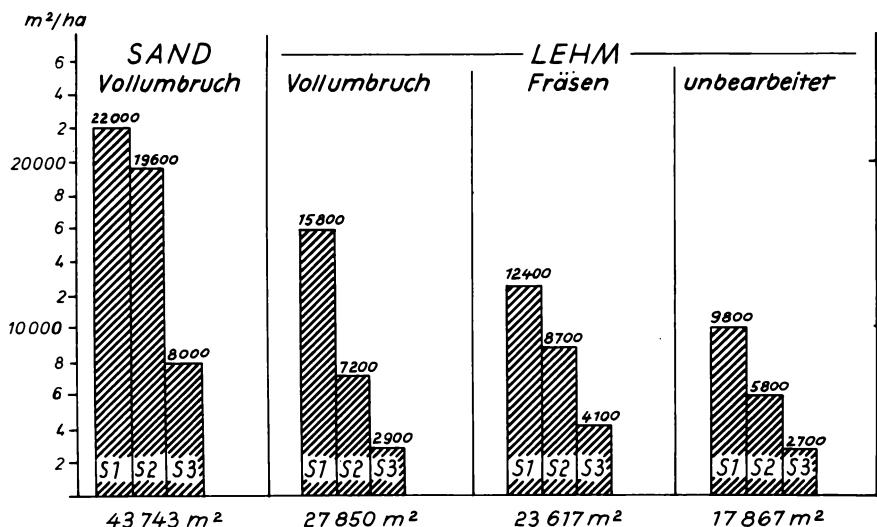


Abb. 8. Nadeloberflächen.

Tabelle 4. Kohlenstoffvorräte im Lehmversuch.

Kompartiment	Versuchsglied			
	Altholz	Vollumbr.	Fräsen	unbearb.
	t / ha			
Organische Auflage in % des Altholzes	31,7 (100)	3,0 (9)	3,1 (10)	9,7 (31)
Mineralboden (0-50cm) in % des Altholzes	37,0 (100)	35,2 (95)	44,3 (120)	39,4 (106)
Solum insgesamt C-Vorrat in % des Altholzes	68,7 (100)	38,2 (56)	47,4 (69)	49,1 (71)

Das Säulendiagramm (Abb. 8) stellt die gefundenen Größenordnungen in m^2/ha dar. Hier fällt die unbearbeitete Variante im Lehmversuch deutlich zurück, während die gefräste und gepflügte Parzelle mit $23\ 600m^2$ bzw. $27\ 800m^2$ eine gewisse Übereinstimmung zeigen. Auffallend hoch ist die Blattfläche der Kiefern auf Sand mit $43\ 700m^2/ha$.

Kohlen- und Nährstoffvorräte

Eine Beurteilung von Ökosystemen wäre ohne Kenntnis der Vorräte an toter organischer Substanz sowie an Hauptnährelementen unvollständig. Wir bezogen in diesen Abschnitt der Untersuchung deshalb auch die organische Auflage und den Mineralboden bis 0,80m Tiefe mit ein. Den Auflagehumus entnahmen wir in den $0,25m^2$ großen Probekreisen, in denen zuvor die oberirdische Bodenvegetation gerntet worden war. Den Mineralboden gewannen wir flächenrepräsentativ an 20 Pedons je Untersuchungseinheit. Ein unterschiedlich hoher Skelettanteil in den Versuchsgliedern erschwerte den Vergleich der Kohlenstoff- und Nährelementvorräte im Boden. Dieser Störeinfluß mußte daher kovarianzanalytisch ausgeschaltet werden.

Kohlenstoffverteilung

Effekte der verschiedenen Behandlungen auf die Kohlenstoffvorräte ließen sich maximal bis 0,50m Tiefe nachweisen. Gegenüber der Ausgangslage, die der Altbestand repräsentierte, trat auf allen Versuchsgliedern eine deutliche Verringerung der Kohlenstoffvorräte ein (Tab. 4). Allein die Bodenfreilage im unbearbeiteten Feld induzierte eine so rasche Mineralisation, daß sie einen Kohlenstoff-

Tabelle 5. Stickstoffbilanz im Sand- und Lehmversuch.

Kompartiment	STICKSTOFF					
	SAND		LEHM			
	SA	SB4	PA	PB4	PC3	PD5
	Altholz	gepflügt	Altholz	gepflügt	gefräst	unbearb.
kg/ha						
Phytomasse	22	156	41	128	153	155
Streuauflage	453	73	897	67	78	268
Mineralboden (0-50cm)	1304	1388	2138	2307	2029	2328
Ökosystemvorrat	1779	1617	3075	2502	2260	2751
Abweichung zum Altholz		162		573	815	324
Düngungsinput		115		115	115	115
Wahre Differenz zum Altholz		277		688	930	439
	(100%)	(16%)	(100%)	(22%)	(30%)	(14%)

schwund von fast 20t/ha oder rund 1/3 des Ausgangsvorrates bewirkte. Auf der gepflügten Fläche fand ein noch stärkerer Abbau an organischer Substanz statt. Da hier wie auf der Fräsfläche die gesamte Streuauflage durch die Bearbeitung beseitigt worden war, sind die gefundenen Mengen von 3t/ha auf Neubildung seit Kulturbegründung zurückzuführen.

Nährelementvorräte

Von den wichtigsten Kompartimenten der untersuchten Ökosysteme nämlich Phytomasse, organische Auflage und Mineralboden wurden die Hauptnährelemente Stickstoff, Kalium, Kalzium, Magnesium und Phosphor analysiert.

Kalium konnte wegen seines unerwartet hohen Anteils im Mineralboden und wegen substratbedingter Unterschiede zwischen den Vergleichsfeldern nicht in die Interpretation der Meliorationseffekte einbezogen werden. Das gleiche gilt auch für Magnesium. Der Stickstoffverlust auf der gepflügten Sandparzelle erreichte unter Berücksichtigung einer einmaligen Düngergabe von 115kg Reinstickstoff rund 280kg/ha gegenüber dem Altbestand. Die Freilage auf dem unearbeiteten Vergleichsfeld im Lehmversuch verursachte einen Rückgang des Stickstoffs um 440kg/ha. Der Bodenbearbeitungseffekt brachte auf der gepflügten Variante einen Verlust von weiteren 250kg/ha auf der gefrästen sogar 400kg/ha. In diesem Fall verschwand aus dem Ökosystem rund ein Drittel des wichtigen Nährstoffes.

Die Phosphor- und Kalziumbilanz läßt sich am besten beurteilen, wenn man vom Mineralboden nur die obersten 20cm berücksichtigt, die durch die Bearbeitungsmaßnahmen in erster Linie beeinflußt wurden. Mit der Düngung sind 65kg/ha Phosphor zugeführt worden, die auf der unearbeiteten und gefrästen Fläche noch nachgewiesen werden konnten (Tab. 6); die Bilanz ergab nur eine Abweichung von rund 1% zum Ausgangswert. Das Zurückbleiben der Phosphorwerte im Vollumbruch ist mit dem Umwenden des Bodens beim Pflügen zu

Tabelle 6. Phosphor- und Kalziumbilanz im Lehmversuch.

Kompartiment	Phosphor				Kalzium			
	PA	PB4	PC3	PD5	PA	PB4	PC3	PD5
	<i>kg/ha</i>							
Phytomasse	6	14	17	16	45	60	77	89
Streuauflage	63	5	7	33	301	34	42	413
Mineralboden (0-20cm)	480	505	594	571	3775	5095	5471	5311
Ökosystemvorrat	549	524	618	620	4121	5189	5590	5813
Abweichung zum Altholz		-25	+69	+71		+1068	+1469	+1692
Düngungsinput		65	65	65		1360	1360	1360
Wahre Differenz zum Altholz		-90	+4	+6		+292	+109	+332
	(100%)	(16%)	(1%)	(1%)	(100%)	(7%)	(3%)	(8%)

erklären. Dadurch wurde phosphorarmes Unterbodenmaterial an die Oberfläche gebracht. Die Erhöhung der Kalzium-Ausstattung in den jungen Kiefernwald-ökosystemen gegenüber dem Altbestand läßt sich in der Bilanz ebenfalls mit der verabreichten Düngergabe von ca. 1 360kg/ha begründen.

Diskussion und Folgerungen

Die Untersuchung erbrachte die wichtige Erkenntnis, daß intensive Bodenvorbereitung für die Anlage neuer Forstkulturen auf den untersuchten Standorten einen deutlich erkennbaren Einfluß auf die Biomasseentwicklung der Kiefern hat. Aber bei Einbeziehung von Bodenvegetation und Feinwurzeln werden die Unterschiede in der Biomasseproduktion ausgeglichen.

Es traten auf allen Flächen Humus- und Stickstoffverluste ein; diese wurden durch das Fräsen und Pflügen noch gesteigert. Für Kohlenstoff ergab sich auf dem unbearbeiteten Vergleichsglied ein Schwund von 29% des Anfangskapitals; die gefräste Parzelle verlor 31% und die gepflügte sogar 40%. Die Verluste an Stickstoff, der wegen der früher ausgeübten Streunutzung in unserem Experiment ohnehin extrem niedrige Vorratswerte aufwies, lagen allein durch die Freilage bei 14%; Pflügen steigerte sie auf 22% und Fräsen sogar auf 30%.

Kohlenstoff- und Nährstoffbilanz lassen die Ergebnisse der ertragskundlichen Versuchsauswertung in einem anderen Licht erscheinen: Der gefundene Wuchsvorsprung der Bäume auf den bearbeiteten Feldern wird nämlich wegen Stickstoffmangels nicht von anhaltender Dauer sein, wie aus früheren Beobachtungen bekannt ist. Gelingt es den Kiefern auf der unbearbeiteten Parzelle den in der Bodenvegetation und in der Streuauflage gespeicherten Mehrvorrat an Stickstoff zu erschließen, besitzen sie damit günstigere Zuwachsaussichten.

Die Stickstoffmengen, die wegen der Kulturmaßnahmen durch beschleunigte Mineralisation verloren gehen, sind nicht nur ein Schaden für das betroffene Ökosystem, sondern sie können auch bei einer Verlagerung oder Auswaschung für andere Ökosysteme zu einer Belastung durch Eutrophierung führen. Im vorliegenden Fall dürfte jedoch der größte Teil durch Denitrifikation während längerer Vernässungsphasen im Boden verschwunden sein, da wegen des Stauhorizonts und der geringen Geländeneigung eine Verlagerung nicht wahrscheinlich ist (Rehfuess, mündliche Mitteilung).

Aus dieser kritischen Würdigung leiten wir folgende Forderungen für das Vorgehen in der Verjüngung von reinen Kiefernwaldbeständen ab:

- a. Die natürliche Verjüngung unter Verzicht auf Bodenfreilage, Beseitigung der Bodenvegetation und Bodenbearbeitung ist auszunutzen, wo immer dies Standort und Ausgangszustand zulassen.
- b. Sofern Kahlschläge unumgänglich sind, ist deren Größe zu begrenzen, um die damit verbundenen Belastungen des Stoffhaushalts der Landschaft möglichst gering zu halten.
- c. Ist die Verjüngung über eine Kahlfläche erforderlich, sollten Bodenbearbeitung und Beseitigung der Bodenvegetation soweit wie möglich unterlassen oder auf ein Mindestmaß beschränkt werden, z.B. durch streifenweise extensive Bearbeitung.
- d. Da aus zahlreichen Untersuchungen bekannt ist, daß durch Kalkung und

Phosphatdüngung die Mineralisation beschleunigt wird, sollte eine derartige Meliorationsdüngung zu einem Zeitpunkt erfolgen, in dem freiwerdende Nährstoffe vom Ökosystem verwertet werden können, z.B. in der Stangenholz- oder Baumholzphase.

Literatur

- Eder, R. (1976): Die Entwicklung von Kiefernwaldökosystemen im Jugendstadium unter dem Einfluß von Bodenbearbeitungs- und Düngungsmaßnahmen auf zwei unterschiedlichen Standorten in der Oberpfalz. Diss. München.
- Rehfuess, K.E. (1976): Inventur der Phytomasse und Nährelementvorräte in jungen Kiefernwaldökosystemen (*Pinus sylvestris* L.) nach verschiedenartiger Bodenbearbeitung. Druck in Vorbereitung.
- Thompson, F.B. & Leyton, L. (1971): Method for measuring the leaf surface area of complex shoots. *Nature*: 572.
- Wittich, W. (1926): Untersuchung über den Einfluß intensiver Bodenbearbeitung auf Hohenlubbichower und Biesenthaler Sandböden. Neumann/Neudamm, S. 103.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Reinald V. Eder, Frühlingstr. 6, 8031 Eichenau, Dienststelle: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Rosenkavalierplatz 3, 8000 München 81.