

FORSTTECHNISCHE INFORMATIONEN

Mitteilungsblatt des
„KURATORIUM FÜR WALDARBEIT UND FORSTTECHNIK“

1 Y 6050 E

44. Jahrgang

Nr. 8/9

August/September 1992

Die Waldfräse der Fa. Krohn – Chance oder Risiko?

Seit ihrer Vorstellung im Herbst 1990 sorgt die von W. Krohn entwickelte Stockfräse für zündstoffgeladene Diskussionen. Dies liegt zum einen in dem sehr komplexen Problemfeld der flächigen Bodenbearbeitung begründet. Die Wirkungen, Folgen und möglichen Risiken des Einsatzes der Maschine werden zwangsläufig unterschiedlich eingeschätzt.

Die sachliche Meinungsbildung wird zum anderen aber auch in erheblichem Maße von der mit der Person W. Krohn verbundenen Diskussion über Sinn und Zweck des Forstlichen Saat- u. Pflanzgutgesetzes überlagert.

Diese unglückliche Verknüpfung wurde u. a. dadurch hervorgerufen, daß die Fa. Krohn bei ihren Informationsveranstaltungen immer beide Themen auf die Tagesordnung nahm und die Bodenmelioration mit der Stockfräse zunächst ausschließlich als Paket in Kombination mit maschineller Pflanzung von Pflanzgut aus dem Hause Krohn anbot.

Die Beiträge der vorliegenden Ausgabe befassen sich allein mit den rein bodenkundlichen und verfahrenstechnischen Fragen. Sie geben dem interessierten Leser einen Überblick über den derzeitigen Kenntnisstand und versuchen damit zur Versachlichung der weiteren Diskussion beizutragen.

Sowohl Befürworter als auch Gegner des Einsatzes der Stockfräse begründen ihre Haltung mit Ergebnissen aus wissenschaftlichen Untersuchungen. In den nachfolgenden Beiträgen wird allerdings deutlich, daß die zitierten Versuche zum einen auf unterschiedlichen Standorten und zum anderen mit verschiedensten Gerätekombinationen durchgeführt wurden. So resultieren z. B. die warnenden Worte von SCHÜLER aus der Untersuchung einer lediglich mit der Krohnfräse gelockerten Fläche im Hauptbuntsandstein, während bei den von SCHULTE-KARRING vorgestellten Meliorationserfolgen vornehmlich staunasse Standorte gefräst, tiefgelockert und gekalkt wurden. Die Stockfräse war bei seinen Untersuchungen immer nur ein Element in der Verfahrenskette.

Dieses Beispiel belegt, daß die isolierte Diskussion der Fräse allein der Problematik nicht gerecht werden kann und Pauschalaussagen ohne standörtliche und verfahrenstechnische Einschränkungen nicht sinnvoll sind.

Trotz dieser ernüchternden Erkenntnis zeichnen sich in der Zusammenschau des in den Folgebeiträgen wiedergegebenen derzeitigen Erfahrungs- und Kenntnis-

standes bereits einige Aussagen ab, die zu ersten Empfehlungen für die Praxis zusammengefaßt werden können:

- Der alleinige Einsatz der Fräse bringt erhebliche Risiken hinsichtlich der zu erwartenden physikalischen und chemischen Veränderungen mit sich und wird deshalb von allen Autoren äußerst kritisch beurteilt.

- Durch die Einarbeitung von Kalk im Zuge der Bodenbearbeitung wird der gelockerte Boden stabilisiert und werden die bodenchemischen Verhältnisse deutlich verbessert. Auf die gleichzeitige Meliorationskalkung sollte keinesfalls verzichtet werden.

- Zur fachgerechten Bodenbearbeitung muß der Boden immer tiefgründig abgetrocknet sein.

- Unter den angesprochenen Verfahren zur flächigen Tiefenlockerung und Tiefendüngung scheint

die Technik der Abbruchlockerung (Ahrweiler-Verfahren, s. Beitrag SCHULTE-KARRING) das zur Zeit erfolgversprechendste zu sein.

Ob allerdings eine so weitgehende Maßnahme wie sie die flächige Bearbeitung mit der Krohnfräse darstellt überhaupt angebracht ist, kann nicht pauschal beantwortet werden. Die Frage nach dem aktuellen Meliorationsbedarf muß zwangsläufig für den Einzelbestand entschieden werden. In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage, in welchen Fällen nicht alternative, weniger radikale plätzwweise Verfahren wie beispielsweise die Pflanzlochmelioration mit dem Lochbohrer (z. B. am Schreitbagger) ausreichen. Inwieweit die von HORN ins Gespräch gebrachte Slotting-Technik eine erwägenswerte Alternative sein kann, bleibt abzuwarten.

R. Hofmann, KWF

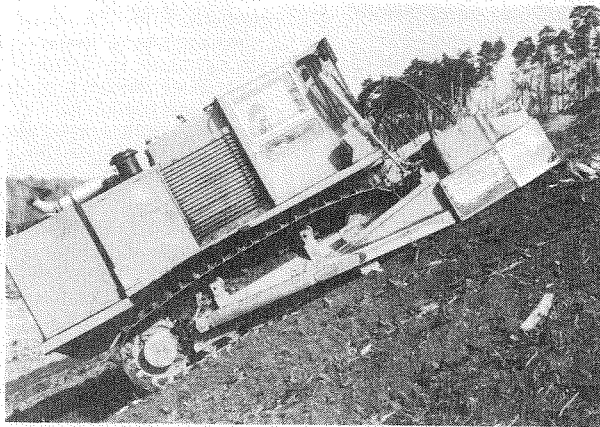


Abb.: Die Waldfräse der Fa. W. Krohn – (Foto: Schulte-Karring)

INHALT:

HOFMANN, R.: Die Waldfräse der Fa. Krohn – Chance oder Risiko?

BENECKE, P.: Die Krohnsche Maschine – Eine Chance für restaurationsbedürftige Waldböden?

HORN, R.; LEBERT, M.: Möglichkeiten und Grenzen der physikalischen Bodenrekultivierung in der Forstwirtschaft

SCHULTE-KARRING, H.; SCHRÖDER, D.: Die totale Waldbodenanierung, eine Voraussetzung für den erfolgreichen Wiederaufbau der Wälder

SCHÜLER, G.: Auswirkungen einer intensiven Bodenbearbeitung mittels einer neuartigen Stockfräse auf den Nährstoffhaushalt eines Waldstandortes

Die Krohn'sche Maschine – Eine Chance für restaurationsbedürftige Waldböden?

Paul Benecke

1. Einleitung

Der biochemische Zustand der meisten unserer Waldböden ist alarmierend: Fortgeschrittene Versauerung, biologische Verödung, weitgehender Verlust der basischen Kationen (6), Reduzierung und Blockierung der Austauschkapazität durch polymere Aluminiumionen und damit Verlust seiner Nährstoff-, Filter- und Pufferfunktionen sind wichtige Eckwerte dieses Zustandsverfalls. Die Frage nach Restaurierungsmöglichkeiten ist deswegen ebenso unausweichlich wie aktuell. Im Forstbetrieb kann sie zudem unversehens – z. B. nach Windwürfen – zu rascher Entscheidung anstehen, wenn sich nach Räumung der Fläche vom Derbholz die seltene Möglichkeit hierzu bietet. Vor diesem Hintergrund soll nachfolgend erörtert werden, ob sich der Einsatz der Krohn'schen Maschine für dann mögliche Restaurierungsmaßnahmen empfiehlt. Diesen Erwägungen gegenüberzustellen ist die – hier nicht behandelte – Frage, welche Risiken die Belastung des gegenwärtigen Zustands für den Aufbau und die Sicherung künftiger Waldgenerationen bedeuten.

2. Bodenkundliche Aspekte

Eins der vorrangigen bodenkundlichen Anliegen ist die Bewertung von Standorten, d. h. eine Einschätzung der Produktivität ihrer Böden, ausgedrückt als unter gegebenen klimatischen Bedingungen erreichbares Pflanzenwachstum. Dabei geht es nicht nur um die Höhe des Pflanzenertrages, sondern insbesondere bei forstlicher Nutzung auch um die Stabilität der Bestände. Zu bemessen ist hierbei das Vermögen des Bodens, Nährstoffe und Wasser ausreichend, gleichmäßig und ausgewogen anzubieten und außerdem die erforderliche Durchlüftung zu gewährleisten. Wichtige Parameter für eine entsprechende Einschätzung sind die Verwitterbarkeit (Ausgangsgestein, Bodenart, Verlehmungszeiger), die Zersetzbarkeit der Streu (Baumarten, Humusform), die Größe des austauschbaren Nährstoffvorrats (Bodenart, pH-Wert, Basensättigung), Stickstoff- und Phosphorvorräte (Humusform), nutzbare Wasser- und Luftkapazität (Bodenart, Humusgehalt, Lagerungsdichte) und das Gefüge des Bodens.

Die angesprochenen Merkmale erreichen ihre für das Pflanzenwachstum optimale Ausprägung im sogenannten Silikatpufferbereich, der der pH-Wertspanne von 6 bis 5,2 entspricht. In ihm erfährt die Nährstoffausnutzung durch geschlossene Stoffkreisläufe mit etwa einjähriger Umlaufzeit sowohl ihre maximale Entfaltung als auch bestmögliche Ausgewogenheit. Die Humuszersetzung findet im Mineralboden statt, in dem durch biologische Aktivität (Bioturbation) gleichzeitig ein hohlraumreiches Lockergefüge mit maximalen Speichermöglichkeiten für Wasser und Nährstoffe entsteht bzw. aufrecht erhalten wird.

Für Waldböden, die in der Regel weder gedüngt noch bearbeitet werden (Kompensationsmaßnahmen zum Ausgleich schädlicher Umwelteinflüsse ausgenommen) und die demnach weitgehend durch Selbstregulationsmechanismen gesteuert werden, kann dieser Zustand zudem als „Attraktor“ bezeichnet werden (7), d. h. als eine stabile Gleichgewichtslage, die das Ökosystem von sich aus immer wieder anstrebt und um die herum es in begrenztem Umfang schwankt (8).

Meliorierende oder restaurierende Maßnahmen sollten deshalb die Voraussetzung dafür schaffen, diesen Zustand zu erreichen. Dies bedeutet im wesentlichen, dem Boden Basizität zuzuführen (Kalkung), und zwar so tiefreichend wie möglich, sowie den Umbau von Auflagehumus in Mineralbodenhumus einzuleiten. Der letztgenannte Punkt wird gegenwärtig noch dadurch außerordentlich bedeutsam, weil er die Chance birgt, überschüssigen Stickstoff dauerhaft in organische Bindung zu überführen. Hierzu werden nachfolgend im Abschnitt 4 einige Untersuchungsergebnisse mitgeteilt.

3. Zum Einsatz der Krohn'schen Maschine

Die Krohn'sche Maschine, deren technische Daten an anderer Stelle zu finden sind (1, 5) folgt insofern einem neuartigen Konzept, als die Fräswalze sich entgegen der Fahrtrichtung dreht, dabei Boden und Abraum – einschließlich der Stöcke – aufnimmt, gegen eine oberhalb der Walze angebrachte Stahlplatte bewegt, dort die holzigen Teile zerkleinert und

schließlich den gesamten Abraum, ggfs. mit zuvor ausgebrachtem Kalk, mit dem Boden vermischt. Wesentlich ist, daß dabei der unterlagernde Boden nicht als Widerlager benötigt und dadurch die Entstehung einer verdichteten Bearbeitungssohle vermieden wird. Da sie zudem vibrationsarm arbeitet und trotz ihres großen Gesamtgewichtes nur einen geringen Bodendruck ausübt, entstehen auch dadurch keine Verdichtungen. Die erzeugte Mischschicht ist anfänglich 35 bis 40 cm dick und von so geringer Lagerungsdichte, daß sich ein nochmaliges Überfahren empfiehlt, um eine Trockenraumdichte von etwa 1 kg/dm^3 zu erreichen.

Die Maschine ist vom Erbauer ursprünglich einzig für den Zweck konstruiert worden, auch und gerade unter schwierigen Bodenbedingungen und reichlichem Abraum eine Maschinenpflanzung durchführen zu können. Es lag jedoch nahe, sie in ein kombiniertes Verfahren einzubeziehen, das zunächst die Miteinarbeitung von Kalk ermöglicht und schließlich auch eine gleichzeitige Tieflockerung und Tiefkalkung erlaubt.

Diese Möglichkeit bietet die Chance für eine grundlegende, restaurative Maßnahme, die die Herausbildung eines im Sinne der obigen Darlegungen optimalen Bodenzustands für das Pflanzenwachstum in die Wege leitet. Die Einarbeitung der holzigen Ernterückstände ist dabei ausgesprochen erwünscht, weil ihre Zersetzung einen hohen Stickstoffbedarf der Zersetzer und damit die Entstehung einer „Stickstoffsperre“ hervorruft. Unter dem Begriff „Stickstoffsperre“ ist dieser Effekt im Ackerbau seit langem bekannt, meist in Verbindung mit der Einarbeitung von Stroh. Um die so eingeleitete Stickstoffbindung nachhaltig auszugestalten, ist es erforderlich, eine humusaufbauende Bodenvegetation gezielt einzubringen, die gleichzeitig dazu beitragen kann, die Kulturpflegekosten zu begrenzen.

In der Literatur finden sich bisher zu der stickstoffbindenden Wirkung eines weiten C/N-Verhältnisses der organischen Substanz nur wenige Hinweise, obwohl VITOUSEK und MELLILO (9) aufgrund einer Literaturauswertung diesen Effekt in einiger Ausführlichkeit erörtern (vgl. [2]). Dies mag daran liegen, daß Stickstoff „traditionell“ immer der wichtigste Mangelfaktor der Waldernährung war und die gegenwärtige, durch überschüssigen Stickstoff geprägte Situation erst durch die den nachhaltigen Festlegungsbedarf um etwa das Doppelte übertreffenden Immissionen hervorgerufen wurde, das Problem somit neu ist.

Zusammenfassend läßt sich die Zielvorstellung des hier erwogenen kombinierten Verfahrens durch folgende Punkte angeben:

- Humusform „Mull“, Bioturbation
- geschlossene Stoffkreisläufe (ausgenommen Säurepufferung)
- tiefe Durchwurzelung
- Aufbau von C- und N-Vorräten
- Erhöhung der pflanzenverfügbaren Nährstoff- und Wasserspeicherung
- Immobilisierung der Kation-Säuren
- weitgehende Wiederherstellung der Filterfunktion des Bodens
- insgesamt: Schaffung der Voraussetzungen für die Entstehung eines **stabilen** Waldökosystems

Das Ziel ist mithin ein biologisch aktiver, tief durchwurzelter Boden eines Ökosystems, das durch geschlossene Stoffkreisläufe mit etwa einjähriger Umlaufzeit charakterisiert ist.

4. Untersuchungsergebnisse

Über erste Auswirkungen der Maßnahme auf den bodenchemischen Zustand soll nachfolgend anhand der Untersuchungsergebnisse einer Diplomarbeit (4) berichtet werden. Es handelt sich um zwei niedersächsische Versuchsfelder in den Forstämtern Hannover und Seelzerthum (Solling). Darüberhinaus sollen bodenphysikalische Untersuchungen Aufschluß über unmittelbare Auswirkungen der Bearbeitungsmaßnahme geben, und zwar an zwei in der Eifel und im Hunsrück gelegenen Flächen.

4.1 Auswirkungen auf den bodenchemischen Zustand

Die Darstellung der 12 bis 16 Monate nach Durchführung der Maßnahme gewonnenen Analysedaten der Bodenlösung

finden sich in Tab. 1. Die Befunde werden ausführlicher an anderer Stelle erörtert (3). Als besonders bedeutsam soll hier die Wirkung auf die kritischen Elemente Nitrat und Aluminium herausgegriffen werden (Abb. 1a u. 1b).

	HO	HTK	HFK	HF	SO	SFK
10 cm u. Fl. mg/Liter						
pH	4.10	4.80	6.75	4.65	4.85	6.10
Ca	1.8	5.2	15.6	7.65	3.0	15.0
Mg	0.5	4.3	18.8	1.6	0.75	15.6
K	2.2	1.05	1.75	4.70	1.10	3.35
Al	2.80	1.40	1.75	2.75	2.75	1.55
Mn	0.1	0.24	0.1	0.75	0.52	0.92
Fe	1.02	0.32	2.33	2.15	0.9	2.30
NH ₄ -N	0.40	0.03	0.01	0.06	0.05	0.22
NO ₃ -N	2.80	0.75	0.00	1.70	1.72	0.65
SO ₄ -S	4.1	8.6	4.80	5.15	4.40	6.70
Cl	2.3	1.9	1.43	1.25	0.9	3.4
C _t	36.0	23.0	128.0	76.0	34.0	122.0
Ca/Al	0.7	3.2	12.7	1.90	1.30	8.70
Mg/Al	0.4	7.5	31.7	1.10	0.60	9.2
100 cm u. Fl. mg/Liter						
pH	4.1	3.9	4.2	4.15	4.40	5.0
Ca	23.75	12.0	26.25	14.25	2.25	8.0
Mg	2.90	4.75	6.45	3.9	0.87	6.50
K	0.87	2.60	2.83	2.35	0.90	2.60
Al	3.60	8.50	4.2	9.0	5.6	5.30
Mn	0.75	0.88	0.43	0.57	1.60	11.2
Fe	0.03	0.09	0.10	0.09	0.04	0.11
NH ₄ -N	1.80	2.75	0.1	0.1	0.1	0.5
NO ₃ -N	3.56	5.70	3.0	10.0	0.75	0.4
SO ₄ -S	27.0	21.9	34.8	22.5	13.2	19.5
Cl	4.95	15.0	12.0	5.7	2.1	6.60
C _t	4.8	11.4	11.60	11.0	4.9	9.20
Ca/Al	5.9	1.7	3.25	1.45	0.5	5.50
Mg/Al	1.40	3.10	2.0	1.80	0.3	7.30

Tab. 1: Relationen der Elementkonzentrationen in mg/l und weiterer bodenchemischer Kenngrößen der unterschiedlich behandelten Flächen in Haste (FA Hannover) und in Solling (FA Seelzerthurm) für die Entnahmetiefen 10 u. 100 cm (1991).

Versuchsvarianten Haste: „O-Fläche“ (HO); „gefräst, tiefgepflügt und gekalkt“ (HTK); „gefräst und gekalkt“ (HFK); „nur gefräst“ (HF)

Versuchsvarianten Seelzerthurm: „O-Fläche“ (SO), „gefräst und gekalkt“ (SFK)

4.1.1 Stickstoff

Das bemerkenswerte Resultat auf beiden Flächen ist die unerwartet starke Verringerung der Nitratkonzentrationen der gefrästen und gekalkten Parzellen, die in 10 cm Tiefe auf der H-Fläche zeitweise bis zur Nitratfreiheit der Bodenlösung führte.

Der anschließende Tiefumbruch dagegen hatte eine weniger deutliche Verringerung der Nitratkonzentration zur Folge.

Auch in 100 cm Tiefe fanden sich ein Jahr nach Durchführung der Maßnahme auf den gefrästen und gekalkten Flächen die

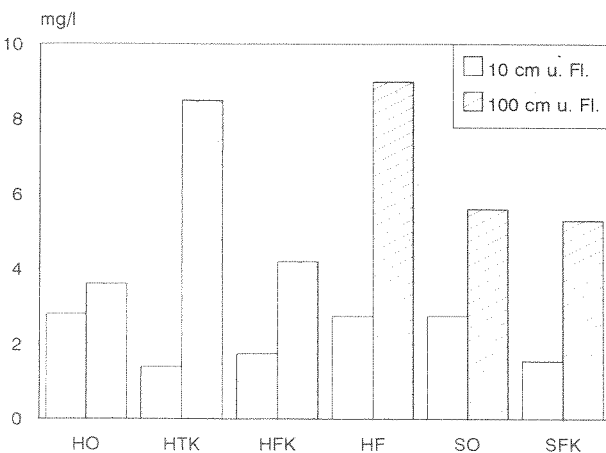


Abb. 1a: Relationen der Nitratkonzentrationen der unterschiedlich behandelten Flächen in Haste und im Solling (vgl. Tab. 1)

geringsten Konzentrationen, während sie auf der zusätzlich tiefgepflügten Parzelle etwa doppelt so hoch und – in Haste – noch wesentlich höher auf der nur gefrästen Parzelle waren, auf der sie den TVO-Grenzwert¹ (11,3 mg/Liter) zeitweise überschritten.

Die sehr viel geringeren Werte in 100 cm Tiefe im Solling lassen sich zumindest z.T. aus der dort mehrfach höheren Sickerwasserspende erklären: Überschlägig berechnet, betragen die NO₃-Austräge mit dem Sickerwasser um 30 kg N/(ha*Jahr) für HO und HF, 18 für HTK und nur 8 für HFK. Eine ähnliche Abschätzung ergab für SO 6 und für SFK einen Austrag von 2 kg N/(ha*Jahr).

4.1.2 Aluminium

Nicht weniger bemerkenswert als beim Nitrat ist die Wirkung auf das Aluminium, bei der zunächst in beiden Tiefen die Ähnlichkeit bei den gleich behandelten H- und S-Parzellen auffällt. Auch hier wurde mit der Kombination Kalken und Fräsen die günstige Wirkung erreicht. Der weniger vorteilhafte Effekt des Tiefpflügens hängt möglicherweise mit der beträchtlichen Freisetzung gelösten Kohlenstoffs zusammen, der eine Immobilisierung des Aluminiums vermindert haben könnte.

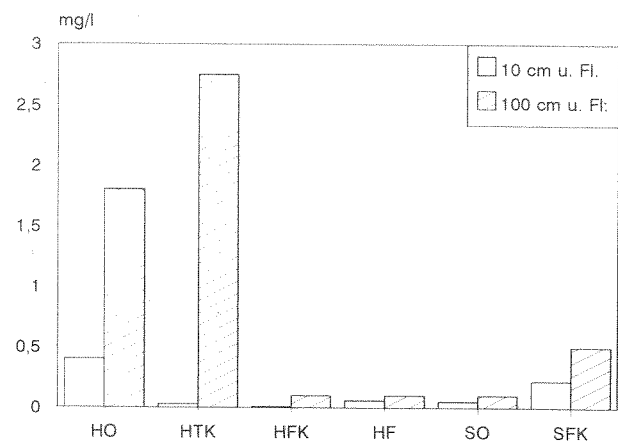


Abb. 1b: Relation der Aluminiumkonzentrationen der unterschiedlich behandelten Flächen in Haste und im Solling

Hervorzuheben ist, daß der TVO-Grenzwert für Al (0,2 mg/Liter) in allen Fällen erheblich überschritten wurde. Dies ist in der Tat ein besorgniserregender Sachverhalt, der nachdrücklich der Tiefenkalkung ohne Umbruch, also etwa mit dem Abbruchlockerer, das Wort redet.

Als Fazit läßt sich eine über Erwarten positive, erste Auswirkung besonders der Kombination „Fräsen und Kalken“ auf den bodenchemischen Zustand feststellen. Aus der Beobachtung seiner weiteren Entwicklung sind sicherlich aufschlußreiche Informationen zur Handhabung restaurativer Maßnahmen zu erwarten.

4.2 Reaktionen der Pflanzen

Es sollen hier nur einige, wesentlich erscheinende Ergebnisse der ebenfalls in der o.g. Diplomarbeit (4), in Haste (FoA Hannover) durchgeführten Beobachtungen genannt werden.

Die Ausfälle der gepflanzten Eichen und Hainbuchen lagen auf der HTK- und der HFK-Fläche (vgl. Abb. 1a u. 1b) mit weniger als 3% signifikant unter denen der HO- und der HF-Fläche. Die Bodenvegetation hat ebenfalls auf der HFK-Fläche schon im ersten Jahr am positivsten auf die Maßnahme reagiert. Im zweiten Jahr, in dem sich die Bodenvegetation auf allen Flächen ausbreitet, siedelten sich besonders auf der HFK-Fläche die anspruchsvollsten Pflanzen an.

Bei der Sollingfläche im Forstamt Seelzerthurm ist von Bedeutung, daß die Bearbeitung unter ungünstigen Bedingungen durchgeführt werden mußte. Dennoch bieten die

¹ Grenzwert der Trinkwasserverordnung

aus Saat hervorgegangenen Eichenkulturen heute ein vorteilhaftes Bild, wobei besonders ein günstiges Sproß-/Wurzelverhältnis sowie gutes Tiefenwachstum und Verzweigung der Wurzeln hervorzuheben sind, die bereits mehr als 10 cm tief in den, den Bearbeitungshorizont unterlagernden Mineralboden hineingewachsen sind.

4.3 Ergebnisse bodenphysikalischer Untersuchungen

Bei den beiden Flächen in Morbach/Hunsrück und Laubach/Eifel handelt es sich um zwei nur gefräste Flächen (mit der Krohn'schen Maschine). Die Fläche Morbach wurde anschließend maschinell mit Eichen bepflanzt. Sie lag unmittelbar neben einer noch mit dem ursprünglichen Fichtenalt-holz bestockten Vergleichsfläche. In Laubach fanden sich noch engere Vergleichsmöglichkeiten in Gestalt eines in der Bearbeitungsfläche liegendebenen Streifens. Er erlaubte die Entnahme der Vergleichsproben in nur wenigen Metern Entfernung vom Probenahmepunkt der bearbeiteten Fläche. Die Untersuchungsergebnisse sind in den Abbildungen 2, 3, 4 und 5 dargestellt.

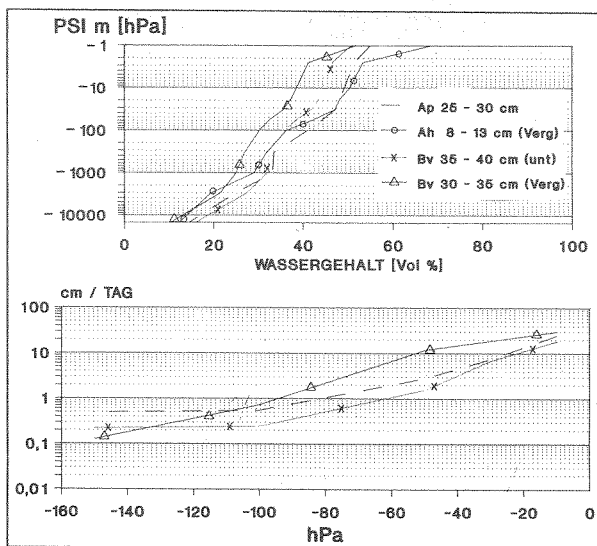
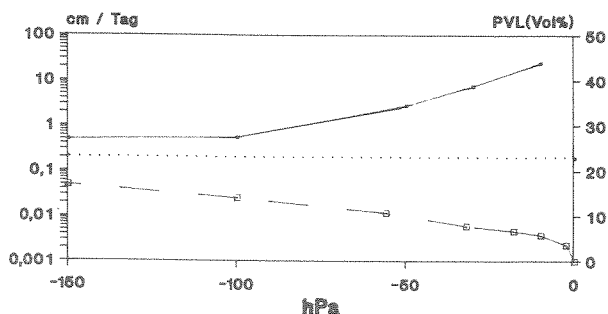


Abb. 2: pF-Kurve (oben) und Wasserleitfähigkeit (unten) der Fläche in Morbach. Ap = Bearbeitungshorizont; Zusatz „(Verg)“ = Vergleichsboden; Zusatz „(unt)“ = unterhalb der Bearbeitungsschicht

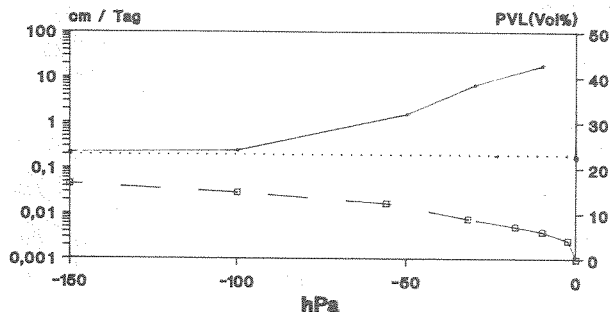
4.3.1 Morbach

In den pF-Kurven (Abb. 2) spiegeln sich in Form einer hohen Speicherkapazität für pflanzenverfügbares Wasser und geringer Lagerungsdichte standörtlich sehr günstige bodenphysikalische Eigenschaften wider. Bemerkenswerterweise sind sie durch die Bearbeitung kaum verändert worden; lediglich der Anteil der größten luftführenden Poren hat sich zugunsten der größten wasserführenden Poren etwas verringert. Standörtlich gesehen ist dies im vorliegenden Fall eher ein (die nutzbare Feldkapazität erhöhender) Vorteil. Diese Beobachtung trifft sowohl für die vergleichbaren Tiefen innerhalb als auch unmittelbar unterhalb der Bearbeitungsschicht zu.

Ku ** PVL MOR Fräs. Ap 25 - 30 cm



Ku ** PVL MOR Fräs. Bv 35 - 40 cm



MOR Vergl. Bv 30 - 35 cm

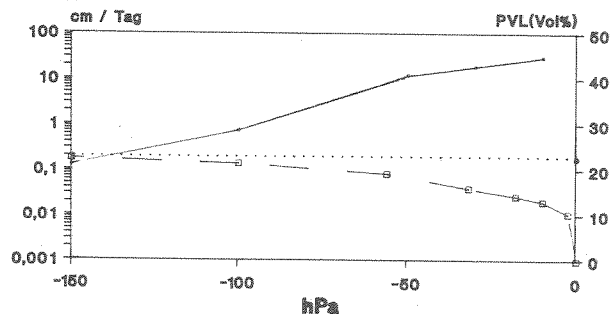


Abb. 3: Änderung der Leitfähigkeit (cm/Tag) und des korrespondierenden luftführenden Porenvolumens (PVL) als Funktion des Matrixpotentials; Fläche Morbach. Die punktierte Linie markiert den Übergang von dem Sicker- in den Haftwasserbereich. Der ihrem Schnittpunkt mit der Leitfähigkeitskurve entsprechende Matrixpotentialwert wird als Grenze der nutzbaren Feldkapazität angesehen. Damit ergibt sich der korrespondierende Wert des PVL als „Luftkapazität“

Ein Vergleich der Leitfähigkeitsfunktionen (Abb. 2), die empfindlicher auf gefüügeverändernde Eingriffe reagieren, führt zum gleichen Ergebnis. Bemerkenswert ist der gleichförmige Kurvenverlauf des Bodens unterhalb des Bearbeitungshorizontes, in dem die günstigen Bedingungen einer ausgewogenen Luft/Wasser-Versorgung augenfällig zum Ausdruck kommen. Dies läßt sich noch differenzierter aus der Abb. 3 erkennen, nämlich als Erhöhung der Wasserleitfähigkeit im Bereich der größten Mittelporen (-100 bis -150 hPa), offenbar als Folge der Zunahme dieses Porenbereichs durch die Bearbeitung. Die korrespondierende Verringerung des luftführenden Porenvolumens (PVL) kann als standörtlich unbedenklich angesehen werden.

4.3.2 Laubach

In diesem Fall wurde gezielt der Bodenbereich beprobt, der mutmaßlich am ehesten durch die Bearbeitung hätte in Mitleidenschaft geraten müssen, nämlich der Übergangsbereich ober- und unterhalb der Bearbeitungssohle in 29 - 34 cm Tiefe. D. h. die selben Stechzylinderproben enthielten in ihrem oberen Teil „Ap“- und im unteren B_v-Material, einschließlich der Bearbeitungssohle.

Abb. 4 zeigt, daß trotzdem ein sogar sehr hohlraumreicher Boden mit ausgezeichneter Porenverteilung angetroffen wurde.

Auch für den knapp unter der Bearbeitungstiefe liegenden Bereich im B_v-Horizont ließ sich im Vergleich zu dem nur etwa 10 m entfernt liegenden, nicht bearbeiteten Vergleichsstreifen keine nachteilige, sondern nur eine geringfügig andere Porenverteilung finden, die in diesem Falle sogar einen leicht erhöhten Anteil engerer Grobporen aufwies. Gegenüber dem „Morbachboden“ ergab sich hier eine etwas höhere Lagerungsdichte, die die Ursache für diesen Effekt sein mag.

LAUB Bv 40 - 45 cm * unter Fräsebene

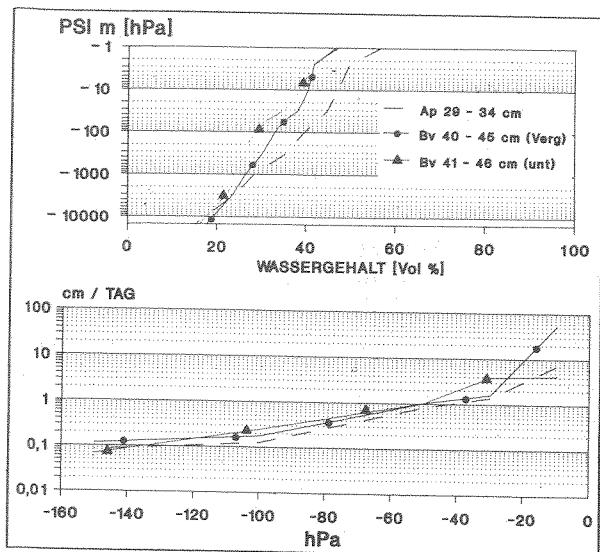


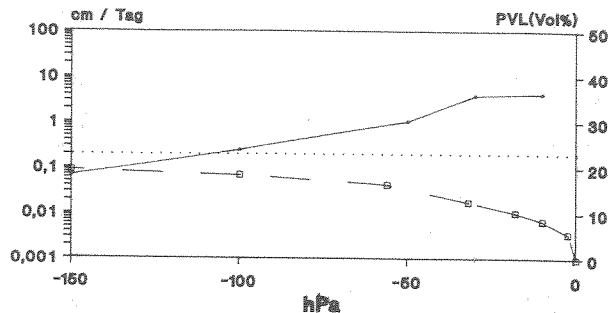
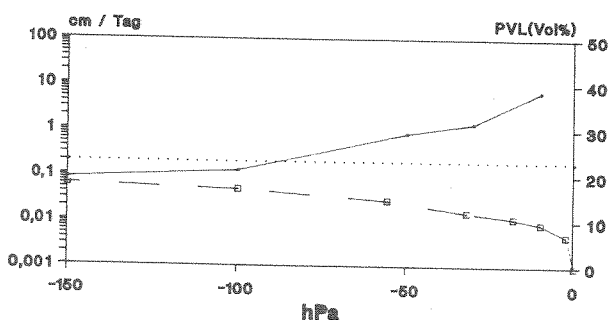
Abb. 4: pF-Kurve und Wasserleitfähigkeit der Fläche in Laubach

In guter Übereinstimmung hiermit befinden sich die korrespondierenden Leitfähigkeitsfunktionen (Abb. 4), die insgesamt eine etwas geringere Wasserzügigkeit als im Morbachboden anzeigen, was jedoch noch keinerlei Luftmangelrisiken bedeutet. Dies wird besonders aus Abb. 5 deutlich, die sowohl innerhalb als auch unterhalb der Bearbeitungszone praktisch „Idealkombinationen“ der Leitfähigkeits- und Entwässerungsfunktion im niedrigen Saugspannungsbereich anzeigt, eigentümlicherweise sogar günstiger als in gleicher Tiefe der Vergleichsfläche.

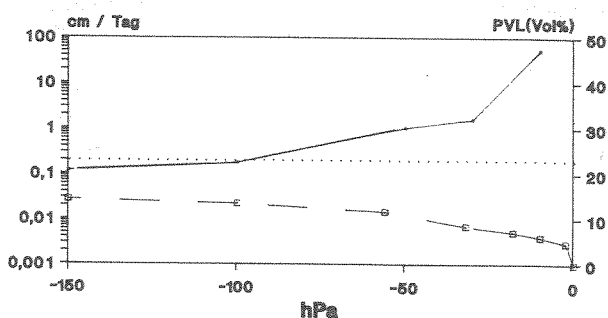
Das eigentlich Bemerkenswerte ist, daß auch die aus dem Übergangsbereich gewonnenen Proben trotz des „Substratsprungs“ einen den übrigen sehr ähnlichen Verlauf besitzen und damit anzeigen, daß die aufgrund von Erfahrungen mit anderen Geräten zu befürchtende Sohlenverdichtung bei dieser Technik vermieden werden konnte.

In beiden Fällen hat sich demnach gezeigt, daß die günstigen bodenphysikalischen Ausgangsbedingungen durch die Bearbeitung nicht nachteilig verändert worden sind.

LAUB FRÄS ApBv 29 - 34 cm



LAUB FRÄS Bv 40 - 45 cm * Vergleich



—●— cm / Tag —□— PVL(Vol%)

Abb. 5: Änderung der Leitfähigkeit (cm/Tag) und des korrespondierenden luftführenden Porenvolumens (PVL) als Funktion des Matrixpotentials; Fläche Laubach

Literatur

1. Abele, G.; R. Hofmann und P. Kreutz, 1991: Die Krohn'sche Waldbodenrehabilitationsmaschine. Forsttechn. Informationen, 43. Jg. Nr. 3, KWF, Sprember Str. 1. 6114 Groß-Umstadt
2. Benecke, P., 1992: Gedanken zur Waldbodenrestaurierung mit Bodenbearbeitung. AFZ, im Druck
3. Benecke, P.; Chr. Eberl und M. Marbach, 1992: Bestandesbegründung mit Bodenbearbeitung, Kalkung und Hilfspflanzenanbau. AFZ, im Druck
4. Marbach, M., 1992: Untersuchung eines oberflächennahen Meliorationsverfahrens unter Belassung der Nichtderbholzbiomasse auf der Fläche; Initialeffekte auf Boden, Bodenlösung und Vegetation. Diplomarbeit, Forstwiss. Fachber., Univ. Göttingen, 148 S.
5. Soppa, R., 1991: Eine neuartige Fräswalze. AFZ, 5: 252-253
6. Ulrich, B., H. Meyer, K. Jänisch und G. Büttner, 1989: Basenverluste in den Böden von Hainsimsen-Buchenwäldern in Südniedersachsen zwischen 1954 und 1986. Forst und Holz Nr. 10: 251-253
7. Ulrich, B., 1991: Welchen Beitrag kann die Ökosystemtheorie zur Lösung waldbaulicher Probleme leisten? Vortrag zur Forstlichen Hochschulwoche, Oktober 1991 in Göttingen
8. Ulrich, B., 1991: Folgerungen aus 10 Jahren Waldökosystem- und Waldschadensforschung. Forst und Holz, 46. Jg., Nr. 21: 3-11
9. Vitousek, P.M. and J.M. Melillo, 1979: Nitrate losses from disturbed forests: Patterns and mechanisms. Forest Science, 25: 605-619

Anschrift des Autors:

P. Benecke
Institut für Bodenkunde und Waldernährung
Universität Göttingen

Möglichkeiten und Grenzen der physikalischen Bodenrekultivierung in der Forstwirtschaft

R. Horn und M. Lebert

Einleitung

Die Frage nach der Bedeutung der Bodenstruktur bzw. des Bodenaufbaus aus der festen, flüssigen und gasförmigen Phase wird seit langem bei der Beurteilung von Böden als Pflanzenstandort sehr intensiv diskutiert. Böden als Pflanzenstandort müssen nämlich sowohl in der Land- als auch in der Forstwirtschaft nicht nur eine tiefgründige Durchwurzelung und damit mechanische Verankerung der Pflanzen gewährleisten, sondern sie sind auch als Wasser-, Gas-,

Wärme- und Nährstoffspeicher und -reserve für deren optimales langfristiges Wachstum und damit für den Ertrag von Bedeutung. Darüberhinaus bilden die Hohlräume im Boden auch die bevorzugten Leitungsbahnen für die Ableitung des Sickerwassers in das Grundwasser und tragen damit zur Grundwasserneubildung bei, ebenso wie sie den Gasaustausch mit der Atmosphäre steuern. Folglich weist der Wasser-, Gas- und Nährstoffhaushalt des durchwurzelten Standortes selbst eine jahreszeitliche und nutzungspezifische Dynamik auf, wobei auch deren Wechselwirkungen

mit den weiteren Kompartimenten von Ökosystemen deutlich werden.

In der Forstwirtschaft wird aufbauend auf den umfangreichen Forschungsergebnissen zum Problemkreis „Säuredeposition in Wechselwirkung mit Waldwachstum“ z.B. unter dem Gesichtspunkt abnehmender Säureneutralisationskapazität in Böden (bzw. sinkender Basensättigung, zunehmender Al- und H-Sättigung der Austauschoberflächen oder Ionenspezifisierung) sowie möglicher Auswirkungen auf die Zusammensetzung des Grundwassers in neuerer Zeit auch nach Möglichkeiten zur Waldbodenmelioration gesucht.

Neben der oberflächennahen Meliorationsdüngung von versauerten Böden wird u.a. eine ganzflächige mechanische Melioration durch Tiefumbruch, (nichtwendender Bearbeitung oder partieller Bearbeitung (= Pflanzlochmelioration) diskutiert. Durch teilweise sehr intensive und tiefreichende Eingriffe soll vorrangig die Meliorationswirkung durch die gleichzeitige, durch Homogenisierung verbesserte Zugänglichkeit von Austauschoberflächen für die Nährstoffe beschleunigt, sowie der möglicherweise durch Makroporenfluß verstärkte Nährstoffaustrag aus den ungestörten Böden in das Grundwasser verringert werden. Die je nach hydrologischen und bodenphysikalischen Gegebenheiten erst um mehrere Jahre verzögerte Wirkung für das Pflanzenwachstum soll dadurch früher erreicht werden. Anschließend kann durch eine kombinierte chemisch-, physikalisch-, mechanische Betrachtungsweise der Meliorations-Wirkungskette auch die ökosystemverträglichste Variante für einen großflächigen Einsatz gewählt werden.

Da häufig Melioration und Wiederaufforstung kombiniert werden, gilt es außerdem, die durch im Boden verbliebene Baumwurzeln alter geernteter Bestände, herumliegender Äste etc. behinderte Zugänglichkeit der Flächen bei diesen Maßnahmen zu berücksichtigen. Die herkömmlichen Pflanzverfahren in der Forstwirtschaft sind sehr zeitaufwendig bei häufig sehr hohen Folgepflegekosten. Außerdem werden durch Stubbenrodung und Zusammenschieben der Biomasse auf große, an den Pflanzfeldern seitlich angeordnete Wälle z.B. auch Probleme

- der mechanischen Zerstörung der Bodenstruktur am Standort,
- der gleichzeitigen Verschlechterung des C/N Verhältnisses,
- der Nährstoffvorräte,
- der in den Wällen vermutlich durch Mineralisierung intensivierten Nährstofffreisetzung und je nach klimatischen Gegebenheiten verstärkten Grundwasserbelastung z.B. mit Nitrat zu betrachten sein.

Als eine Möglichkeit der mechanischen Melioration wird in diesem Zusammenhang der Einsatz von leistungsstarken, schweren und durch Kombination mehrerer Einzelgeräte schlagkräftigen Maschinensystemen bei der Flächenräumung und Pflanzbeetbereitung diskutiert und unter Praxisbedingungen am Standort erprobt.

Für das Abwägen des Für und Widers derartiger Maschineneinsätze in den Forsten (z.B. die Krohn Fräse) sollten jedoch genauere Kenntnisse vor allem der bodenphysikalischen und -mechanischen Parameter vorliegen, weshalb im folgenden versucht wird, anhand einiger praktischer Erfahrungen mit diesem Frässystem auch in Kombination mit Tiefpflugvarianten die Einsatzmöglichkeiten derartiger Maschinen in den Forsten generell zu diskutieren.

Material und Methoden

Zur Beantwortung der Frage, inwiefern durch einen Einsatz der Krohn'schen Fräsmaschine auch in Verbindung mit

- einer Einarbeitung von 10t/ha kohlensaurem Kalk, und
- mit anschließendem Tiefpflügen

vorrangig physikalisch/mechanische Standorteigenschaften eines Podsol Pseudogley aus Sandlöß (Standort: Haste bei Hannover, ursprüngliche Vegetation: Lärche und Buche) modifiziert worden sind, wurden ungestörte Stechzylinder- sowie Beutelproben aus repräsentativen Bodenhorizonten der einzelnen Varianten entnommen. Die Melioration erfolgte im Spätherbst 1989 (d.h. ca. 3 Monate vor der Probenahme im Dezember).

Zur Charakterisierung der Bodenstruktur wurden, aufbauend auf einer jeweils detaillierten Bodenprofilansprache, die Parameter: Porengrößenverteilung und gesättigte Was-

serleitfähigkeit, Körnung sowie der Wert der Vorbelastung¹ nach Vorentwässerung auf 60hPa, die auflastabhängige Änderung der Luftleitfähigkeit sowie der Luftkapazität ebenfalls nach Vorentwässerung ermittelt. Der Wert 60hPa entspricht dabei der im zeitigen Frühjahr d.h. nach der Schneeschmelze bzw. der in stauwassergefährdeten Böden über längere Zeiträume im Jahr herrschenden Wassersättigung (zur genaueren Kennzeichnung der verwendeten Methoden s. [5]).

Ergebnisse und Diskussion

Bodentypologisch handelt es sich bei dem unbearbeiteten Boden um einen Podsol Pseudogley aus Sandlöß, während das Profil der Fräsparzellen als Rigosol Pseudogley (2 Varianten) mit einem auf 30cm Tiefe gefrästen und mit der gesparten Holzbiomasse angereicherten RAp Horizont klassifiziert wurde. In einer Variante waren zusätzlich noch 10t/ha kohlensaurer Kalk eingearbeitet worden.

Tab. 1: Profilbeschreibung der untersuchten Standorte (Methode: Kartieranleitung 1982)

P2: Podsol-Pseudogley aus Sandlöß unter Lärche und Buche, Hannover		
10 - 0 cm	L - Of - Oh	schwarzer (10YR 2/1) Moder, locker, scharfer Übergang
0 - 5 cm	Ah	schwarzer (10YR 2/1) lehmiger Schluff, Krümelgefüge, locker, mittel durchwurzelt, gleitender Übergang
- 10 cm	Aeh	dunkelrotbrauner (5YR 3/2) lehmiger Schluff, Einzelkornggefüge, mäßig locker, mittel durchwurzelt, gleitender Übergang
- 20 cm	Bsh	dunkelgelbbrauner (10YR 3/4) sandiger Schluff, Einzelkornggefüge, mäßig locker, mittel durchwurzelt, welliger Übergang
- 55 cm	Sw	brauner (10Y 3/4) sandiger Schluff, Einzelkornggefüge, mäßig locker, 5% Mn-Konkretionen, mittel durchwurzelt, gleitender Übergang
- 100 cm	Swd	dunkelgelbbrauner (10YR 4/6) lehmiger Schluff, Kohärengefüge, mäßig dicht, 30% rotgelb (7.5YR 5/8) Rostflecken, schwach durchwurzelt
P3: Rigosol-Pseudogley aus Sandlöß unter Wald, Hannover		
Variante 1a: gefräst auf 30cm Tiefe + 10t/ha kohlensaurer Kalk		
0 - 30 cm	RAp	sehr dunkelgraubrauner (10YR 3/2) lehmiger Schluff, Krümelgefüge, locker, scharfer Übergang
- 55 cm	Sw	brauner (10YR 5/3) sandiger Schluff, Einzelkornggefüge, mäßig locker, 5% Mn-Konkretionen, mittel durchwurzelt, gleitender Übergang
- 100 cm	Swd	dunkel, gelbbraun (10YR 4/6) sandiger Schluff, Kohärengefüge, mäßig dicht, 30% rotgelbe (7.5YR 5/8) Rostflecken, schwach durchwurzelt
Variante 1b: gefräst auf 30cm Tiefe, ohne Düngung		
0 - 30 cm	RAp	dunkelbrauner (10YR 3/3) lehmiger Schluff, Krümelgefüge, locker, scharfer Übergang
- 51 cm	Sw	brauner (10YR 5/3) sandiger Schluff, Einzelkornggefüge, mäßig locker, 5% Mn-Konkretionen, mittel durchwurzelt, gleitender Übergang
- 100 cm	Swd	dunkel gelbbraun (10YR 4/6) lehmiger Schluff, Kohärengefüge, mäßig dicht, 30% rotgelbe (7.5YR 5/8) Rostflecken, schwach durchwurzelt
P4: Treposol-Pseudogley aus Sandlöß unter Wald, Hannover, auf 1m tiefgepflügt + 20t/ha kohlensaurer Kalk		
0 - 70 cm	RAp	gelbbrauner (10YR 5/8) lehmiger Schluff, Krümelgefüge, locker, gleitender Übergang
- 100 cm	RSwd	dunkel gelbbrauner (10YR 4/6) lehmiger Schluff, Einzelkornggefüge, locker, scharfer Übergang
- 120 cm	Swd	dunkelgelbbrauner (10YR 4/6) lehmiger Schluff, Kohärengefüge, mäßig dicht, 30% rotgelbe (7.5YR 5/8) Rostflecken

Als Tiefpflugvariante wurde ein Treposol Pseudogley aus Sandlöß analysiert, der im Anschluß an die durch Spanung der Baumstämme zerkleinerten und in den Ah Horizont eingefrästen Biomasse auf eine Tiefe von 1m tiefgepflügt und mit 20t/ha kohlensaurem Kalk melioriert worden war.

Tab. 2 gibt einen Überblick über einige bodenphysikalische Eigenschaften der untersuchten Standorte:

Man erkennt, daß der sehr saure Oberboden des nicht bearbeiteten Ausgangsprofils bei einer geringen Lagerungsdichte (d_B) sehr gut belüftet, optimal mit nutzbarem Wasser versorgt auch über eine sehr hohe Wasserleitfähigkeit (kf) verfügt, während die tieferen, darunter folgenden Horizonte bei einer höheren Lagerungsdichte vor allem über weniger vorrangig wasserleitende Größtporen (GPV Vol. % - Vol. % bei pF 0.6) verfügen. Mit der mit der Tiefe zunehmenden Lagerungsdichte wird die gesättigte Wasserleitfähigkeit deutlich kleiner, während die nutzbare Wasserkapazität (nFK) für den gleichen Wasserspannungsbereich keinen einheitlichen Verlauf zeigt (vergl. Bsh, Sw, Swd).

¹ Maß zur Quantifizierung der Eigenfestigkeit

Als Folge der Fräsarbeit wird trotz Einarbeitung des zerspannen Holzes vor allem der oberste RAp Horizont des Rigosols nicht weiter aufgelockert, sondern verliert aufgrund der erfolgten Homogenisierung, vor allem in der ungekalkten Parzelle, sogar seine Eigenfestigkeit, was sich anhand der leicht erhöhten Werte für die Lagerungsdichte nachweisen läßt. Dahingegen nimmt vor allem der Anteil an Grobporen (Vol.% bei $pF < 2,5$) am Gesamtporenvolumen (GPV) und damit auch die Luftkapazität (LK) des Bodens ab, wobei wiederum in der ungekalkten Parzelle größere Unterschiede auftreten als in der gekalkten Variante. Der Wert für die nutzbare Feldkapazität steigt jedoch nicht synchron an. Im Vergleich zu den ursprünglichen Kennwerten für den Tiefenbereich 10 – 30 cm sind allerdings die Werte für die Lagerungsdichte niedriger, während die Menge an nutzbarem Wasser nicht erhöht worden ist. Aufgrund der noch in den Bodenproben befindlichen sehr groben Holzreste ist der Wert der gesättigten Wasserleitfähigkeit sicherlich nicht als standort-

charakterisierend einzustufen, doch zeigt sich auch dort, daß durch eine Einarbeitung von kohlenstoffreichem Kalk aufgrund der beginnenden Ca-Brückenbindung scheinbar eine Bodenstabilisierung einsetzt, die zu einer besseren Wasserleitfähigkeit, verbesserten Durchlüftung und gleichzeitig günstigeren bodenchemischen Verhältnissen beitragen könnte. Der Treposol hingegen zeigt ein gänzlich anderes Verhalten. Während in dem gefrästen Boden der RAp Horizont trotz Fräsarbeit insgesamt sehr dicht lagert und die Luftkapazität ebenso wie die gesättigte Wasserleitfähigkeit auf sehr geringe Werte abgesunken ist, steigt die nutzbare Feldkapazität nicht an. Außerdem fällt auf, daß die physikalischen Eigenschaften der schräggestellten mineralischen und organischen Pflughorizonte sehr differieren, wobei besonders die mineralischen Balken bei gleichzeitig sehr geringer Luftkapazität und Wasserleitfähigkeit sehr dicht lagern. Lediglich der organische Balken weist bei geringer Lagerungsdichte potentiell günstigere Bedingungen auf.

Tab. 2: Bodenphysikalische Charakterisierung der untersuchten Standorte

Profil	Horiz. Tiefe cm	d_p g/cm ³	d_f g/cm ³	GPV Vol%	Wassergehalt in Vol% bei				LK		nFK		pflanzenverfügbare Wassermenge in mm/Horizont bis max. 1 m Tiefe				
					pF 0.6	pF 1.8	pF 2.5	pF 4.2	bei pF - 0.6 Vol%	bei pF - 1.8 Vol%	pF 1.8-4.2 Vol%	pF 2.5-4.2 Vol%	kt cm/d(±%)	Tiefe dm	pF 1.8-4.2	pF 2.5-4.2	
P2 Podsol- Podsol Pseudogley	I-Of-Ch	10-0	0.76	2.32	67.2	35.1	32.1	28.1	11.9	32.1	35.1	20.2	16.2	1041(±84%)	1.0	20.2	16.2
	Ah	-5															
	Ach	-10	1.29	2.53	49.0	49.0	44.4	32.6	12.2	0	4.6	32.2	20.4	413(±13%)	1.0	32.2	20.4
	Bsh	-20															
	Sw	-55															
Swd	-100	1.50	2.59	42.1	27.3	23.2	21.0	9.7	14.8	18.9	13.5	11.3	79(±57%)	3.5	47.3	39.6	
		1.73	2.55	32.2	32.2	32.2	31.4	10.7	0	0.0	21.5	20.7	7.3(±50%)	4.5	96.8	93.2	
														Σ	10	196.5	169.4
P3a Rigosol (gekalkt)	RAp	-4	0.69	2.42	71.5	50.6	31.5	28.7	12.5	20.9	40.0	19.0	16.2	2595(±8%)	0.4	7.6	6.5
	RAp	-30	0.75	2.42	68.7	52.4	33.8	30.1	12.2	16.3	34.9	21.6	17.9	2595(±13%)	2.6	55.2	46.5
	Sw	-55													7	130	121.4
	Swd	-100													Σ	10	192.8
P3b Rigosol (ungekalkt)	RAp	-4	0.90	2.43	63.0	62.2	45.3	37.1	15.6	0.8	17.7	29.7	21.5	858(±40%)	0.4	11.9	8.6
	RAp	-30	0.83	2.43	66.1	52.4	36.7	27.4	12.0	13.7	29.4	24.7	15.4	857(±100%)	2.6	64.2	40.0
	Sw	-55													7	130	121.4
	Swd	-100													Σ	10	206.1
P4 Treposol (tieflage- pflögt - 1 m)	RAp	-10	1.53	2.59	40.9	40.9	32.1	19.0	7.7	0.0	8.8	24.4	11.3	0.4(±10%)	1.0	24.4	11.3
	RAp	-70	1.46	2.59	43.6	42.2	28.4	21.9	16.4	1.4	15.2	12.0	5.5	15(±18%)	5.0	60.0	27.5 min.
			0.85	2.42	64.8	48.7	35.4	25.7	16.2	16.1	29.4	19.2	9.5	948(±67%)	1.0	19.2	9.5 org.
	RSwd	-100	1.55	2.62	40.8	40.8	27.7	14.5	10.2	0.0	13.1	17.5	4.3	6.5(±40%)	3.0	52.5	12.9
														Σ	10	155.8	61.2

Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, daß weder nach oben noch in den tieferen Untergrund eine Verbindung des Porensystemes mit diesen organischen Balken gegeben ist, sodaß auch deren Funktionalität hinsichtlich Drainwirksamkeit aufgrund nicht vorhandener Porenkontinuität zu diesem Zeitpunkt noch nicht abgeschätzt werden kann.

Insgesamt machen die Daten deutlich, daß eine Bodenaufbereitung selbst bei gleichzeitiger Einarbeitung großer Mengen an zerkleinerter Holzbiomasse nicht unmittelbar zu günstigeren Standortverhältnissen führt.

In Abb. 1 (s. nächste Seite) ist exemplarisch für den Ausgangsboden, den Treposol sowie die gekalkte Fräsparzelle der Wert der Vorbelastung nach Vorentwässerung auf 60 hPa für die repräsentativen Bodenhorizonte dargestellt. Man erkennt, daß im Vergleich zu den natürlichen Ausgangsbedingungen die Werte in den oberen 30 cm Bodentiefe im Mittel stets abgenommen haben. Außerdem wird deutlich, daß besonders in den schräggestellten organischen Pflughorizonten der Wert der Vorbelastung auf ca. 20% gesunken ist und auch in dem darunterfolgenden RSwd Horizont noch eine Halbierung des Wertes verifiziert werden kann.

Fragt man vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse nach den Auswirkungen weiterer Folgebelastungen, die z. B. während der Pflanzarbeit, aber auch durch intensiven Regenschlag bzw. auch durch das Eigengewicht des Bodens in den unteren Bereichen des Fräs- oder Pflughorizontes auftreten können, so sind prinzipiell die durch eine Homogenisierung erhöhte Folgesetzungsempfindlichkeit bei gleichzeitig geringerer Porenkontinuität ebenso wie die durch Belastung steigende Verdichtbarkeit und damit verbundene Reduzierung des Gas- und Wassertransportes bzw. deren Speicherfähigkeit zu betrachten. Abb. 2 zeigt für einzelne Bodenhorizonte den Verlauf der auflastabhängigen Änderung der Luftleitfähigkeit. Man erkennt, daß nach Überschreitung der Vorbela-

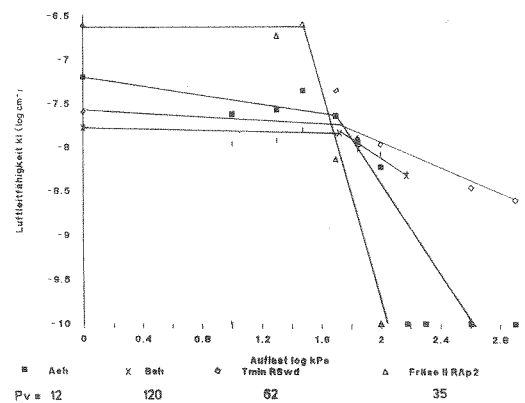


Abb. 2: Änderung der Luftleitfähigkeit K_l (cm^2) mit der Auflast nach Vorentwässerung auf 60 hPa. PV kennzeichnet den Wert der Vorbelastung und Vorentwässerung auf 60 hPa.

stung die Leitfähigkeit sehr intensiv abnimmt, wobei vor allem die Fräsparzelle bei anfänglich sehr hoher Leitfähigkeit bereits bei einer geringen Folgebelastung (ca. 50 kPa) eine um 3 Zehnerpotenzen geringere Luftpermeabilität aufweist. Ähnliche Kurvenverläufe ergeben sich auch für die übrigen Horizonte, wobei hinsichtlich des Kurvenverlaufes jedoch stets auch die Ausgangslagerungsdichte, d. h. die Anzahl an Korn zu Kornkontakten und damit auch der Einfluß auf den Scherwiderstand hinsichtlich des Kurvenverlaufes mit berücksichtigt werden muß. Eine Erhöhung der Vorentwässerung von 60 auf 300 hPa (= pF 2.5) führt zwar zu höherer Luftkapazität, doch zeigt der auflastabhängige Kurvenver-

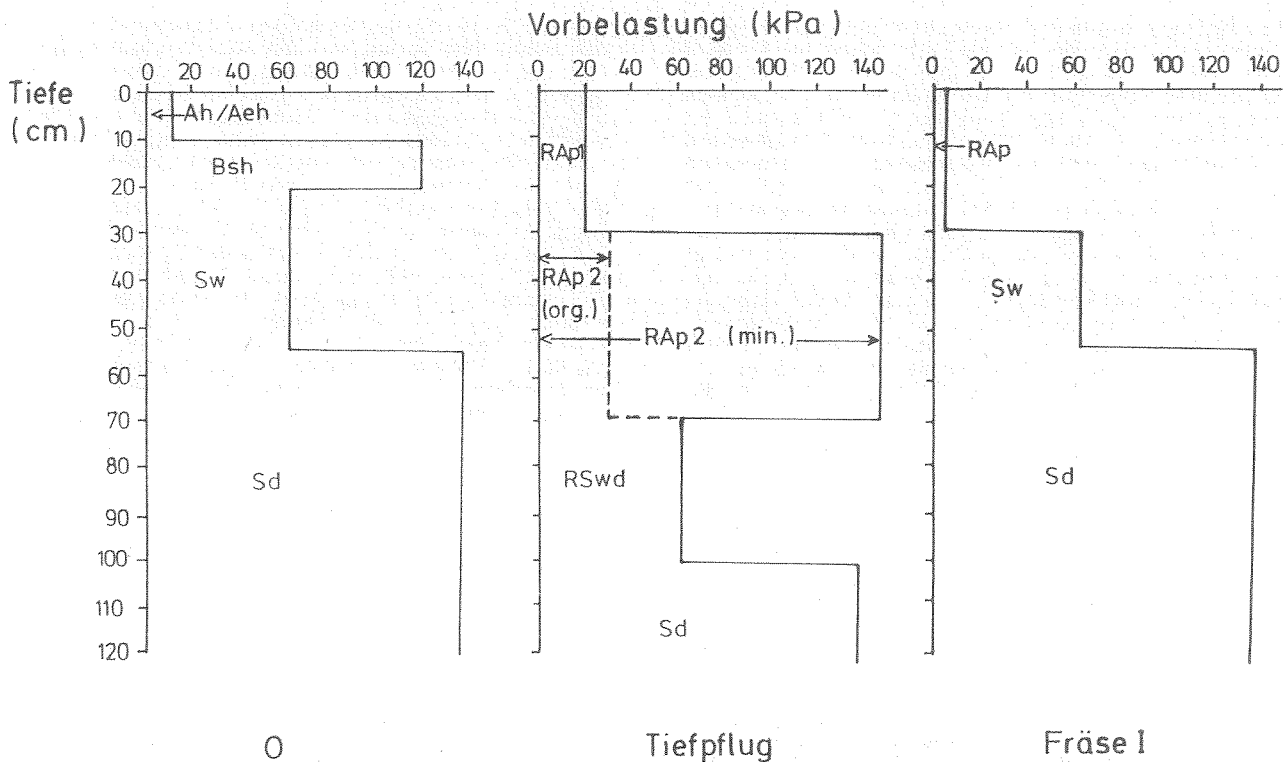


Abb. 1: Tiefenfunktion der Vorbelastung unterschiedlich bearbeiteter Böden. 0 bedeutet Ausgangszustand, Tiefpflug kennzeichnet den außerdem gefrästen Treposol aus Sandlöß, Fräse I charakterisiert den mit gespannter Biomasse auf 30 cm Tiefe gefrästen Rigosol-Pseudogley.

lauf für die aufgeführten Varianten, daß das Porensystem in den gelockerten Parzellen sehr instabil ist und damit bereits eine sehr geringe Folgebewässerung von weniger als 10 kPa besonders in den gefrästen und gepflügten Bodenhorizonten zu einer deutlichen Abnahme der Grobporen führt (Abb. 3). Hierbei ist besonders die Tatsache bemerkenswert, daß selbst eine hohe Ausgangslagerungsdichte der mineralischen Balken im Treposol nicht zu einer entsprechenden Stabilität beiträgt, sondern auch diese Horizonte ebenfalls noch weiter verdichtet werden können.

tionsmaßnahme zu betrachten, da vor allem in feintexturierten homogenisierten Böden erst nach einem Durchlaufen eines ungünstigeren Gas- und Wasserhaushaltszustandes im Verlaufe der Reaggregation wieder durch Umorientierung der Bodenpartikel ein günstigerer Zustand hinsichtlich des Gas- und Wasserhaushalt sowie Wurzelwachstum erreicht werden wird. Als qualitatives Indiz hierfür dient die Tatsache, daß nach 2 Jahren auf den Parzellen sehr deutlich verstärkter Binsen- und Moosbewuchs trotz relativ geringer Lagerungsdichte nachgewiesen werden kann. Entsprechende quantifizierende Untersuchungen werden momentan durchgeführt.

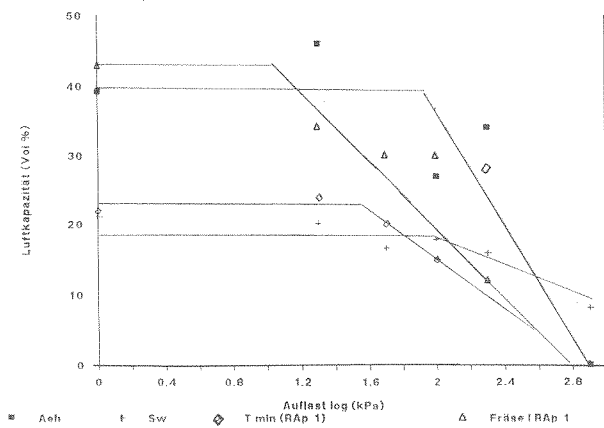


Abb. 3: Auflastabhängige Änderung der Luftkapazität nach Vor-entwässerung auf 300 hPa = pF 2.5

Damit stellt sich nun die Frage nach den Konsequenzen eines derartigen Maschineneinsatzes für den Pflanzwuchs, die Wasserzügigkeit und Luftdurchlässigkeit vor allem in den besonders häufig mit Bäumen bestockten feuchteren und feiner texturierten Standorten. Durch die Fräs- und Pflugarbeit wird zerspannte Biomasse und gegebenenfalls auch Dünger in den Boden tiefer eingearbeitet, wodurch vor allem zuanfangs besonders das C/N Verhältnis größer wird und damit eine anfängliche N-Sperre eintritt. Bei gleichzeitig leicht erhöhten pH-Werten und Basensättigung an den Austauscheroberflächen wäre somit das chemische Meliorationsziel erreichbar. Allerdings sind für eine ökosystemare Betrachtung auch die physikalischen Folgen einer Meliora-

Folgerungen

Obwohl diese einmalige Analyse der bodenphysikalischen Parameter auf keinen Fall für eine abschließende Bewertung, sondern lediglich als eine erste Trendbetrachtung dienen soll, läßt sich doch auch unter Hinzuziehung der in der entsprechenden Spezialliteratur wiederholt beschriebenen Ergebnisse (15, 18) zumindest bereits eine grobe Einordnung der Maßnahmen hinsichtlich der möglichen Anwendbarkeit vornehmen.

Jede Bodenmelioration durch Fräs- oder/bzw. in Kombination mit einer Tiefpflugmaßnahme sollte nur auf bis in mindestens 1 m Tiefe auf $>pF 2.5 = >300 \text{ hPa}$ ausreichend abgetrockneten Böden durchgeführt werden, um die mit der Austrocknung steigende Eigenstabilität für die Folgebewirtschaftung auszunutzen. Nicht nur aus bodenchemischer, sondern auch aus bodenphysikalischer Sicht ist besonders bei versauerten Standorten (pH-Werte < 5) eine gleichzeitige Meliorationskalkung und -düngung zwingend notwendig, da ansonsten auch die Stabilität in den tieferen ebenfalls noch bearbeiteten Bodenhorizonten häufig noch weniger ausreicht, um eine Folgesetzung zu verhindern. Außerdem ist in den feinkörnigen d.h. besonders tonreichen und intensiv aggregierten Böden mit einer sehr deutlichen Reduzierung der Eigenstabilität durch solche mechanischen Eingriffe und damit verbunden ausgeprägten Änderung der bodenphysikalischen Kennwerte zu rechnen, sodaß solche Maßnahmen gegebenenfalls nur bei ausgesprochen trockenen Verhältnissen angewendet werden sollten.

Als mögliche Alternative zu den bisher getesteten Varianten wäre die aus bodenphysikalischer Sicht günstigere Kombination einer Oberflächenfräse und einer partiell den Untergrund lockernden Slotting-Technik (3) bzw. des Schacht-

pflugverfahrens vorzuziehen, da hierdurch auf jeden Fall die möglichen Probleme einer bei zu hoher Feuchtigkeit verstärkten Zerknetung und damit tiefgreifenden Homogenisierung des **gesamten** Bodens vermieden und auch nicht die gesamte Pflanzfläche gleichmäßig durch die Bearbeitung gelockert und somit instabiler wird.

In der Landwirtschaft sind zu diesem Themenbereich vor allem in den neuen Bundesländern Versuche mit dem Schachtpflug durchgeführt worden, wobei hier vor allem die Verbesserung der Durchwurzelbarkeit des Unterbodens im Vordergrund des Interesses stand (17).

Gezielte Heterogenisierung des Bodens durch „Slotting“ (3) soll ebenfalls zu einer besseren Durchwurzelbarkeit tieferer Bodenschichten und damit sowohl zu günstigeren Wasser- und Gastransporten sowie günstigerer Erreichbarkeit der in diesen Horizonten vorhandenen Nährstoffe für die Pflanzen führen (11). Allerdings gilt es auch gerade bei dem letzteren Verfahren, die Bearbeitung auf Zeiträume mit sehr geringen Wassergehalten zu beschränken, da ansonsten aufgrund der enormen dynamischen „Säge“energie eine vollständige Homogenisierung des Bodens erreicht werden würde.

Literatur

1. Bachmann, J. 1988: Diss. TU Hannover
2. Baumgärtl, T. 1990: Spannungsverteilung in unterschiedlich texturierten Böden und ihre Bedeutung für die Bodenstabilität. Diss. CAU Kiel Schriftenreihe des Institut für Pflanzenern. u. Bodenkunde, H.12 128 S.
3. Blackwell, J., R. Horn, N. S. Jayawardane, R. White und P. S. Blackwell 1989: Vertical stress distribution under tractor wheeling in a partially deep loosened typic Paleustalf. Soil Till. Res. 13, 253-266
4. FBW 1989: 3. Waldschadensbericht. Eigenverlag KfK Karlsruhe
5. Hartge, K. H. und R. Horn 1989: Bodenphysikalisches Praktikum. 2. Auflage Enke Verlag
6. Hartge, K. H. und R. Horn 1991: Einführung in die Bodenphysik. 2. Auflage. Enke Verlag
7. Hempfling, R., H. R. Schulten und R. Horn 1990: Relevance of humus composition for the physical/mechanical stability of agricultural soils. A study by direct pyrolysis- mass spectrometry. Anal. Appl. Pyrolysis. 17, 275-281

8. Horn, R. 1981: Die Bedeutung der Aggregierung von Böden für die mechanische Belastbarkeit in dem für Tritt relevanten Auflastbereich und deren Auswirkungen auf physikalische Bodenkenngrößen. Habilitationsschrift TU Berlin, FB 14, H.10 200 S. ISBN: 379830792 x
9. Horn, R. 1986: Auswirkung unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf die mechanische Belastbarkeit von Ackerböden. Z. Pflanzenern. u. Bodenkde. 149, 9-18
10. Horn, R. 1988: Compressibility of arable land. in: Drescher, J., R. Horn und M. De Boedt (Hrsg.) Interaction of structured soils with water and external forces. Catena Supplement 11, 53-71
11. Horn, R. 1990: Aggregate characterisation as compared to soil bulk properties. Soil Till. Res. 17, 265-289
12. Horn, R., W. Stepniewski, T. Włodarczyk, G. Walensik, E. F. Eckardt 1992: Soil Aeration and Denitrification losses in artificial aggregates. Soil Sci. Soc. Amer. J. eingereicht
13. Kartieranleitung 1982: Kohlhammer Verlag
14. Kezdi, A. 1969: Handbuch der Bodenmechanik. Bd. I Bodenphysik. VEB Verlag Berlin
15. Kuntze, H., G. Roeschmann und H. Schwertfeger 1988: Bodenkunde. Ulmer Verlag
16. Lebert, M. 1989: Beurteilung der Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. Bay. Bodenkde. Ber. 3, 219 S.
17. Werner, D. 1990: Nässeedisposition und Wasserausschöpfung verdichteter Lößböden nach Verwendung des Schachtpfluges. Arch. Acker, Pflanzenbau und Bodenkde. 34, 557-568
18. Schulte Karring, H. und D. Schroeder 1986: Die Beseitigung von Bodenverdichtungen in der Bundesrepublik Deutschland. Z. Kulturtechnik u. Flurbereinigung 27, 278-290
19. Semmel, H., R. Horn, U. Hell, A. R. Dexter und E. D. Schulze 1989: The dynamics of aggregate formation and the effect on soil physical properties. Soil Technology 3, 113-129

Anschrift der Autoren:

R. Horn und M. Lebert
Institut für Pflanzenernährung
und Bodenkunde
Olshausenstraße 40
2300 Kiel

Die totale Waldbodensanierung, eine Voraussetzung für den erfolgreichen Wiederaufbau der Wälder

H. Schulte-Karring und D. Schröder

Vorwort

Alle Kulturpflanzen, von denen ein gesundes Wachstum und ein hoher Ertrag erwartet werden, bedürfen eines Schutzes gegenüber Schädlingen und Krankheiten sowie einer möglichst günstigen Gestaltung der Hauptwachstumsfaktoren Wasser, Sauerstoff, Licht und Nährstoffe. Das gilt für das Nutzholz des Waldes genauso wie für alle anderen Pflanzen. Im Gegensatz zu den Böden des Landbaus, wo seit langer Zeit in privater Initiative oder von Amts wegen grundlegende Maßnahmen zur Optimierung der Standorte vorgenommen werden, kennt man diese im Waldbau so gut wie nicht. Vereinzelt Ausnahmen sind Tiefpflugaktionen im Norddeutschen Raum (9) oder in den Braunkohle-Rekultivierungsgebieten. Ein umfassendes Konzept, wonach vorkommende Bodenmängel mit bestimmten Maßnahmen beseitigt werden, gibt es nicht. So blieb auch die einmalige Gelegenheit, die durch Sturmwurf freigewordenen Flächen vor der Wiederbegründung total zu verbessern, ungenutzt. Selbst an den weit verbreiteten Staunässeböden wurde nichts verändert. Nunmehr meist mit Laubholz bestockt, fehlen vielen dieser minderwertigen Böden mit Sicherheit die Voraussetzungen, wie Durchwurzelbarkeit, ausgeglichener Wasser- und Lufthaushalt, günstige Bodenreaktion und ausreichende Nährstoffversorgung, um die Pflanzen bis zur Holzreife sicher heranwachsen zu lassen. Aber auch die Tatsache, daß die meisten Waldböden wegen ihrer niedrigen pH-Werte der Gefahr der Schwermetallauswaschung unterliegen und auch die Lösung des Nitratproblems, das wegen des hohen atmosphärischen N-Eintrages zunehmend auch für Wälder akut wird, sollte zum Umdenken und zu wirksamen Meliorationsmaßnahmen zwingen.

Viele Anzeichen weisen darauf hin, daß die Notwendigkeit einer totalen Standortsanierung im Forst noch nicht erkannt ist und so verwundert es nicht, daß die bereits vor einigen Jahren für die totale Bodenmelioration entwickelten Geräte trotz vielfältiger Publikationen so gut wie keine Resonanz fanden oder aber deren Einsatz mit Warnungen vor Bodenschäden verhindert wurde.

Der folgende Beitrag soll auf der Grundlage 35-jähriger wissenschaftlicher und vor allem praktischer Erfahrungen zu einer Klärung der unterschiedlichen Auffassungen und zu einem Neubeginn beitragen.

Die totale Sanierung von Waldböden nach dem Ahrweiler-Meliorationsverfahren

1. Die Verbesserung der physikalischen Verhältnisse durch Tieflockerung

a) Bodengefüge

Das vorrangige Ziel des Ahrweiler-Verfahrens ist eine dauerhafte Gefügeverbesserung. Dieses Ziel wird erreicht, wenn der Verband der dichten Bodenaggregate gesprengt wird, so daß genügend Raum für das nun folgende und durch Feuchtigkeitseinwirkung eintretende Zerbröckeln in ein Gefüge mit deutlich verbesserter Funktion entstehen kann.

Die verbesserte Leistung des neuen Gefüges erstreckt sich auf:

- die Belüftung**, die die Umsetzung im Boden aktiviert,
- die Entwässerung**, die die Staunässe beseitigt,
- die Speicherfähigkeit**, die zur Erhöhung des nutzbaren Wasservorrates führt und
- die Reduzierung des Bodenwiderstandes**, die die Durchwurzelung erleichtert. (3,4)

Die seit Jahrzehnten durchgeführten Kontrollmessungen ergaben immer wieder, daß die fachgerecht durchgeführte Bodenauflockerung in erster Linie eine Vergrößerung des wasser- und luftführenden Makroporenraumes bewirkt. Auch 31 Jahre nach der Versuchsanlage ist das noch immer nachzuweisen (Tabelle 1) (7,8).

Aufgrund eigener und dort zitierter wissenschaftlicher Nachprüfungen sowie aufgrund der erfolgreichen Durchführung hunderter von Meliorationsprojekten gibt es keinen Zweifel

Tab. 1: Die Ergebnisse bodenphysikalischer Untersuchungen, 31 Jahre nach der Durchführung von Tieflockering in Graulehm-Pseudogleyen:
 Probenentnahme und Auswertung April 1992 durch Dipl.-Geow. Th. Hintze, FB VI – Bodenkunde –, Universität Trier

Versuch	Tiefe [cm]	GPV* [Vol. %]		P > 50 µm [%]		P 50-10 µm [%]		P 10-0 [%]		2P < 0,2 µm [%]		Rt** [g/ccm]		geom.avg. kf*** [cm/d]		geom.avg. ka**** [µ²]		Ew***** [kPa]	
		gel.	ungel.	gel.	ungel.	gel.	ungel.	gel.	ungel.	gel.	ungel.	gel.	ungel.	gel.	ungel.	gel.	ungel.	gel.	ungel.
Holzweiler 1961	40	41,1	40,5	6,4	5,7	2,1	3,3	13,4	11,9	19,7	20,0	1,55	1,58	24,5	52,1	2,5	3,863	2698	2682
--- mit Dränung	60	42,0	37,8	4,1	1,2	1,6	1,3	21,1	11,1	24,6	24,5	1,54	1,65	14,1	9,6	1,1	0,506	2489	3353
	80	36,4	33,8	2,2	0,0	1,1	1,1	6,1	4,6	28,2	29,3	1,69	1,76	1,9	22,8	0,2	0,326	2633	3982
Drängraben 1961	40	45,4	42,2	14,2	5,4	2,4	2,4	7,4	10,7	21,0	23,0	1,45	1,53	83,3	5,51	9,22	1,432	2649	2955
---	60	47,0	39,8	15,3	2,6	2,1	1,8	10,6	8,8	18,6	26,3	1,41	1,59	163,2	2,40	17,03	0,183	2042	2874
50x110 cm	80	46,6	38,9	15,5	3,8	1,8	1,4	11,5	10,9	17,8	23,4	1,41	1,61	404,0	6,51	23,04	0,354	1310	3645
Gelsdorf 1961	40	42,5	39,6	4,3	2,8	2,3	1,5	4,2	6,0	31,6	29,1	1,5	1,6	12,5	21,7	1,9	0,8	2847	2197
---	60	44,0	41,1	4,7	3,2	2,4	1,2	8,3	6,2	28,6	32,1	1,5	1,6	5,9	2,4	0,4	0,2	1814	2858
ohne Dränung	80	39,8	38,9	5,7	1,7	2,0	0,9	2,2	7,5	30,0	29,3	1,6	1,6	2,6	2,6	0,6	k.A.	3003	4095

Gerät: einarmiges Anhängegerät; starr, max Arbeitstiefe 65 cm; Schargröße 120x300 mm
 Boden: Staukörper in 30-50 cm; Kaolinit-Tone ca 30 %; Schluffanteil ca. 60%

* Gesamt-Poren-Volumen/ ** Trockengewicht/ *** Wasserdurchlässigkeit/ **** Luftdurchlässigkeit/ ***** Eindringwiderstand

darüber, daß fachgerecht durchgeführte Bodenauflockerungen bei angemessener Folgebewirtschaftung erhalten bleiben. Anderslautende Ergebnisse wurden immer dann festgestellt, wenn entweder die Tieflockerungen nicht fachgerecht erfolgten oder die Nachbewirtschaftung und die Untersuchungsmittel unangemessen waren (6, 10).

Neuverdichtungen traten vornehmlich aber dann auf und zwar nur im oberen Unterboden, wenn der Boden einem starken mechanischen Druck durch Arbeits- und Erntemaschinen ausgesetzt war. Aber auch bei den ständig befahrenen Ackerböden bleibt die Meliorationswirkung lange Zeit erhalten (6).

Aus diesen Untersuchungsergebnissen und aus Nachprüfungen, die in den langlebigen Kulturen des Wein-, Obst- und Hopfenbaus angestellt wurden, wird geschlossen, daß die tiefe Auflockerung in den Waldböden eine dauerhafte Meliorationswirkung hinterläßt. Das gilt erfahrungsgemäß für alle Böden. Ein Zerfließen des neugebildeten Bodengefüges mit einer möglichen Rückverdichtung bis über den ursprünglichen Zustand hinaus, so wie es die Skeptiker zu erklären versuchen, hat es nach einer fachgerecht durchgeführten Melioration noch nicht gegeben und ist deshalb für die Autoren kein Thema.

b) Wasserhaushalt

Dank der Vergrößerung des überkapillaren Porenvolumens wird das Wasseraufnahmevermögen (Infiltration) durch die mechanische Tieflockering beträchtlich erhöht (Tab. 1).

Während bei allgemein verdichteten Ackerböden in den meisten Fällen eine Bedarfs-Rohrdränung zur Abführung der vor allem im Frühjahr auftretenden Wassersammlungen notwendig ist, kann auf diese zusätzliche Maßnahme im Waldbau im allgemeinen verzichtet werden. In extremen Fällen wird jedoch eine grobmaschige Entwässerung in Form offener Gräben angeraten. (10)

c) Wurzelwachstum

Während der langen Untersuchungszeit hat sich immer wieder bestätigt, daß die Intensität der Durchwurzelung von zwei Faktoren abhängt: Einmal vom Umfang des zu überwindenden Bodenwiderstandes (Abb. 1a u. 1b) und zum anderen von Art und Lage der Nährstoffe (Abb. 2). Im Interesse einer schnellen und tiefen Wurzelbildung, d.h. einer hohen Anwuchsrates und Verbesserung der Standfestigkeit gilt es deshalb, den Unterboden intensiv aufzulockern und Teile der nährstoffhaltigen Humusauf-lage tiefer einzuarbeiten. (10)



Abb. 1a: Typisches Wurzelwachstum in einem Boden mit hohem Durchwurzelungswiderstand (siehe auch Abb. 1b)

Die Pflanzenwurzeln selbst vermögen den tieferen Boden nicht aufzulockern. Es gibt zwar Pflanzen mit leistungsfähigerem Wurzelwerk, doch auch diese sind nicht in der Lage, die dichten Gefügeaggregate in ein Lockergefüge umzuwandeln. Auch Untersuchungen auf Neuland im Rheinbraun-gebiet haben gezeigt, daß Waldböden zwar im durchwurzelten Raum höhere Porenvolumina besitzen als Ackerböden, daß die Bäume aber in verdichtete Unterböden nicht ein-wachsen. (5)

2. Die Verbesserung von Bodenreaktion und Nährstoffzustand

Für die Waldböden typisch ist der sehr niedrige pH-Wert der Humusauf-lagen und dessen allmählicher Anstieg zur Tiefe hin. (12)

In diesem Beitrag kann nicht näher auf die vielfältigen Nachteile niedriger pH-Werte eingegangen werden. Es sei hier nur auf die Gefahr der Schwermetallabwanderung und Kontaminierung des Trinkwassers sowie die Schädigung der

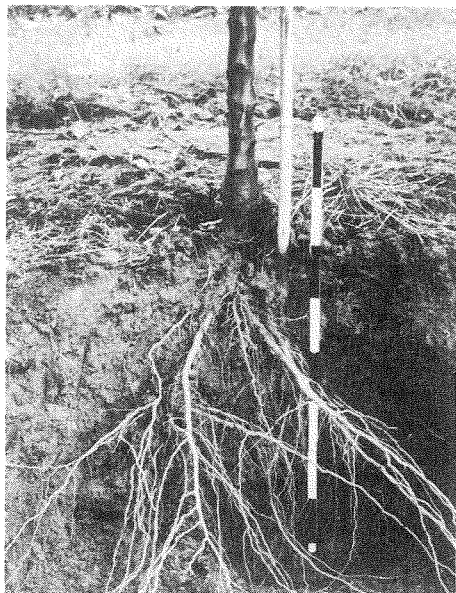


Abb. 1b: Typisches Wurzelwachstum in dem gleichen Boden (vgl. Abb. 1a) nach Räumung, Tieflockerung und Neuanpflanzung

primären und sekundären Minerale hingewiesen. Allein schon deshalb sollte die Kalkung ein wichtiger Bestandteil der totalen Waldbodensanierung sein und zwar in einer sehr viel wirkungsvolleren Weise als es zur Zeit mit der Kompensationskalkung geschieht.

Neben der tiefen Einbringung und guten Vermischung von Kalk sieht die totale Sanierung auch die Berücksichtigung der wichtigsten Nährstoffe wie Magnesium, Phosphor und Kali vor (Magnesiumkalk, Kalimagnesia, Thomasphosphat u.a.).

Die Technik der totalen Waldbodensanierung

1. Tieflockerung und Tiefdüngung. (11)

Für die Waldbodensanierung wurde die neue Tieflockers- und Tiefdüngungstechnik der Abbruchlockerung geschaffen. Sie entspricht den o.a. Meliorationszielen in idealer Weise, indem sie total auflockert, Kalk und Nährstoffe in den Unterboden einbringt und deren Verteilung bewirkt (Abb. 3).

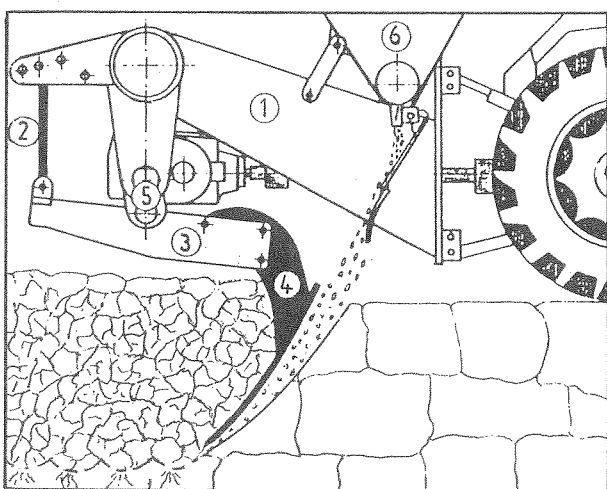


Abb. 3: Die Technik der Abbruchlockerung mit Tiefdüngung

Die an einem Rahmen (1) mit verstellbaren Hebeln (2) angehängten vier Arbeitsarme (3) versetzen die Arbeitswerkzeuge in ellipsenförmige Bewegungen. Für schwierige Böden ist der Einbau von zusätzlichen Sicherungen an (2) vorgesehen. Eine aufgebaute Düngungsanlage (6) ermöglicht die problemlose Einbringung und Verteilung von Düngestoffen oder Saatgut.

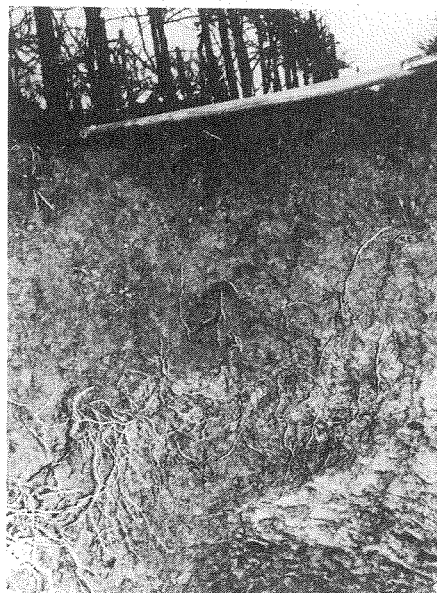


Abb. 2: Das Wurzelwachstum nach einer Tieflockerung und Tiefdüngung in einem Weinberg

Die Technik der Abbruchlockerung und Tiefdüngung ist das Ergebnis einer mehr als 3 Jahrzehnte andauernden und von der Landes-Lehr- und Versuchsanstalt in Ahrweiler nach den bodenkundlichen Erfordernissen gelenkten Entwicklungsarbeit. Die einstechende/abbrechende Arbeitsweise der Lockerungswerkzeuge ist den jeweiligen Bodenverhältnissen anpaßbar und gewährleistet somit, auch unter ungünstigen Bodenbedingungen, eine gute Auflockerung. Sie ermöglicht zudem einen wurzelschonenden Einsatz im Altholz, verstopft selbst bei Reisigaufgabe und stärkerem Krautwuchs nicht und lockert nicht nur furchenweise, sondern total. Die normale Arbeitstiefe beträgt 70 cm, mit Spezialwerkzeugen wird eine Tiefe von 100 cm erreicht. Mit kurzen Arbeitswerkzeugen kann das Gerät zur Förderung der Naturverjüngung bei gleichzeitiger Einbringung von Saatgut eingesetzt werden. Die zapfwellenangetriebenen Arbeitswerkzeuge üben eine Schubwirkung auf den Schlepper aus und ermöglichen damit Arbeiten an Hängen bis zu 40%.

Der Einsatz, der in zwei Größen hergestellten Abbruchlockerungsgeräte (Tab. 2) verlangt jedoch den Direktzug der zu bearbeitenden Flächen, so daß von daher nur ein Teil der meliorationsbedürftigen Böden für die totale Sanierung in Frage kommt. Bei nur teilweiser Räumung der von der Lage her befahrbaren Flächen, ist die tiefe Auflockerung und Düngung wegen der verbleibenden Stubben naheliegenderweise auch nur teilweise möglich. An Steinvorkommen scheidet die Abbruchlockerung dank wirksamer Sicherungen nicht. Bei steinigem Boden ist allerdings der Einsatz der langsamen Zapfwellen-U/min. notwendig (Abb. 4).

Tab. 2: Technische Daten der Abbruchlockerungsgeräte

	Typ MM 100	Typ MM 50
Arbeitstiefe:	0,70 - 1 m	0,60 m
Arbeitsbreite:	2,40 - 3 m	1,05 - 1,30 m
Oberbodenbearbeitung:	- 0,50 m	-
Arbeitsgeschwindigkeit:	0,5 - 1,5 km/h	0,5 - 1,0 km/ha
Oberbodenbearbeitung:	- 6 km/h	-
Gewicht:	1.800 kg Anbaugerät	880 kg
	2.100 kg Anhängegerät	
Gesamtbreite:	2,90 m	1,50 m

Die Waldfräse der Fa. Krohn

Vor keinem Bodenbearbeitungsgerät wird zur Zeit von amtlicher Seite mehr gewarnt als vor der Krohnfräse. Die Hinweise auf mutmaßliche Bodenschäden gehen soweit, daß die bereits auf 9 Maschinen angewachsene Zahl entweder nur noch in Privatwäldern oder von Industrieunternehmen eingesetzt werden.

Die Meinungen sind jedoch sehr gegensätzlich. Im Interesse des Waldbaus und angesichts des großen Nachholbedarfes auf dem Gebiete der wirksamen Waldbodensanierung ist es

im Interesse einer erfolgreichen Walderneuerung an der Zeit, ohne Berücksichtigung jedweder anderer Auseinandersetzungen zwischen der Fa. Krohn und den Forstverwaltungen Klarheit über den tatsächlichen Wert der Maschine zu schaffen. Den Fachzeitschriften gebührt Dank für die Gelegenheit dazu.

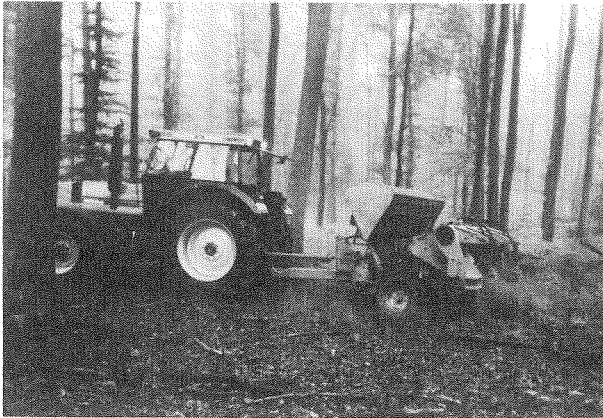


Abb. 4: Das MM 100-Abbruchlockerungsgerät bei der Tieflocke- rung und Tiefdüngung im Altholz

Nach Überzeugung der Autoren und bisherigen Benutzer der Waldfräse gibt es zur Zeit kein besseres Gerät, das im Zusammenwirken mit der Abbruchlockerung die gesetzten Meliorationsziele einer totalen Waldbodensanierung besser realisiert als die Krohnfräse:

- das gesamte Biomaterial, wie Schlagabraum einschl. der Baumstümpfe, Gebüsch oder Gehölz bis ca. 30 Jahre und die Konkurrenzflora wird zerkleinert und als wertvolles Material für die Humusbildung gleichmäßig bis in 30 cm eingearbeitet
- es gelingt, die pH-Werte kurzfristig anzuheben, und u.a. die Bildung wertvoller Humusformen durch ein gleichmäßiges Einmischen von Kalk und anderen Nährstoffen zu ermöglichen und das Bodenleben zu aktivieren
- das Wurzelwachstum wird durch ein bis zu 30cm tiefes intensives Einmischen der Humusaufgabe (Nährstoffe) in die Tiefe verlagert und

d) das Fräsen erleichtert alle weiteren Meliorationsarbeiten wie

Oberflächendüngung/Kalkung
Tiefdüngung/Kalkung, Tieflocke- rung

und es ebnet den späteren Meliorationsvorhaben, die zur Sicherung eines gesunden Wachstums bis zur Holzreife not- wendig werden sollten, den Weg.

Nennenswerte Schäden sind aus folgenden Gründen nicht zu erwarten:

Bodenpressungen:

Bodenverdichtungen sind bei fachgerechtem Ablauf des Ahrweiler Verfahrens ausgeschlossen, weil mit dem abschließenden Arbeitsgang der Tieflocke- rung und Tiefdü- ngung grundsätzlich alle bereits vorhanden gewesen oder durch das Fräsen entstandenen Bodenverdichtungen mit dem abschließenden Arbeitsgang der Tieflocke- rung und Tiefdüngung bis zu einer Tiefe von mindestens 80 cm beseitigt werden.

In diesem Zusammenhang muß jedoch vor einem falschen Einsatz der Fräse gewarnt werden. Der Meliorationseffekt könnte erheblich gemindert werden, wenn das organische Material bei hoher Bodenfeuchte und dichten Böden in den Bereich der Staunässewirkung eingefräst und die abschlie- ßende tiefe Auflockerung nicht durchgeführt wird.

Inwieweit die Fräse trotz der breiten Moorketten Bodenver- dichtungen hinterläßt, richtet sich nach dem Umfang des Porenvolumens und der Bodenfeuchte. Während ein zur Tiefe lockerer aber trockenerer Boden keinen Schaden nimmt und die Rückverdichtungen in den Fahrspuren des gefrästen Bodens wegen des hohen organischen Anteils und der Oberflächennähe nicht von Dauer sind, kann das Über- fahren sehr lockerer und feuchter Böden andererseits zu Bodenverdichtungen führen. Aber welche im Wald einge- setzte andere Arbeitsmaschine tut das nicht auch und viel- fach in weit größerem Umfang? Dieser mögliche Nachteil aber wäre nicht der Fräse anzulasten, sondern dem, der sie nicht fachgerecht einsetzt.

Zu erwähnen sei noch die verdichtete Sohle, die die Fräs- walze mit ihrem Gewicht hervorrufen soll. Zu dieser Sohle kann es nicht kommen, weil das Gewicht der Fräs- walze hydraulisch gehalten wird und die Umdrehung der Walze entgegengesetzt der Fahrtrichtung erfolgt. Der Boden dient also nicht als „Amboß“, wie es bei den üblichen Fräsen der Fall ist.

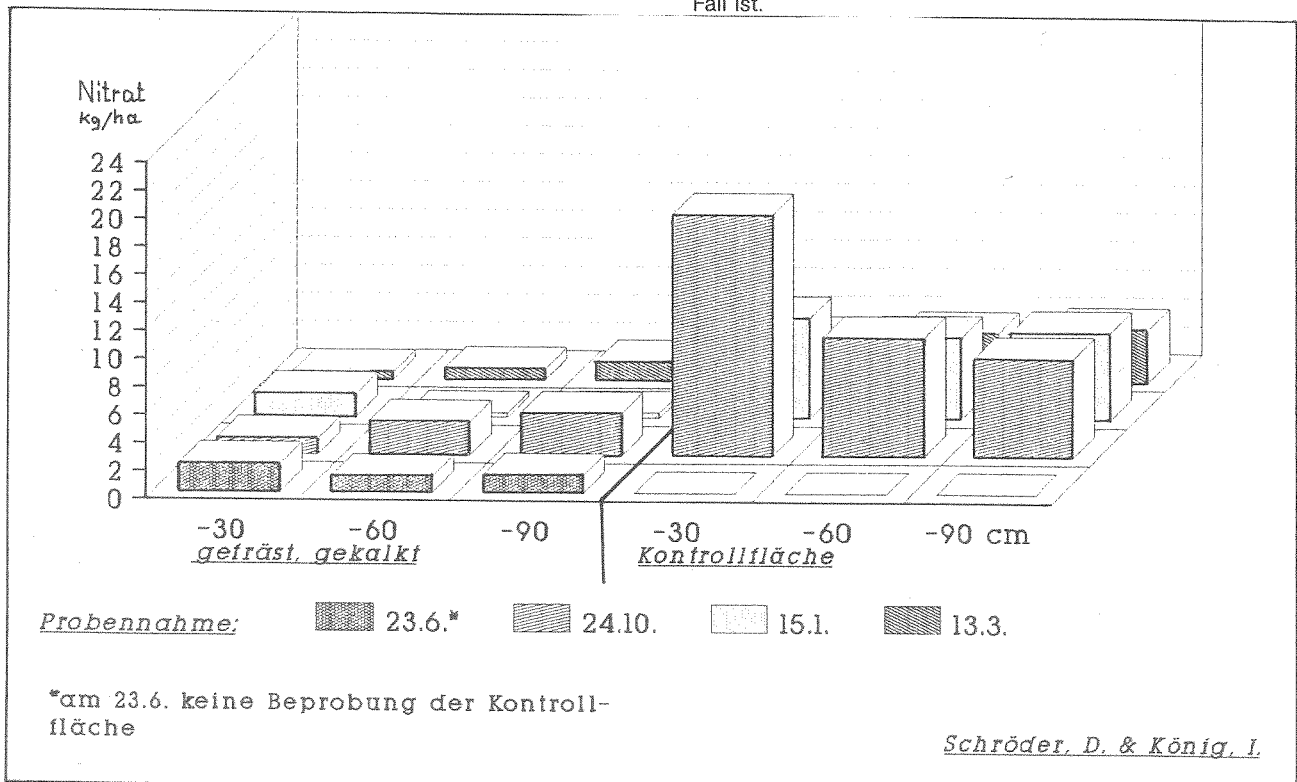


Abb. 5: Verlauf der Nitratgehalte von Juni bis März '92 in einer gefrästen und gekalkten sowie in einer unbehandelten Vergleichsfläche eines Waldbodens: (saure Braunerde aus Schiefer/Hunsrück)

Nitratbildung

Die Einmischung des organischen Materials, die starke Sauerstoffzufuhr und das Kalken würde zu einer verstärkten Nitratbildung und somit zu der Gefahr der Nitratwanderung führen, wurde zunächst vermutet. Neuere Untersuchungen aber zeigen, daß das Vorhandensein des zerkleinerten Holzes und die Aktivierung der biologischen Vorgänge ganz im Gegenteil eine Immobilisierung, also den Einbau der Nitrate in die organische Substanz, hervorrufen. (1, 2, 4)

So wurde festgestellt, daß die Nitratgehalte sowohl in den gekalkten wie in den ungekalkten gefrästen Parzellen eher niedriger sind als in den ungefrästen. Insgesamt ist der Nitratspiegel in den untersuchten Flächen minimal, so daß hier von einem Nitratproblem keine Rede sein kann (4) (Abb. 5). Sollte dennoch auf anderen Standorten der gefürchtete Nitratstoß eintreten, so wäre er durch den Anbau von Gründüngungspflanzen abzufangen. Diese Maßnahme würde sogar mit der Wurzelanreicherung eine weitere wertvolle Bodenverbesserung bedeuten und sollte deshalb in jedem Fall angestrebt werden.

Zusammenfassung und Schluß

Ein Großteil der Waldböden ist erschöpft, so daß Bestandesbegründungen ohne Sanierungsmaßnahmen in diesen Fällen sinnlos erscheinen. Die z.Zt. getroffenen Maßnahmen sind nicht geeignet, grundlegende Verbesserungen herbeizuführen.

Eine totale Waldbodensanierung kann mit dem Ahrweiler-Verfahren erzielt werden und zwar so, daß auch etwaige, später notwendig werdende Bodenmeliorationen noch möglich sind. Damit ist die Sicherheit für ein nachhaltig ungestörtes Wachstum bis zur Holzreife gegeben.

Die Durchführung des Verfahrens bedingt jedoch die Befahrbarkeit der Fläche, die in vielen Fällen eine Räumung notwendig macht. Wegen der Nachteile, die die Wegnahme des wertvollen Biomaterials für den Boden bedeutet, wurde die Kronfräse in den Ablauf der Totalmelioration integriert. Die Fräse besitzt neben der Wegbereitung durch Zerkleinern und gleichmäßiges Einbringen des Biomaterials weitere für den Meliorationserfolg wichtige Auswirkungen.

Ungeachtet des so dringenden Meliorationsbedarfs ist ein Großteil der für den Wald Verantwortlichen gegen eine Umgestaltung der Waldböden und unterstellen speziell der Kronfräse schädliche Auswirkungen. Neuere Untersuchungen zeigen, daß diese Vermutungen nicht zutreffen oder teilweise zumindest sehr zweifelhaft sind.

Es ist an der Zeit, dem Waldboden den Nimbus der Unberührbarkeit zu nehmen und zu der Erkenntnis zu kommen, daß grundlegende Standortsanierungen in immer größerem Umfang notwendig werden. Wiederbegründungen oder Neubegründungen von ehemaligem Ackerland sollten nur noch nach einer Schadenanalyse und der Durchführung ent-

sprechender meliorativer Maßnahmen in Angriff genommen werden, so wie es auch im Landbau vor der Anpflanzung langlebiger Gewächse üblich ist.

Möge man den bisherigen Erkenntnissen Vertrauen schenken und diese für einen erfolgreichen Wiederaufbau der Wälder nutzen!

Literatur

1. Benecke, P., 1991: AFZ 10, 542-545
Gedanken zur Waldbodenrestaurierung mit Bodenbearbeitung
2. Benecke, P., Chr. Ebert, M. Mörbach, 1991: AFZ 10, 542-545
Bestandesbegründung mit Bodenbearbeitung, Kalkung und Hilfspflanzenanbau
3. Franz, G. 1975: Ldw. Forschung 29, 77-87
Der Einfluß der Tieflockerung von Pseudogleyen auf die Bodenorganismen und die Beständigkeit dieser Maßnahme
4. König, J. 1992: in Bearbeitung, Universität Trier, Abt. Bodenkunde
Verlauf der Nitratgehalte in gefrästen und ungefrästen Waldböden
5. Müller, R., R. Schneider, D. Schröder, 1988: Mittlg. D. Bodenkdl. Gesellschaft, 56, 387-392
Physikalische, chemische und biologische Eigenschaften trocken rekultivierter Lößböden unter Wald-, Grünland- u. Ackeranbau
6. Schneider, R., D. Schröder, 1987: Mittlg. D. Bodenkdl. Gesellschaft, 53, 263-268
Auswirkungen von Meliorationsmaßnahmen in Flurbereinigerungsverfahren auf verschiedene Standorteigenschaften
7. Schröder D., H. Schulte-Karring, 1984: Z. f. Pflanzenz. u. Bodenkunde. 147, 540-552
Nachweis 20-jähriger Wirksamkeit von Tieflockerungsmaßnahmen in lößbeeinflußten Graulehm-Pseudogleyen
8. Schröder, D., H. Schulte-Karring, 1982: Z. f. Kulturtechnik u. Flurber. 28, 347-355
Ergebnisse von Tieflockerungen auf tonreichen Böden
9. Schulte-Karring, H., D. Schröder, 1986: Z. f. Kulturtechnik u. Flurber. 27, 278-290
Die Beseitigung von Bodenverdichtungen in der Bundesrepublik Deutschland
10. Schulte-Karring, H., 1970: Buch 170 S.
Die meliorative Bodenbewirtschaftung - Anleitung zur fachgerechten und nachhaltigen Verbesserung von Staunässeböden
11. Schulte-Karring, H., 1987: Broschüre 60 S.
150 Jahre Technik der Tieflockerung
12. Ulrich, Bl., 1986: Forstwirtschaft Cbl. Nr. 105, 421-435
Die Rolle der Bodenversauerung beim Waldsterben - Langfristige Konsequenzen und forstliche Möglichkeiten.

Anschrift der Autoren:

H. Schulte-Karring
Landes- Lehr- und Versuchsanstalt
5483 Bad Neuenahr-Ahrweiler

D. Schröder
Universität Trier
FB VI Bodenkunde
5500 Trier

Auswirkungen einer intensiven Bodenbearbeitung mittels einer neuartigen Stockfräse auf den Nährelementhaushalt eines Waldstandortes

Gebhard Schüler

1. Fragestellung

Auf Kahlfeldern verbleiben nach der Aufarbeitung von nutzbarem Holz oft große Mengen an Schlagabraum und auch Wurzelstöcke. Um die Pflanzarbeit zu erleichtern und um insbesondere eine maschinelle Pflanzung zu ermöglichen, wurde eine neuartige Stockfräse entwickelt (1). Bei der Bodenbearbeitung mit dieser Maschine werden das gesamte aufliegende Reisig und vorhandene Wurzelstöcke stark zerkleinert und intensiv mit der Humusaufgabe und dem mineralischen Oberboden vermischt. Nach ULRICH und WACHTER (7) werden durch solche Maßnahmen biologisch und chemisch bedingte Umsetzungen angeregt. Dies führt zur Mineralisierung von organisch gebundenen Elementen. Sofern mobilisierte Nährelemente weder durch Vegetation noch durch Bodenlebewesen gespeichert werden können, kommt es zu entsprechenden Verlusten. In orientierenden Untersu-

chungen wurden daher Veränderungen im Nährelementhaushalt eines Standortes nach der geschil- derten Fräsarbeit geprüft.

2. Material und Methoden

2.1 Standort

Die Untersuchungsfläche befindet sich im mittleren Pfälzerwald im rheinland-pfälzischen Forstamt Johannis- kreuz. Der Boden ist eine frische, tiefgründige Braunerde aus Sanden der Verwitterung des Haupt- buntsandsteins.

Die Winter- und Frühjahrsstürme 1990 haben den ursprünglichen Mischwaldbestand aus Buche, Eiche, Kiefer und Fichte vollständig zerstört.

Eine Teilfläche wurde noch im Jahre 1990 im Anschluß an das Schädereignis mit der neu entwickelten Stock- fräse intensiv bearbeitet und sofort mit Eiche

bepflanzt. Auf einer zweiten Teilfläche wurde der Schlagabraum ein Jahr später mit einem Mulchgerät zerkleinert, ohne daß es dabei jedoch zu einer Durchmischung von organischer Substanz mit dem mineralischen Oberboden gekommen wäre. Auch diese Fläche wurde danach mit Eichen bepflanzt.

2.2 Methoden

Um den Nährelementhaushalt überschlägig kalkulieren zu können, wurden im Sommer 1991 aus je einem Bodeneinschlag in jeder der beiden Teilflächen Bodenproben zur Ermittlung der Feinbodenmenge und der pflanzenverfügbaren Nährelementgehalte entnommen (Methodenbeschreibung in: BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 1990: Arbeitsanleitung zur „Bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald“).

3. Ergebnisse

Beide Teilflächen sind hinsichtlich der Gesamtfeinbodenmenge miteinander vergleichbar (Tab. 1). Die Bodenhorizonte unterscheiden sich einerseits durch die Bearbeitungsmaßnahmen, andererseits auch durch unterschiedliche Skelettgehalte am jeweiligen Bodeneinschlag.

Tab. 1: Standortkundliche Parameter zur Kalkulation der Feinbodenmenge

Mulchfläche				
Horizont	Horizontstärke (cm)	Skelettgehalt (%)	Trockenraumdichte (g/ccm)	Feinbodenmenge (to/ha)
Humus	3,5		0,42 ± 0,19	147
A _h	5,0	5	0,83 ± 0,08	394,25
B _{v1}	23,0	5	1,18 ± 0,06	2578,30
B _{v2}	37,0	15	1,26 ± 0,10	3962,70
B _v C _v	14,0	25	1,38 ± 0,15	1449,00
Gesamt	79,0			8531,25

Fräsfläche				
Horizont	Horizontstärke (cm)	Skelettgehalt (%)	Trockenraumdichte (g/ccm)	Feinbodenmenge (to/ha)
A/B _p	13,0	2	1,15 ± 0,11	1465,10
B _v	41,0	5	1,22 ± 0,05	4751,90
B _v C _v	29,0	40	1,31 ± 0,09	2279,40
Gesamt	83,0			8496,40

Die ermittelten pH-Werte der Bodenproben zeigen, daß die Säurestärken im Fräshorizont deutlich geringer sind als im unbearbeiteten Oberboden (Tab. 2).

Tab. 2: pH-Werte in Humus und Boden der Mulchfläche im Vergleich zur Fräsfläche

Mulchfläche			Fräsfläche		
Horizont	pH (CaCl ₂)	pH (H ₂ O)	Horizont	pH (CaCl ₂)	pH (H ₂ O)
Humus	3,43	4,14			
A _h	3,23	3,86	A/B _p	4,21	4,77
B _{v1}	4,35	4,64			
B _{v2}	4,54	4,66	B _v	4,38	4,69
B _v C _v	4,37	4,64	B _v C _v	4,36	4,68
C _v	4,26	4,66	C _v	4,32	4,73

Das jeweilige C/N-Verhältnis ist im Fräshorizont gegenüber dem oberen unbearbeiteten Mineralbodenhorizont kaum verändert. Es verengt sich jedoch in den tieferen Bodenbereichen der intensiv bearbeiteten Fläche. Das C/P-Verhältnis ist im gefrästen Boden-Humus-Gemisch enger, in den darunter liegenden

Bodenschichten deutlich weiter als auf der unbearbeiteten Fläche. Erst im unverwitterten Mineralboden gleichen sich diese Werte wieder an (Tab. 3).

Tab. 3: Gesamtgehalte an Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor, sowie C/N- und C/P-Verhältnisse auf der Mulchfläche im Vergleich zur Fräsfläche

Mulchfläche					
Horizont	Ct (mg/g)	Nt (mg/g)	Pt (mg/g)	C/N	C/P
Humus	112,455	6,076	0,318	18,51	353,63
A _h	57,010	3,074	0,220	18,54	259,14
B _{v1}	11,227	0,705	0,084	15,92	133,65
B _{v2}	2,845	0,137	0,077	20,76	36,95
B _v C _v	1,388	0,056	0,078	24,79	17,80
C _v	0,935	0,038	0,067	24,60	13,96

Fräsfläche					
Horizont	Ct (mg/g)	Nt (mg/g)	Pt (mg/g)	C/N	C/P
A/B _p	20,289	1,046	0,149	19,40	136,17
B _v	6,337	0,367	0,090	17,27	70,41
B _v C _v	1,973	0,234	0,066	8,43	29,89
C _v	0,725	0,145	0,054	5,00	13,43

Um verfolgen zu können, ob sich diese Verhältnisse auf die Verlagerung von Kohlenstoff und Stickstoff in tiefere Bodenschichten zurückführen lassen, wurde in Abhängigkeit der jeweiligen Feinbodenmenge ein Tiefengradient für das jeweilige Element berechnet. Hierbei zeigt sich, daß sowohl Kohlenstoff als auch Stickstoff aus dem oberen gefrästen Boden in die Tiefe verlagert wurden (Tab. 4).

Tab. 4: Tiefengradient der Kohlenstoff- und Stickstoffverteilung in Abhängigkeit von Horizont und Feinbodenmenge

Mulchfläche					
Horizont	Feinboden (to/ha)	C-Verteilung (%)	Tiefengradient C*	N-Verteilung (%)	Tiefengradient N*
Humus	147,00	20	0,136	20	0,136
A _h	394,25	28	0,071	26	0,066
B _{v1}	2578,30	36	0,014	40	0,016
B _{v2}	3962,70	14	0,004	12	0,003
B _v C _v	1449,00	2	0,001	2	0,001

Fräsfläche					
Horizont	Feinboden (to/ha)	C-Verteilung (%)	Tiefengradient C*	N-Verteilung (%)	Tiefengradient N*
A/B _p	1465,10	46	0,031	40	0,027
B _v	4751,90	47	0,010	46	0,010
B _v C _v	2279,40	7	0,003	14	0,006

* der Tiefengradient errechnet sich aus dem Verhältnis des horizontbezogenen C-, bzw. N-Anteils am Gesamt-C- bzw. N-Vorrat zur jeweiligen Feinbodenmenge

Aus der Kalkulation der Gesamtelementvorräte ergeben sich erhebliche Verluste an Kohlenstoff und Stickstoff. Es verringern sich auch die austauschbaren und wasserlöslichen Calcium- und Magnesiumvorräte auf der Fräsfläche zugunsten der Elemente Aluminium und Mangan (Tab. 5).

Diese Entwicklung schlägt sich auch in der unterschiedlichen Basensättigung der beiden Teilflächen nieder. Die noch relativ gute Basenversorgung im unbearbeiteten Oberboden weicht einer deutlich erhöhten Aluminium-Belegung des Austauschers im Fräshorizont bei gleichzeitigem Rückgang von Eisen- und Wasserstoffionen. Parallel zur Veränderung der Kationenanteile verringert sich die auf diesen Stand-

orten ohnehin geringe Austauschkapazität im gefrästeten Oberboden. Über das gesamte Bodenprofil

erhöht sich jedoch die Zahl der Austauscherplätze auf der Fräsfläche (Tab. 6).

Tab. 5: Gesamtgehalte, sowie austauschbare und wasserlösliche Elementvorräte auf der Mulchfläche und der Fräsfläche (kg/ha)

Mulchfläche											
	C	N	P	K	Na	Mg	Ca	Al	Fe	Mn	H
Humus	16.530	893,2	46,7	48,2	4,9	45,7	175,1	299,3	292,7	29,4	0
A _h	22.476	1211,9	86,7	20,2	2,0	25,3	83,0	107,1	26,2	9,6	5,7
B _{v1}	28.947	1817,7	216,6	36,7	10,2	7,6	24,2	320,3	1,4	5,0	0
B _{v2}	11.274	542,9	309,1	15,2	15,7	5,8	36,5	191,4	1,5	1,1	0
B _v C _v	2.011	81,1	113,0	5,6	5,4	2,5	10,1	56,9	0,5	0,4	0
Austauschbar				77,7	33,3	41,2	153,8	675,7	29,6	16,1	5,7
Gesamt	81.238	4546,8	772,1	125,9	38,2	86,9	328,9	975,0	322,3	45,5	5,7

Fräsfläche											
	C	N	P	K	Na	Mg	Ca	Al	Fe	Mn	H
A/B _p	29.725	1532,5	218,3	53,0	7,2	10,5	46,9	340,9	0,5	44,4	0
B _v	30.113	1743,9	427,7	42,0	32,2	9,3	47,5	692,7	1,8	23,8	0
B _v C _v	4.497	533,4	150,4	10,5	9,0	2,5	15,5	195,3	0,8	0,6	0
Gesamt	64.335	3809,8	796,4	105,5	39,4	22,3	109,9	1228,9	3,1	68,8	0

Tab. 6: Kationensättigung des Bodens der Mulchfläche im Vergleich zur Fräsfläche (% Ak_e), sowie Austauschkapazitäten

Mulchfläche												
	K	Na	Mg	Ca	Basensättigung	Al	Fe	Mn	H	Kationsäurebelegung	Ak _e (μ moleq/g)	Ak _e (moleq/ha)
A _h	2,00	0,34	7,91	15,84	26,09	45,34	5,40	1,32	21,85	73,91	66,46	26202
B _{v1}	2,42	1,10	1,60	3,13	8,25	91,09	0,22	0,44	0,00	91,75	15,14	39035
B _{v2}	1,65	2,69	1,99	7,40	13,73	85,74	0,32	0,21	0,00	86,27	6,25	24767
B _v C _v	2,03	3,10	2,76	6,74	14,63	84,72	0,39	0,26	0,00	85,37	5,15	7462
C _v	1,71	2,80	2,52	5,25	12,28	87,17	0,33	0,22	0,00	87,72	6,14	

Fräsfläche												
	K	Na	Mg	Ca	Basensättigung	Al	Fe	Mn	H	Kationsäurebelegung	Ak _e (μ moleq/g)	Ak _e (moleq/ha)
A/B _p	3,09	0,69	1,93	5,28	10,99	85,36	0,06	3,59	0,00	89,01	30,26	44334
B _v	1,32	1,20	0,91	2,84	6,27	92,58	0,12	1,03	0,00	93,73	17,48	83063
B _v C _v	1,16	1,69	0,85	3,32	7,02	92,66	0,19	0,13	0,00	92,98	10,26	23387
C _v	1,44	2,23	1,35	5,16	10,18	89,35	0,28	0,19	0,00	89,82	7,20	

4. Diskussion

Der gefräste Horizont ist auf den untersuchten Flächen weniger als 15 cm stark. Die gewünschte Einarbeitung von organischem Material bis in 30, bzw. 40 cm Tiefe (2) wurde hier nicht erreicht. Eine Waldbodenrekultivierung, welche an der Bearbeitungstiefe und am potentiellen Wurzelraum gemessen werden kann, ist nicht wie vorgesehen realisiert worden.

Die Reduktion der Säurestärken im bearbeiteten Bodenhorizont ist insbesondere auf den Mischeffekt des sauren Oberbodens mit dem weniger versauerten B_v-Horizont zurückzuführen. Daneben bewirkt auch die Freisetzung von basischen Nährelementen nach der Fräsarbeit eine momentane Abpufferung von Säuren. Dies zeigen die hier vorgefundenen höheren pH-Werte und die Verdrängung der Calcium-, Magnesium-, Eisen- und Wasserstoffionen vom Austauscher. Die freigewordenen Austauscherplätze werden jedoch überwiegend von dem möglicherweise phytotoxischen (6, 4) Aluminium belegt. Der sich bis in den B_vC_v-Horizont verstärkende Tiefengradient von Stickstoff und Kohlenstoff auf der Fräsfläche, sowie die gleichzeitig geringeren Gehalte an basischen Kationen belegen aktuelle Auswaschungsvorgänge, wobei die Kationen Calcium und Magnesium an die sehr mobilen

Nitrationen und Säurereste von organischen Säuren gebunden sein dürften. Parallel dazu wird es im Fräshorizont durch mikrobielle Denitrifikationen zu Verlusten von gasförmigem Stickstoff kommen, wobei gelöster organischer Kohlenstoff als Elektronendonator in Frage kommt (5). Die durch die Fräsarbeit ausgelösten Elementverluste führen zu kritischen (8) Calcium- und Magnesiumsättigungsverhältnissen. Die Durchmischung des humosen Oberbodens mit Mineralboden, welcher arm an organischen Sorptionskomplexen ist, verringert die Austauschkapazitäten im Fräshorizont. Parallel zur Zerstörung organischer Sorptionskomplexe durch die Mobilisierung von Kohlenstoffverbindungen entstehen insbesondere im tieferen Mineralboden neue Sorptionsplätze für austauschbare Elemente. Doch auch diese Sorptionsplätze werden überwiegend von Aluminiumionen besetzt.

Auch wenn die dargestellten Befunde zur Fräsarbeit aufgrund der Probenahme aus nur zwei Bodeneinschlägen nicht repräsentativ sein können, so deuten sie doch auf – zumindest vorerst – für die künftige Pflanzenernährung negative Entwicklungen hin:

1. Starke Nährelementverluste.
2. Verringerung der Basensättigung im Oberboden.
3. Belegung freierwerdender und neu entstehender Austauscherplätze mit Aluminiumionen.

Die Auseinandersetzung mit den Untersuchungsergebnissen führt zwangsläufig zur Frage, ob eine intensive Bodenbearbeitung überhaupt notwendig war. Die noch gute Humusform in dem noch stehenden Ausgangsbestand und die relativ günstige Austauschbelegung im durchwurzelten Mineralboden weisen auf weitgehend intakte Nährstoffkreisläufe. Durch die – in diesem Fall sturmwurfbedingte – Kahllage und das Mulchen hat sich die Humusform in Richtung F-Mull mit entsprechend günstigen chemischen Kennwerten verschoben. Eine zusätzliche Anregung der Zersetzung durch intensivere Bodenbearbeitung war demnach nicht angezeigt.

Um nach einer zwangsweisen Kahllage (geplante Kahlschläge sollten ohnehin möglichst vermieden werden) und nach der Holzernte möglichst viel Biomasse als langfristige Nährstoffquelle auf der Fläche zu belassen, haben EDER und SCHÜLER (3) gefordert, Bodenbearbeitungen auf ein unabdingbares Maß einzuschränken. Scheint eine Bodenbearbeitung unumgänglich, so sind gleichzeitig Stabilisierungsmaßnahmen, wie z. B. Einsatz einer nährstoffspeichernden, zu Forstpflanzen nicht konkurrierenden Schutzpflanzendecke, einzuleiten.

In jedem Fall ist das Einfräsen von organischem Material in den mineralischen Oberboden ein erheblicher Eingriff in das betroffene Ökosystem, dessen langfristige negative und positive Folgen noch intensiv untersucht werden müssen. Insbesondere muß der Frage des Lösungsschemismus und der Stabilität der neu entstandenen Sorptionskomplexe nachgegangen werden. Hieraus können sich u. U. Ansätze für Restabilisierungsmaßnahmen stark versauerter Standorte ergeben, wobei solche Maßnahmen weit über den bloßen Einsatz einer Stockfräse hinausgehen.

5. Zusammenfassung

Der Vergleich einer gefrästen und ungefrästen Teilfläche erhärtet die Indizien, daß auch die Bodenbearbeitung mit einer neuentwickelten Stockfräse

Postanschrift 1 Y 6050 E Gebühr bezahlt
Verlag Fritz Nauth Erben und Philipp Nauth Erben
Bonifaziusplatz 3, 6500 Mainz 1

- zu erheblichen Nährelementverlusten
- zu geringer Basensättigung im Oberboden und
- zu einer höheren Aluminiumbelegung der Sorptionskomplexe des Bodens führt.

Vom unbedachten Einsatz dieser Maschine zur Pflanzbettvorbereitung wird wegen der möglichen negativen Folgen für die Pflanzenernährung abgeraten.

Literatur

1. ABELE, G., HOFMANN, R. und KREUTZ, P., 1991: Die KROHN'sche „Waldboden-Rekultivierungsmaschine“. FTI 43, 21-22
2. ANONYMUS, 1988: Diesen Zäunen hält kein Baumstumpfstand. Der Privatwald, H. 25, 14-15
3. EDER, W. und SCHÜLER, G., 1991: Luftschadstoffe in Waldstandorten, ihre Auswirkungen und Gegenmaßnahmen. Tagungsber. des BWK, Kirchheimbolanden, 24.05.'91, 19-24
4. MATZNER, E., ULRICH, B., MURACH, D. und ROST-SIEBERT, K., 1985: Zur Beteiligung des Bodens am Waldsterben. FoHo, 40, 303-309
5. STREBEL, O., BÖTTCHER, J. und DUYNISVELD, W. H. M., 1984: Einfluß von Standortbedingungen und Bodennutzung auf Nitratauswaschung und Nitratkonzentration des Grundwassers. Landwirtsch. Forschung, 37, Kongreßband, 34-43
6. ULRICH, B., 1982: Gefahren für das Waldökosystem durch Saure Niederschläge. Mitt. d. LÖLF, 9-25
7. ULRICH, B. und WACHTER, H., 1971: Bodenkundliche Gesichtspunkte zur Frage der Bodenbearbeitung im Wald. AFJZ, 142, 257-265
8. ULRICH, B., MEIWES, K. J., KÖNIG, N. und KHANNA, P. K., 1984: Untersuchungsverfahren und Kriterien zur Bewertung der Versauerung und ihrer Folgen in Waldböden. FoHo, 39, 279-286

Anschrift des Autors: Gebhard Schüler,
Forstl. Versuchsanstalt Rh.-Pfalz, 6751 Trippstadt

Oberamtsrat Gustav-Adolf Petersson – 65 Jahre

Am 3. August 1992 feierte Oberamtsrat Gustav-Adolf Petersson, 6290 Weilburg/Lahn, seinen 65. Geburtstag; als engagierter, vielseitig interessierter Forstmann und langjähriges Mitglied des KWF tritt er mit Ablauf dieses Monats in den Ruhestand.

Hierzu gratuliere ich herzlich.

Begonnen hatte der Jubilar seine forstliche Laufbahn im Jahr 1942 in Berlin, seinem Geburtsort. Nur wenige Wochen fehlen ihm an einer Dienstzeit über ein halbes Jahrhundert. Doch nicht allein die Dauer des Berufslebens, sondern die während dieser Zeit erbrachte vielfältige und fachlich stets fundierte Arbeit als Forstbetriebsbeamter und Arbeitslehrer im Revier Odersbach des Hessischen Forstamtes Weilburg, als 1. Funktionsbeamter und Ausbildungsberater am Versuchs- und Lehrbetrieb für Waldarbeit und Forsttechnik beim Hessischen Forstamt Weilburg, als Fachkraft und Gutachter im Entwicklungsdienst in Chile, als Mitglied im örtlichen Personalrat und im Hauptpersonalrat sowie als langjähriger 1. Vorsitzender des BDF, Landesverband Hessen, ist das Bemerkenswerte und führte zu seinem großen Bekanntheitsgrad.

Umfangreich sind vor allem seine Verdienste während der Tätigkeit an der überbetrieblichen Ausbildungsstätte der Hessischen Landesforstverwaltung seit Anfang des Jahres 1985. In dieser Zeit waren bis zu 100 Jugendliche täglich im Lehrbetrieb für Waldarbeit. Für deren Ausbildungsabschluß mußten 8 bis 10 Forstwirtprüfungen pro Jahr durchgeführt werden.

Insbesondere der tägliche Umgang mit den Auszubildenden zum Forstwirt und die im Versuchs- und Lehrbetrieb für Waldarbeit und Forsttechnik bestehenden zahlreichen Anforderungen sehe ich als Ursachen dafür, daß der Jubilar jung geblieben ist und erfreulicherweise ohne die vielfach nach einem erfüllten Berufsleben eingetretenen Alterserscheinungen in den Ruhestand tritt.

Die Mitarbeiter des Forstamtes Weilburg, seine zahlreichen Freunde und das KWF wünschen dem Jubilar und seiner Gattin in Dankbarkeit von Herzen noch viele Jahre Gesundheit und Wohlergehen sowie dem passionierten Jäger Gustav-Adolf Petersson Waidmannsheil.

G. Backhaus