Ber. Naturhist. Ges., 112, Hannover 1968

Wald- und Feldbau im Knyphauser Wald, einer Heide-Aufforstung in Ostfriesland[1])

Von HEINZ ELLENBERG, Göttingen*)

Mit 13 Abbildungen, 8 Tabellen und 1 Vegetationskarte

Inhalt Seite

Vorwort 18

I. Einführung 19

II. Erdgeschichte und Bodenentwicklung 20

III. Klima 30

IV. Forstbegründung und damalige Landschaft 32

V. Entstehung der heutigen Pflanzengesellschaften 34

VI. Die Pflanzengesellschaften und ihre Standorte 37

1. Übersicht 37

2. Moosreiche Nadelforsten und Glockenheide-Gesellschaften 38
   a) Echter Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst 38
   b) Krähenbeer-Dünen-Kiefernforsten 39
   c) Dünen-Bergkiefernforsten 39
   d) Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst 42
   e) Glockenheide-Nadelforsten 42
   f) Übergänge zwischen den Glockenheide-Nadelforsten und den Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forsten 43
   g) Glockenheide-Gesellschaften 44
   h) Ausblasungsflächen mit herrschender Glockenheide 44

3. Weißmoos-Fichtenforsten 47

4. Schildfarn-Fichtenforsten 51

5. Eichenforsten und natürliche Waldgesellschaften 54
   a) Schildfarn-Eichenforsten 56
   b) Benthalm-Weißmoos-Eichenforsten 59

VII. Standörtliche Leistungen der kartierten Pflanzengesellschaften 59

VIII. Ursachen der ungleichen Leistungen der Pflanzengesellschaften 67

IX. Folgerungen für den Waldbau und die Verbesserung der Böden 73
1. Allgemeines 73
2. Schildfarn-Eichen- und -Nadelforsten 74
3. Moosreiche Nadelforsten und Melioration der Heidepodsole 76
4. Weißmoos-Eichen- und -Fichtenforsten 84
5. Glockenheide-Nadelforsten und Glockenheide-Gesellschaften 84
6. Dünen und Ausblasungsflächen 86

X. Zusammenfassung 87

XI. Schrifttum 90

*) Prof. Dr. HEINZ ELLENBERG, Systematisch-Geobotanisches Institut der Universität, 34 Göttingen, Untere Karspüle 2.

[1]) Gekürzte und durchgesehene Form eines 1947 unter Leitung von Prof. Dr. R. TÜXEN in Stolzenau/Weser aufgestellten, bisher nicht veröffentlichten Gutachtens.

Vorwort

Zum 70. Geburtstag überreicht die Naturhistorische Gesellschaft zu Hannover Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. plur. REINHOLD TÜXEN, ihrem langjährigen Vorsitzenden und Ehrenvorsitzenden, etwas Ungewöhnliches, nämlich die gedruckte Kurzfassung eines Gutachtens, das vor 22 Jahren unter seiner Leitung entstand. Sie erfüllt damit einen Wunsch, den Herr Prof. TÜXEN Anfang 1968 beiläufig äußerte, und zwar während einer Besprechung mit dem Auftraggeber dieses Gutachtens, Sr. Durchlaucht dem Fürsten zu Inn- und Knyphausen, und dem Verfasser. Sturmschäden hatten die waldbauliche Behandlung der ostfriesischen Nadelholz-Aufforstungen und überhaupt das Mitwirken von Pflanzensoziologen bei der Beurteilung von Kunstforsten erneut zum Problem werden lassen: „Dies müßte man eigentlich drucken. Viele unserer auch heute noch gültigen Ansichten sind darin erstmals und klar ausgesprochen."

Als ich die fast vergessene Schrift nach zwei Jahrzehnten wieder las, klangen unsere damaligen Diskussionen lebhaft auf. Der erste friedliche Sommer nach Jahren wachsender Sorge und Kriegsunrast vereinte Lehrer und Schüler in der Freude, endlich wieder frei arbeiten und Antworten auf Fragen suchen zu dürfen, die lange hatten beiseite geschoben werden müssen. — Der Zeitabstand erleichterte es mir heute, den Text zu kürzen und an einigen wenigen Stellen so zu überarbeiten, daß ihm wohl kaum noch Veraltetes anhaftet, obwohl nirgends Gedankengänge oder Folgerungen korrigiert wurden.

Ich danke Herrn Prof. HILTERMANN herzlich für seine Bereitschaft, das Manuskript in dieser Form zu drucken. Wir legen die Arbeit dankbar in die Hand eines Mannes, dem die Naturhistorische Gesellschaft, die Stadt Hannover und das Land Niedersachsen sowie ein großer Schüler- und Freundeskreis ungewöhnlich viel verdanken.

H. ELLENBERG

Der rund 700 Hektar große Knyphauser Wald, südlich von Wittmund in Ostfriesland gelegen, wurde im Jahre 1946 pflanzensoziologisch kartiert, um vegetations- und standortskundliche Grundlagen für die weitere Behandlung dieses Nadelholzreviers zu erlangen. Es stellt ein vielseitig auszuwertendes Beispiel für Heideaufforstungen im küstennahen altdiluvialen Flachland Nordwestdeutschlands dar. Man kann die dortigen Pflanzengesellschaften und Böden nur verstehen, wenn man ihre Geschichte kennt. Deshalb wurde auch diese in die Untersuchungen einbezogen.

I. Einführung

Der Knyphauser Wald, ein rund 700 ha großes Revier der Fürstl. zu Inn- und Knyphausenschen Forsten, liegt etwa 7 bis 10 km südlich der Kreisstadt Wittmund nahe dem Nordostrande der Ostfriesischen Geest (Abb. 1). Er wurde in den Jahren 1868 bis 1877 durch Aufforstung von Heiden, Mooren, Dünen und minderwertigem Kulturland begründet und steht noch fast durchweg in der ersten Generation. Nadelhölzer, namentlich Fichten und Waldkiefern, herrschen bei weitem vor. Nur im nordöstlichen Zipfel tragen einige Jagen Stiel- oder Traubeneichen; sonst sind Laubhölzer selten (siehe beiliegende Vegetationskarte).

Wie viele derartige Forsten, bietet also der Knyphauser Wald auf den ersten Blick ein eintöniges Bild. Bei näherem Hinsehen erkennt man jedoch, daß sich die Bestände trotz ähnlicher Behandlung in recht ungleicher Weise entwickelten. Während sie an manchen Stellen bis zu 25 m Höhe emporwuchsen, blieben sie an anderen zwergenhaft und krüppelig. Auch viele Sträucher, Kräuter und Moose fanden hier schlechtere, dort bessere Lebensbedingungen und bildeten durch ihren Konkurrenzkampf ein wechselvolles Mosaik verschiedenartiger Pflanzengesellschaften. Mit deren Hilfe ist es verhältnismäßig leicht möglich, die Unterschiede der Standorte zu erfassen, ihre ungleichen Leistungen auf bestimmte Ursachen zurückzuführen und, wo nötig, Maßnahmen zu ihrer Pflege und Verbesserung vorzuschlagen.

Als Grundlage für diese Beratung habe ich im Frühjahr und Herbst 1946 eine pflanzensoziologische Karte im Maßstab 1:10 000 aufgenommen. Sie sollte dazu dienen, den früheren sehr schematischen Forstbetrieb, der den natürlichen Eigenschaften und Kräften der Standorte nur wenig gerecht wurde, auf das vom Besitzer verfolgte Ziel eines dauernd möglichst leistungsfähigen naturgemäßen Wirtschaftswaldes umzustellen.

Fast alle Pflanzengesellschaften des Knyphauser Waldes haben ihre Entwicklung noch nicht abgeschlossen. Der Forstmann arbeitet hier also keineswegs mit fertigen Gebilden, sondern mit Beständen, die den Namen Wald zum Teil erst noch erwerben müssen und dazu seiner sorglichen Hilfe bedürfen. Er hat es in der Hand, ihr weiteres Werden zu fördern und in erwünschte Bahnen zu lenken oder es zu hemmen und auf verderblichem Wege zu belassen. Will er nicht planlos handeln, so muß er die bisherige Entwicklung und ihre Beweggründe ebenso kennen wie den gegenwärtigen Zustand und die Möglichkeiten, welche ihm die Zukunft bietet. Statt die Pflanzengesellschaften und Böden lediglich in ihrer heutigen Beschaffenheit zu beschreiben, wurde daher versucht, sie aus ihrem Werdegang herzuleiten und diesen ursächlich zu begründen.

Als eine wesentliche Ursache für die auffallend große Produktionskraft mancher Sandböden stellte sich — ebenso wie in den Lütetsburger Revieren bei Norden — die ehemalige landwirtschaftliche Nutzung derselben heraus. Sogar

stark versauerte Heidepodsole in reinen Flugsanden wurden durch einige Jahrhunderte oder auch nur durch einige Jahre Ackerbau in verhältnismäßig fruchtbare Waldböden umgewandelt. An einer großen Zahl von Beispielen ließ sich außerdem erkennen, daß diese vorteilhafte Veränderung der Böden selbst in reinen Nadelholz-Beständen 80, ja 150 Jahre nachwirkt und unter Eichenwäldern wahrscheinlich dauernd erhalten bleibt.

Um die besondere Profilgestaltung alter Kulturböden richtig zu deuten, war es in einigen Fällen erforderlich, siedlungsgeschichtliche Vorgänge in den Kreis der Untersuchungen einzubeziehen. Dadurch ergaben sich Beiträge zur Altersbestimmung der Orterde. Obwohl diese Fragen den engeren Rahmen einer waldbaulichen Beratung zum Teil überschreiten, seien sie hier eingerückt in der Hoffnung, daß sie den ortsfremden Leser allgemein interessieren, den örtlichen Wirtschafter aber noch enger mit dem ihm anvertrauten Stück ostfriesischer Erde verbinden werden.

II. Erdgeschichte und Bodenentwicklung

Soweit der Untergrund des Bodens für den Pflanzenwuchs von Belang ist, wird er sehr wahrscheinlich überall im Knyphauser Wald von Ablagerungen der Saale-Eiszeit gebildet. Nach WILDVANG (1938) bedeckte diese vorletzte Vereisung ganz Ostfriesland mit einer mehr oder weniger mächtigen Grundmoräne, die heute an ihrer Oberfläche meist stark verarmt und sandig ist (Abb. 1).

Das absolute Vorherrschen von Sandböden im Knyphauser Wald hat aber noch eine andere Ursache. Über die Grundmoräne lagerte sich eine durchschnittlich 1—3 m mächtige Decke von feinkörnigen Flugsanden. Wie DEWERS (1932, zusammenfassend 1941) für große Teile des nordwestdeutschen Flachlandes nachwies, entstanden diese Flugsand-Decken gleichzeitig mit dem Löß des niedersächsischen Berglandes und verzahnen sich stellenweise mit den lößähnlichen Flottsanden, z. B. der Oldenburger Geest. Sie wurden also zu einer Zeit abgelagert, als noch keine oder doch nur wenige Pflanzen vorhanden waren, die den Wehsand hätten festhalten und zu Dünen formen können, und überzogen daher weite Flächen mit nahezu ebenen, kuchenförmigen Decken. Man kann diese oft nur dadurch von Moränen unterscheiden, daß sie überhaupt keine Geschiebe enthalten und daß sie ein sehr gleichmäßig feines Korn haben. Viele dieser Flugsand-Decken boten den frühgeschichtlichen und mittelalterlichen Siedlern willkommenes Ackerland, weil sie leicht zu pflügen waren, durch ihren seichten Abfall nach allen Seiten gut entwässert wurden und sich genügend hoch über das Grundwasser erhoben, das den Getreidewurzeln aber meist noch erreichbar blieb.

Erst in jüngerer Zeit wurden aus dem Material der Flugsand-Decken die eigentlichen Dünen aufgeweht, die hier und dort ohne Zusammenhang mit größeren Tälern im Binnenlande vorkommen. Viele entstanden im 17. oder

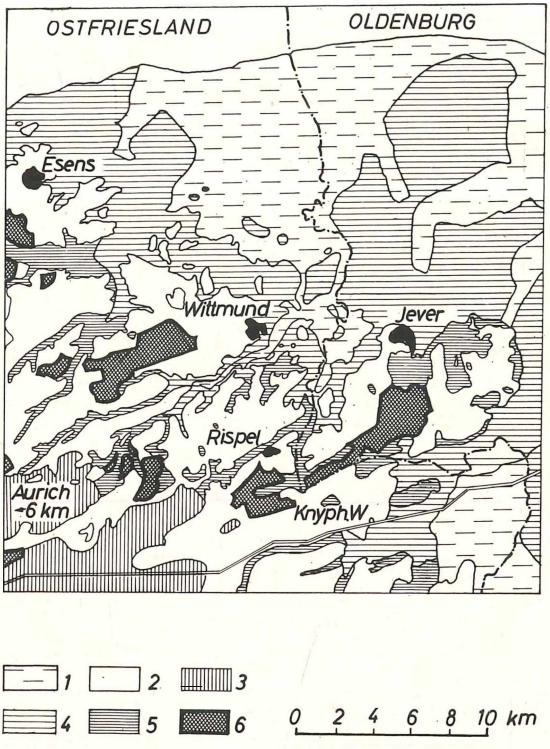


Abb. 1: Geologische Übersicht der Umgebung des Knyphauser Waldes bis zur Wattenmeer-Küste. 1 = junge Marsch, 2 = Geest, 3 = Hochmoor, 4 = alte Marsch, 5 = Flachmoor, 6 = Waldbestände. Nach WILDVANG.

18. Jahrhundert oder im Mittelalter, und zwar dadurch, daß die Heidedecke, die den Boden überzog, auf häufig benutzten Triften von Schafherden zertreten und schließlich auch die harte Orterdeschicht der Heideböden zerstört wurde. Infolgedessen war der lockere, feinkörnige Sand schutzlos den Winden preisgegeben, die das entwaldete Land ungehemmt überstürmten. Auch die lange Dünenzunge, welche die Ebenheit des Knyphauser Waldes in seinem südlichen Teil unvermittelt durchbricht, ist sehr wahrscheinlich auf diese Weise entstanden. Jedenfalls ist sie recht jung, weil sie das normale Orterde-Profil überlagert, selber aber erst kaum merklich podsoliert wurde.

Während der Nacheiszeit bildeten sich außerdem die Moore, die einzelne kleine abflußlose Senken im Bereich des Knyphauser Waldes, vor allem aber die breite Rinne erfüllen, die den Knyphauser Wald von SW nach NO durchzieht.

Waren die Flugsand-Decken schon ursprünglich sehr arm an Nährstoffen und Basen, so verarmten sie unter dem Einfluß des feuchten Seeklimas und der früher üblichen extensiven Weidewirtschaft noch mehr. Die Folgen dieser jahrhundertelang geübten und bei dem damaligen Mangel an Düngemitteln unvermeidlichen Raubwirtschaft sind deutlich an den Bodenprofilen abzulesen. Unter Eichenwäldern, in welche niemals Heide eindrang, ist die Boden-Auswaschung selbst in Sandböden nur langsam vorangeschritten.

Eine Podsolierung, d. h. eine humussaure Ton-Zerstörung und Auswaschung der Zerfallsprodukte unter dem Einfluß saurer Humus-Sole, findet unter Eichenwäldern nicht oder nur in einem sehr geringen Maße statt. Es können also auch aus Flugsanden, wenn sie nur wenige Silikate enthalten, zunächst Braunerden entstehen. Allerdings sind diese sehr basen- und besonders kalkarm, so daß die wenigen in den oberen Schichten entstandenen Tonteilchen hier nicht dauernd festgehalten, sondern durch das Sickerwasser mechanisch in den Unterboden geschlämmt werden. Solche sandigen Parabraunerden entwickeln sich auch unter natürlichen Laubwäldern schließlich zu podsoligen Parabraunerden; aber Podsole bilden sich unter ihnen nicht.

Erst unter einer Rohhumus erzeugenden Pflanzendecke ist eine starke Podsolierung möglich, namentlich unter der Heide, deren Boden außerdem den Niederschlägen und Sickerwässern stärker preisgegeben ist als unter Wald und früher durch den Plaggenhieb häufig entblößt wurde. Der unmittelbare Anlaß der Podsolierung ist stets ein untätiger Rohhumus, dessen Säuren die Auswaschung des Bodens beschleunigen. Unter der Rohhumusdecke setzt eine Bleichung des Oberbodens ein, die kaum merklich beginnt, bald aber deutlich an einer bleigrauen Verfärbung der obersten Zentimeter des Sandbodens und an einem kaffeebraunen Ton der darunterliegenden, ebenfalls zunächst erst schmalen Schicht zu erkennen ist. Solche Anfangsstadien der Podsolierung sind im Knyphauser Wald recht gut auf einigen jüngeren Dünenkuppen zu beobachten. Im Jagen 85 a konnte z. B. auf einer kleinen, etwa 1,50 m hohen Kuppe von Flugsand, der wahrscheinlich erst kurz vor der Aufforstung aus einer nahegelegenen Sandgrube herausgeweht wurde, unter 80jährigen Kiefern folgendes Bodenprofil (Nr. 171) aufgenommen werden:

Bodenart: mittel- bis feinkörniger Dünensand.

A_0	4—5 cm	dunkelbrauner, blättriger wenig zersetzter, sehr dicht durchwurzelter Auflagehumus, trocken, nicht schmierig, einheitlich aus Kiefernnadeln gebildet.
A_1/A_2	1—3 cm	oben dunkel-bleigrauer, unten fast weißer Bleichsand, locker, Einzelkornstruktur; mäßig durchwurzelt.
B	3—5 cm	hell-kaffeebraune, noch nicht verfestigte Orterde, mäßig durchwurzelt. Allmählich übergehend in
C	> 100 cm	hellgelber Dünensand mit wenigen schwach humosen Lagen, sehr locker; mäßig durchwurzelt.

Grundwasser: tiefer als 4 m.

Nach und nach rückt die Fällungszone des Eisens, die sogenannte Orterde, immer tiefer hinab, und der graue Bleichsand wird mächtiger. Schließlich verfestigt sich die Orterde und wird außerdem so dick, daß sie sich in einen oberen, etwa 5—10 cm breiten, stark humushaltigen und deshalb schwarzbraunen Teil, die Humusorterde, und in einen humusarmen Teil, die Eisenorterde, scheidet, in welcher die rostbraune Farbe der Eisen-Einschwemmungen leuchtend hervortritt. Die meisten Böden des Knyphauser Waldes haben dieses Stadium unter ihrer früheren Heidedecke bereits seit Jahrhunderten erreicht. Doch kam es hier nirgends zu einer derartigen Verhärtung der Orterde, daß man von „Ortstein" sprechen könnte. Als Beispiel eines typisch ausgebildeten trockenen, jetzt mit etwa 80jährigen Kiefern bestandenen Heidepodsols sei das folgende Profil (Nr. 156) aus Jagen 114 a_2 wiedergegeben:

Bodenart: fein- bis mittelkörniger Sand, alte Flugsand-Düne.

A_0	3 cm	blättriger, stark verfilzter und dicht durchwurzelter, hellbrauner Rohhumus.
A_1	10 cm	humoser, dunkelgrauer Bleichsand mit vielen gebleichten Körnern, locker, dicht durchwurzelt. Allmählich übergehend in
A_2	20 cm	humusarmer, hellgrauer Bleichsand, weniger durchwurzelt. Scharf abgesetzt gegen
B_1	5 cm	fast schwarze Orterde, stark verfestigt (fast Ortstein), kaum durchwurzelt. Einzelne schmale, mit A_2 gefüllte Zapfen reichen bis etwa 50 cm Tiefe. Allmählich übergehend in
B_2	15 cm	leuchtend hellbraune Orterde, ebenfalls verfestigt, heller und dunkler fleckig. Allmählich übergehend in
B_3	50 cm	hellbrauner lockerer Sand, mit einzelnen undeutlichen humosen Flecken und Bändern. Allmählich übergehend in
C	> 30 cm	weißlich-gelber, lockerer Sand ohne erkennbare Veränderungen.

Grundwasser nicht erreicht, schätzungsweise tiefer als 2 m.

Während sich unter der Heide Bleichsand und Orterde bildete, entwickelte sich der mit Plaggen gedüngte Ackerboden in ganz anderer Weise. Durch den Harn und Kot der Tiere wurden in der Stallstreu die Säuren des Heidehumus unschädlich gemacht. Die Heideplaggen wurden gewissermaßen kompostiert und stellten dann durchaus eine Bereicherung des Bodens dar, wenn man sie auf den Acker brachte. Eine Podsolierung des „Baulandes" auf der Gaste oder dem Esch[1]) war also nicht möglich. Wenn man unter der Ackerkrume trotzdem Bleichsand oder Orterde feststellt, so kann man sicher sein, daß der betreffende Boden längere Zeit Heide trug, bevor er in Kultur genommen wurde. Im Laufe der Jahrhunderte wuchs die Krume des Ackerlandes allmählich in die Höhe, weil immer neue Düngermassen hinaufgebracht wurden, und weil mit dem Heidehumus nicht selten auch Sand in die Streu und damit auf das Feld gelangte. Auf den alten Äckern des Dorfes Rispel, die an den Knyphauser Wald im Nordosten angrenzen, ist der

[1]) „Gaste" ist die ostfriesische, „Esch" die niedersächsische Bezeichnung für das alte, in Gewannen bewirtschaftete Ackerland. „Bauland" ist der in Ostfriesland und im nordwestlichen Niedersachsen gebräuchliche Name für das Ackerland.

Tab. zu Abb. 3 : Wälder und Heiden im „Eichenkamp"

Gesellschaft:		Buchen-Eichen-Wald			Feuchter Stieleichen-Birken-W.			(arme) Lehm-Heide	
Aufnahme Nr.:		192	185	186	190	189	188	191	187
Artenzahl:		19	25	23	18	16	23	17	18
Quercus robur	B	3	3	3	4	3			
" "	S	+	1		+	1		1	
" "	K		1	+	+		2	2	2
Betula pubescens	B		2						
" "	S						2	2	3
" "	K							2	
Pinus silvestris	B					(1)	2	1	+
" "	S						2	+	2
Picea abies	S				+		+	+	+
Catharinea undulata	M	1							
Polygonatum multiflor.		1	(+)						
Teucrium scorodonia		2	(2)						
Agrostis alba		2	1						
Viola riviniana		2	(1)	1					
Holcus mollis		3	(+)	3					
Lysimachia vulgaris		2	1	1					
Anemone nemorosa		3	1	2	1				
Convallaria majalis		2	1	2	1				
Stellaria holostea		3	3	2	2				
Rubus spec.		1	+	1	+	1			
Poa trivialis		2	1		+	+			
Majanthemum bifolium			1	3	2	2			
Melampyrum pratense		+	1	+	2	1°	+°		
Pteridium aquilinum		2	3	3	2	2	2		
Lonicera periclym..	S	2	1	1	1				
" "	K	2	2	2	3	+	+		
Sorbus aucuparia	S		+		+		+		
" "	K		+	+		1	+		
Populus tremula			(+)	+		1	2		
Luzula pilosa			+	+			2		
Vaccinium myrtillus				(+)	2°	4			
Carex pilulifera			+			+	+		
Leucobryum glaucum	M					+			
Vaccinium vitis-idaea							3		
Genista pilosa							+		
Frangula alnus	S	3	3	2	2	2	2		
" "	K		+	1				+	
Deschampsia flexuosa		1	2	2	3	2	3	2	+
Anthoxanthum odorat.		2	2	1	3		+	1	+
Molinia coerulea			2	2	3	3	2	2	1
Galium saxatile			1		+			1	
Agrostis capillaris				1			2	2	1
Entodon schreberi	M						1	5	5
Calluna vulgaris							3	2	3
Erica tetralix							2	2	2
Carex panicea							1	1	2
Ptilidium ciliare	M						1		1
Lophocolea bidentata	M							1	2
Dicranum scoparium	M							1	
Scirpus caespitosus								3	3
Dicranum undulatum	M								2
Luzula multiflora									1
Cladonia cf. impexa	M								+

Anmerkung zu den pflanzensoziologischen Tabellen in dieser Schrift: Die Ziffern bedeuten Deckungsgrade nach der Skala von BRAUN-BLANQUET, d. h. 5 = mehr als 75% deckend, 4 = 50—75%, 3 = 25—50%, 2 = 5—25%, 1 = weniger als 5% deckend, + = sehr selten. Soziabilitätsgrade wurden weggelassen, um Raum zu sparen.

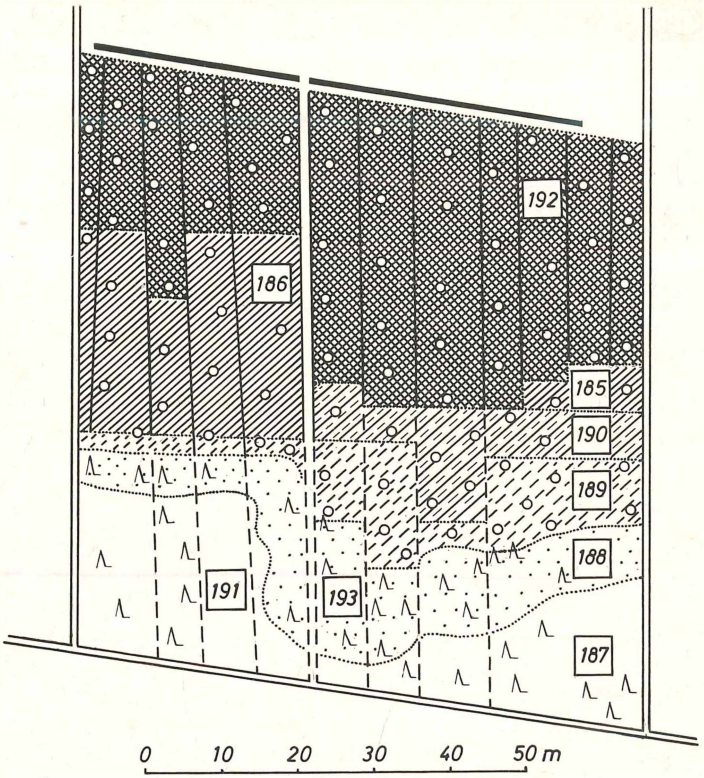


Abb. 2: Lage der alten Ackerbeete und der Vegetationsaufnahmen in dem Eichenkamp nördlich Jagen 110 b sowie Grenzen der Bodentypen und Pflanzengesellschaften. Kreuzschraffiert = ältester Eschboden ohne Orterde, schraffiert = jüngerer Eschboden über Orterde, schraffiert und gestrichelt im Wechsel = Randzone des Eschbodens; gestrichelt = Heidepodsol, wie die vorhergehenden mit Eichenwald; punktiert = Heidepodsol mit Buschwerk, ohne Flächensignatur = Heidepodsol mit Zwergstrauchheide und einzelnen Kiefern. Die rechteckig umrahmten Ziffern bedeuten die Fläche der in nebenstehender Tabelle zusammengestellten Aufnahmen sowie die Nummern der in Abb. 3 halbschematisch vereinigten Bodenprofile.

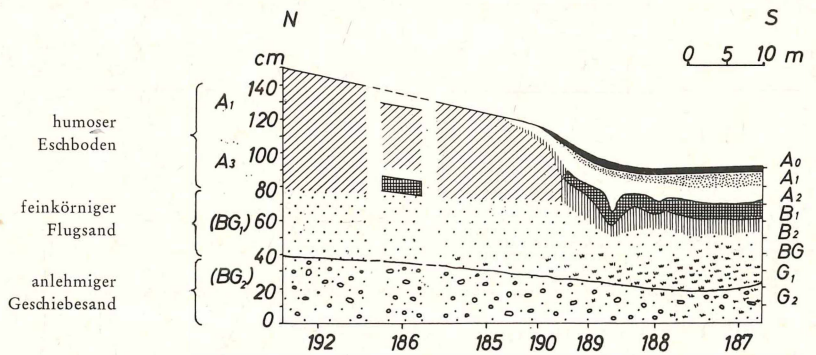


Abb. 3: Bodenprofile in dem Eichenkamp nördl. Jagen 110 b (siehe Abb. 2 und nebenstehende Tabelle). Zeichenerklärung in Abb. 7.

sogenannte „Eschboden" 50 bis 80 cm mächtig, d. h. um mindestens 30 bis 60 cm aufgehöht worden. Unter dieser „Bauerde-Schicht", die gleichmäßig braungrau erscheint und nur in der obersten, noch heute durchpflügten Krume etwas dunkler ist, fehlt jede Spur von Podsolboden. Sie geht vielmehr unvermittelt in einen leicht gelblichen Sand über, der erst mehrere Dezimeter tiefer einige Rostflecken als Absätze des Grundwassers aufweist (vgl. S. 48). Derartiges altes Bauland reicht mit einem Zipfel auch in das Forstrevier hinein, und man kann seinen Boden hier besser studieren als auf den Feldern, wo die Krume inzwischen durch die moderne Aufteilung und Bearbeitung sowie durch künstliche Düngung umgewandelt wurde. Eine geradezu ideale Reihe von Beispielen stellen aber die Bodenprofile dar, welche in einem dem Jagen 110 vorgelagerten Teil der Gemarkung Leerhafe-Rispel ergraben werden konnten (Abb. 2). In Anbetracht der großen Bedeutung, die solchen Eschböden im Knyphauser Walde für das Gedeihen der Bäume zukommt, seien sie hier ausführlicher beschrieben.

Das nur 70 × 80 m große Flurstück ist von Erdwällen umgeben und trägt in seiner nördlichen Hälfte seit mehr als 100 Jahren einen krüppeligen und recht lichten, unregelmäßig niederwaldartig genutzten, 10 bis 12 m hohen Eichenbestand. Seit dem Aufkommen dieses Wäldchens blieb der Boden unberührt liegen, denn man erkennt noch heute deutlich mehrere 4 bis 9 m breite, stark gewölbte Ackerbeete, die augenscheinlich gerade auf dieser kleinen Fläche endigen. Sie haben ganz die Form jener oft mehrere 100 m langen, schmalen Streifen, welche die ältesten Gewanne der Geest-Dörfer, die „Gasten" oder „Esche", kennzeichnen (SWART, 1910). Solche Äcker wurden frühestens in germanischer Zeit, spätestens im Hochmittelalter, meist aber in der ersten Siedlungsperiode bis etwa 800 n. Chr. angelegt (ROSHOP, 1932). Auf der ostfriesischen Geest schied man seither neues Ackerland nicht mehr in Form von Gewannen, sondern in sogenannten „Kämpen" aus der Allmende, d. h. dem allen Bauern eines Dorfes gemeinsam gehörigen Weide- und Heideland, aus. Diese hatten in der Regel eine breit-viereckige Form, gehörten einem einzelnen Besitzer und mußten deshalb zum Schutz gegen das Weidevieh mit Erdwällen umgeben werden. Als man erkannt hatte, welche betriebswirtschaftlichen Vorteile die Kamp-Flur bot, teilte man vielerorts auch die Gasten in ähnlicher Weise auf, ohne daß eine förmliche Verkoppelung stattfand, die in der Provinz Hannover erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts begann (SWART, 1910, S. 217). Auch bei der Gemeinde Rispel, zu welcher das betreffende Feldstück gehört, scheint dies der Fall gewesen zu sein, sonst lägen beim Landeskulturamt der Provinz Hannover Akten über eine Verkoppelung vor; der Bürgermeister wußte ebenfalls von einer solchen nichts. Demnach sind die Grenzwälle des Kampes wahrscheinlich älter als 100 Jahre. Sie schneiden die gewölbten Ackerbeete in spitzem Winkel, sind also andererseits zweifellos jünger als diese. Auch der Eichenbestand setzt sich in gleicher Form in den Nachbarkämpen ohne Rücksicht auf die Wälle fort. Er war demnach vermutlich ebenfalls schon vorhanden, als dieselben errichtet wurden. Wir dürfen das Alter des Eichenwäldchens also mit mindestens 150 Jahren ansetzen, wenn wir annehmen, daß es bereits damals als Baumbestand anzusprechen war, den man für wert hielt, unter mehrere Besitzer geteilt zu werden.

In einem der Ackerbeete unter diesem Eichenwäldchen wurde folgendes Bodenprofil aufgenommen (Nr. 192, siehe Abb. 3):

Bodenart: fein- bis mittelkörniger Sand, 1 m Flugsand-Decke über sandiger Grundmoräne.

L	2— 3 cm	lockere, schon z. T. zersetzte Eichenstreu.
A_0	fehlt,	nur stellenweise einige modrige Krümel, sonst ist überall unter dem Laub der nackte Boden zu sehen.
A_1	15—18 cm	humoser, braungrauer Sand, schwach feinkrümelig (mullartig), gut durchwurzelt, sehr locker; einige gebleichte Sandkörner deutlich zu erkennen. Allmählich übergehend in

A_3	60 cm	wie A_1, aber abnehmend humos und allmählich über Graubraun in Schmutziggelbbraun übergehend, sehr locker, nur oben einige gebleichte Körner, kaum gekrümelt, dicht durchwurzelt. Allmählich übergehend in
C G	> 60 cm	hellgelber Sand, weich, locker, ohne Rostflecken. In ca. 1 m Tiefe einzelne kleine Geschiebe, ohne daß ein Schichtwechsel zu erkennen wäre. Kein spürbarer Schluff- oder Lehmgehalt.

Grundwasser: tiefer als 1,5 m.

Es handelt sich hier um einen sehr mächtigen „Eschboden" ohne Orterde, der seinen früher vermutlich noch höheren Humusgehalt in den unteren Schichten bereits weitgehend verloren hat. Nirgends im Profil zeigen sich scharfe Grenzen; die von Humus herrührende Graufärbung nimmt gleichmäßig nach unten hin ab, die braune Tönung entsprechend zu. Man könnte den unteren Teil des A_3 also vielleicht auch als (B), d. h. als einen humusarmen, schwach verlehmten Horizont auffassen (LAATSCH, 1944). Der Eschboden entwickelte sich unter dem Eichenwald anscheinend in der Richtung auf eine Braunerde mittlerer bis geringer Sättigung. Die bleichen Körner im Oberboden können durchaus mit dem Plaggendünger in den Boden gelangt sein und bedeuten noch keine Podsolierung. Sonst wären sie nicht so gleichmäßig über eine ziemlich mächtige Schicht verteilt, sondern bildeten zuoberst im Profil eine Bleichzone, wie das bei ähnlichen Böden unter Nadelholzbeständen tatsächlich zu beobachten ist (s. S. 23). Es wäre auch kaum vorzustellen, wie unter diesem Eichenwäldchen eine Podsolierung stattfinden sollte, da keinerlei Sauerhumus, ja nicht einmal eine zusammenhängende Moderdecke, dem Boden aufliegt.

Aus der Lage und Beschaffenheit dieses Profils können wir folgende für den Knyphauser Wald wichtigen Schlüsse ziehen:

1. Ein Teil der Flugsand-Böden wurde bereits in Ackerkultur genommen, bevor eine Podsolierung durch Heide stattgefunden hatte.
2. Als Bauland wurde der Boden ebenfalls nicht podsoliert, sondern im Gegenteil mit guten Humusstoffen angereichert.
3. Ein mindestens seit 150 Jahren auf diesem Boden stockender lichter Eichenwald bildete keinerlei Rohhumus, ja nicht einmal eine zusammenhängende Moderdecke, weil alle Laubstreu rasch zersetzt und der Moder mineralisiert wurde. Der Boden zeigt bereits Merkmale, welche für Braunerde charakteristisch sind, wenn er auch immer noch als ehemaliger Eschboden zu erkennen ist.

Für einen Flugsand-Boden hat er also einen außerordentlich günstigen Zustand erreicht. Dieser prägt sich deutlich in der Bodenflora aus, auf die S. 55 in anderem Zusammenhang näher eingegangen werden wird.

Es bleibt nun allerdings noch die Frage zu klären, warum man die alten Äcker trotz ihrer relativ großen Fruchtbarkeit teilweise aufgab und dem Walde überließ. Vermutlich legten die Rispeler Bauern seit der Einführung moderner Wirtschaftsmethoden und der in den umwallten Kämpen üblich werdenden Feld-Gras-Wechselwirtschaft (siehe SWART [1910] und ARENDS [1819, S. 409]) keinen großen Wert mehr auf ihre trockenen, als Weideland nicht geeigneten Sandäcker, zumal ihnen weiter im Nordosten ihrer Feldmark wesentlich schwerere Böden zur Verfügung standen und diese näher beim Dorfe lagen. Jedenfalls wurden die alten Hochäcker bereits vor der Begründung des Knyphauser Waldes aufgegeben, die erst vor etwa 80 Jahren stattfand. Ja, es ist nicht ausgeschlossen, daß

die Hochäcker bereits im Mittelalter verlassen wurden und zu einem Dorf gehörten, das ganz in der Nähe lag und wüst wurde, wie dies auf der niedersächsischen Geest sogar schon vor dem 30jährigen Kriege nicht selten der Fall war (siehe ROSHOP, 1932, S. 91). Diese siedlungsgeographische Frage sei hier nur angedeutet, nicht ausgeführt, weil sie den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen würde. Ihre Beantwortung könnte allerdings unter Umständen die bodenpflegliche Wirkung des Eichenwaldes noch mehr hervorheben, weil es ja durchaus möglich ist, daß dieser auf dem erwähnten Flurstück bereits beträchtlich länger stockt als 150 Jahre.

Außerhalb des Wäldchens, aber noch in demselben umwallten Viereck und kaum 40 m von dem ersten Bodenprofil entfernt, finden wir unter einer Heidegesellschaft (s. Tabelle zu Abb. 3) ein gänzlich anders beschaffenes Profil (Nr. 187). Zu unserer Überraschung ist hier ein Heidepodsol mit Rohhumusdecke, typischem Bleichsand und mächtiger Orterde entwickelt. Mit allen Merkmalen starker Podsolierung schließt dieser Bodentyp an den braunen Eschboden fast unvermittelt an, wie durch eine Reihe von Zwischengrabungen festgestellt werden konnte (Abb. 3).

In unmittelbarer Nachbarschaft des fruchtbaren Eschbodens konnte sich also aus dem gleichen Flugsand, der hier sogar etwas weniger mächtig ist und über einer schluffig-lehmigen Stelle der Grundmoräne liegt, ein stark verarmter Podsol bilden. Zweifellos ist dieser eine Folge der Verheidung, die hier allerdings erst nach der Anlage des Ackers oder doch nicht sehr lange vorher eingesetzt haben kann. Sonst wären auch unter dem Bauland bereits Spuren einer Orterdebildung zu erkennen, wie dies, ebenfalls in nur geringer Entfernung von dem ersten Profil, in demselben Kampe tatsächlich der Fall ist (Abb. 2, Nr. 186). Hier wurde anscheinend ein Ackerbeet später verlängert, so daß ein bereits verheideter Boden mit stark ausgeprägter Orterde unter die wachsende Plaggenauflage geriet. Auch dieses Profil sei hier wiedergegeben, weil es im Knyphauser Walde nicht selten in ähnlicher Ausbildung vorkommt:

Bodenart: fein- bis mittelkörniger Sand, Flugsand-Decke über sandiger Grundmoräne.

L	1— 2 cm	lockere, in Zersetzung begriffene Eichenstreu.
A_0	0— 1 cm	einige Nester einer lockeren Moderungsschicht, von Tieren belebt.
A_1/A_3	30 cm	stark humose, dunkel-bräunlichgraue Ackererde mit einzelnen gebleichten Körnern, aber ohne Bleichzone an der Oberfläche, dicht durchwurzelt, locker, schwach krümelnd, mullartig. Allmählich übergehend in
A_2	10—12 cm	mäßig humoser, mittelgrauer Bleichsand mit zahlreichen gebleichten Körnern, schwächer durchwurzelt.
B_1	ca. 10 cm	dunkel-kaffeebraune, deutlich verfestigte Orterde, wenig durchwurzelt. Allmählich übergehend in
B_2	ca. 5 cm	hellere und mehr rostbraun getönte Orterde, ebenfalls verfestigt und wenig durchwurzelt, etwas fleckig. Allmählich übergehend in
C G		wie bei Profil Nr. 192 (S. 27), aber mit einzelnen Rostflecken.

Der Bleichsand dieses Profils wurde in seinem unteren Teil anscheinend gar nicht durchpflügt, sonst wäre er nicht mehr so deutlich als solcher zu erkennen. Vermutlich waren also die angrenzenden Äcker über die Oberfläche des natürlichen Bodens bereits um ein solches Maß aufgehöht worden, daß man bei der Verlängerung des Ackers, sei es mit einem Male oder nach und nach durch das Pflügen, Erde über die Heide schütten mußte.

Aus beiden Profilen können wir nunmehr weitere wichtige Folgerungen für die Böden im Knyphauser Walde herleiten:

1. Ungefähr gleichzeitig mit der Anlage der alten Äcker oder erst nachher begann in unmittelbarer Nähe derselben eine Verheidung und Podsolierung.

2. Unter der Heide bildete sich in derselben Zeit, in welcher der mächtige fruchtbare Eschboden entstand, ein typisches Bleichsand-Orterde-Profil.

3. Die Podsolierung muß bereits recht weit vorgeschritten gewesen sein, als man das Ackerland in die Heide hinaus verlängerte.

Den Zeitpunkt dieser Verlängerung können wir nur mit unsicheren Mitteln schätzen. Die Ackererde ist im Profil Nr. 192 etwa 75 cm, im Profil Nr. 186 nur 30 cm mächtig. Nach BARENSCHEER (1938) läßt sich die Mächtigkeit der Ackerkrume benutzen, um das Alter derselben annähernd zu bestimmen. Gleichmäßigen Zuwachs der Plaggenauflage vorausgesetzt, ist letztere im Profil Nr. 186 also nur etwa halb so alt wie in Nr. 192.

Aus allen Daten zusammengenommen können wir nunmehr ein ungefähres Maß für die Schnelligkeit ableiten, mit der sich ein typisches Orterde-Profil ausbildet. Die Äcker sind kaum älter als spätbronzezeitlich oder früheisenzeitlich, wenn es richtig ist, die Gewann-Einteilung den Germanen zuzuschreiben. Wahrscheinlich ist das Alter der Äcker sogar geringer und dürfte mit 2000 Jahren nicht wesentlich unterschätzt werden. Stimmt unser Ansatz, daß die Bauerde im Profil Nr. 186 etwa halb so alt ist wie im Profil Nr. 192, so ergibt sich, daß bereits etwa 1000 Jahre ausreichten, um eine knapp 1 m mächtige Flugsand-Decke über schwach lehmiger Grundmoräne in einen typischen Heidepodsol umzuwandeln.

Selbst wenn die Verlängerung des Ackers bis zu Profil Nr. 186 erst in späterer Zeit erfolgte und dessen Ackerkrume rascher vermehrt wurde als bei Profil Nr. 192, bleibt immer noch ein Zeitraum, der kürzer ist als die Datierung des Ortsteins, welche ZOTZ (1930) vornahm. Dieser wies nach, daß bronzezeitliche Grabhügel, die über einem Orterde-Profil aus Heideplaggen errichtet wurden, auch unter ihrer Oberfläche typischen Ortstein zeigen. Es gab also bereits in der Bronzezeit Heiden, und sicher konnte in den rund 3000 Jahren seit der Anlage der Grabhügel Ortstein entstehen. Auch im nordöstlichen Knyphauser Walde liegen einige derartig podsolierte Grabhügel (s. Abb. 4); um sie nicht durch unsachgemäße Grabungen zu stören, wurden sie jedoch nicht berührt. Nach einer randlichen Sondierung zu urteilen, scheint unter ihnen ein Orterde-Profil zu fehlen. Sollte sich dies bestätigen, so würde es gut mit unseren Schlüssen übereinstimmen, nach denen die Podsolierung im Bereich des Knyphauser Waldes wenigstens zum Teil jünger ist als bronzezeitlich.

Podsole können sich auch heute noch überall dort weiterentwickeln oder neu bilden, wo Rohhumus dem Boden aufliegt oder neu entsteht. Selbst mächtige Eschböden, die sich ehemals von den S. 26/27 geschilderten kaum unterschieden haben dürften, verarmen unter der Wirkung von sauren Humusstoffen. Das geht deutlich aus folgendem Profil hervor, das auf einem noch deutlich als solchem erkennbaren, 8 m breiten und stark

gewölbten Hochacker im Jagen 111 a1 des Knyphauser Waldes, und zwar unter einem etwa 80jährigen Fichten-Kiefern-Bestande (Nr. 150) aufgenommen wurde:

Bodenart:		Tiefgründiger fein- bis mittelkörniger Sand (deckenförmiger Flugsand) über sandiger Grundmoräne, Rücken eines Hochacker-Beetes.
A_0	6 cm	modriger, unten schwach blättriger, sehr lockerer, mäßig durchwurzelter Auflagehumus.
A_1/A_2	1—3 cm	stark humoser, dunkelbleigrauer Sand mit vielen bleichen Körnern (beginnende Bleichsand-Bildung). Allmählich verlaufend in
A_3	50—60 cm	lockere, humusarme, rein sandige Ackererde, mittelbraungrau, nur einzelne gebleichte Körner, gleichmäßig gut durchwurzelt. Oben dunkler, nach unten heller werdend. Unscharf begrenzt gegen
C G	> 30 cm	hellgelber Sand, mit wenigen kleinen Rostflecken, frisch, sehr locker, noch einzelne Wurzeln.

Grundwasser nicht erreicht, schätzungsweise in mehr als 2 m Tiefe.

Es dürfte kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß die 1 bis 3 cm mächtige Bleichung des Oberbodens die Folge einer Humusauflage ist, die sich auf dem ehemaligen Acker bildete. Ob allerdings der derzeitige Bestand einen so sauren Humus produziert, oder ob vor der Aufforstung etwa eine Heide vorübergehend auf dem ehemaligen Acker entstanden war, läßt sich nicht mit Sicherheit entscheiden. Aus Gründen, die weiter unten in anderem Zusammenhange erörtert werden, ist das erstere anzunehmen. Ähnliche junge Bleicherde-Bildungen kann man auch in anderen Teilen des Knyphauser Waldes beobachten. Am deutlichsten sind sie in Flugsand-Böden zu erkennen, die früher nicht durch Dünger angereichert, sondern frisch aus den Sanden des Untergrundes herausgeweht wurden. Von einer solchen kleinen, nur 1,50 m hohen Düne mitten in einem etwa 80jährigen Kiefernbestand, die sehr wahrscheinlich erst während oder nach der Aufforstung im Anschluß an eine Sandgrube entstand, stammt das auf S. 22 beschriebene Profil. Die merkliche Podsolierung des Oberbodens ist hier zweifellos eine Folge der aus den Kiefernnadeln gebildeten Rohhumus-Decke; denn diese ist völlig einheitlich aufgebaut und läßt keine Spur eines etwa unter Heide gebildeten Rohhumus erkennen.

Schon dieses Beispiel, das leicht durch weitere vermehrt werden könnte, zeichnet die Zukunft der Böden unter den reinen Nadelbeständen im Knyphauser Walde warnend ab: Infolge der Bildung von Rohhumus wird der Sand ähnlich wie früher unter der Heide podsoliert, und dieser Vorgang kann möglicherweise rasch voranschreiten.

III. Klima

Die Gefahr der reinen Nadelholz-Wirtschaft ist im Knyphauser Walde um so größer, als das feuchte und kühle Klima die Bildung saurer Humusdecken und die Auswaschung des Bodens begünstigt. Es wird noch merklich vom Meere her beeinflußt, obwohl der Knyphauser Wald in nördlicher Richtung bereits 22 km, in westlicher etwa 40 km von der Küste entfernt liegt. Einige aus der „Klimakunde des Deutschen Reiches" (1939) entnommene Daten

mögen die Stellung des Gebietes zwischen Meer und Binnenland durch Vergleich mit den Orten Norderney und Oldenburg beleuchten (Tab. 1). Leider gibt es keine

Tab. 1: Klimadaten aus der Umgebung des Knyphauser Waldes

Station:	Norderney	Jever	Aurich	Oldenburg
m über NN:	4	12	12	9
Lufttemperatur (°C)				
Jahresmittel	8,5	8,2	8,2	8,4
mittl. tägl. Schwankung	5,2	7,0	7,2	8,0
" jährl. "	37,6	42,6	43,1	44,3
mittl. Zahl der Sommertage (Tage mit Temp.-Max. > 25°C)	6,4	14,9	11,6	19,4
mittl. Zahl der Frosttage (Tage mit Temp.-Min. ≤ 0°C)	53,9	71,4	84,6	80,6
mittl. Dauer der frostfreien Zeit (Tage)	230	196	190	182
relative Luftfeuchtigkeit (%)				
Jahresmittel	86	86	–	82
" um 14 Uhr	82	78	–	73
Jahresschwankg. d. Monatsmittel	8	14	–	16
mittl. jährl. Minimum	40	33	–	27
Niederschläge (mm)			Neu-Ekels b. Aurich	
Jahresmittel	669	786	706	701
April bis September	362	421	386	380
Oktober bis März	307	365	320	321
maximale Jahressumme	901	1017	–	1009
minimale "	494	596	–	502
mittl. Zahl d. Tage mit Schneefall	17,9	25,0	–	25,2
m. Dauer d. schneefallfreien Zeit	244	227	227	222

Station in unmittelbarer Nähe des Waldes; für ihn dürften aber Mittelwerte zwischen den Angaben aus Aurich (20 km westsüdwestlich) und Jever (10 km nordöstlich) einigermaßen zutreffen. Deutlich ist der ausgleichende Einfluß des Meeres aus Tab. 1 zu erkennen. Bei annähernd gleichem Jahresmittel der Lufttemperatur nimmt deren tägliche und jährliche Schwankung küstenwärts immer mehr ab, ebenso die Zahl der Sommer- und Frosttage, während die frostfreie Zeit in der Regel länger dauert. Die relative Feuchtigkeit ist besonders im Mittel der Ablesungen um 14 Uhr und im jährlichen Minimum bedeutend höher als in Oldenburg, und dementsprechend ist ihre Jahresschwankung dort viel geringer als hier. Auch die Jahressummen der Niederschläge schwanken im Binnenlande stärker als an der Küste, und Schnee fällt hier seltener als dort. Bei allen Werten nehmen Aurich und Jever, und sehr wahrscheinlich auch der Knyphauser Wald, eine Mittelstellung zwischen Norderney und Oldenburg ein, neigen allerdings teilweise bereits mehr zum Binnenlande hin.

Mit schädlichen Trockenzeiten oder starker oder lange dauernder Kälte ist im Knyphauser Walde trotzdem in der Regel nicht zu rechnen. Unmittelbare waldbauliche Schwierigkeiten bereitet also das Klima hier nicht. Es trug und trägt aber

wesentlich zur Verarmung der Böden bei, weil die Niederschläge über das ganze Jahr ziemlich gleichmäßig verteilt sind und die Verdunstung beträchtlich überwiegen, also verhältnismäßig große Mengen Sickerwasser in den Boden eindringen können und im Winter nur kurze Zeit daran gehindert werden. Die hohe Luftfeuchtigkeit und die niedrige Temperatur, welche selbst im Hochsommer herrscht, hemmen außerdem die Zersetzung organischer Stoffe und fördern die Bildung saurer Humusdecken sowie ausgedehnter Hochmoore.

Ein derartiges Klima ist sämtlichen Nadelhölzern weniger günstig als den Eichen und manchen anderen Laubbäumen. Weder die Waldkiefer noch die Fichte — von den übrigen Nadelbäumen gar nicht zu reden — kommen nach DENGLER (1930) im Gebiet des Knyphauser Waldes von Natur aus vor. Nach OELKERS stehen sie zum Teil sogar an der klimatischen Grenze guten Gedeihens.

Der Knyphauser Wald liegt in einem reinen „Eichen-Klima". Bei der Buche und besonders bei den Nadelhölzern dagegen muß man damit rechnen, daß sie durch ihren Auflagehumus in Reinbeständen den sandigen Boden verschlechtern.

IV. Forstbegründung und damalige Landschaft

Bei der Aufforstung des Knyphauser Waldes in den Jahren 1868 bis 1877 wurden Fichten und Kiefern bevorzugt, weil man damals die Gefahren derartiger standortfremder Reinbestände noch nicht erkannt hatte. Im Gegensatz zu der großen Sorgfalt, welche früher beispielsweise in den Lütetsburger Revieren der Vorbereitung der Böden und der Begründung des Waldes gewidmet wurde (E. M. REICHSFREIHERR ZU INNHAUSEN UND KNYPHAUSEN, 1816), ging man hier außerdem recht schematisch und fast oberflächlich zu Werke — nicht aus besonderer Nachlässigkeit, sondern durchaus entsprechend der unbiologischen, vorwiegend technischen und rechnerischen Einstellung, die damals in forstlichen Kreisen herrschte. Fast ohne Rücksicht auf Senken oder Rücken, Sand oder Torf, Ackerbeete oder Heide sowie verarmten oder reichen Boden, warf man in Abständen von etwa 10—12 (6—14) m seichte Gräben aus und pflanzte oder säte Kiefern und Fichten auf die Beete. Nur im südlichen Teil des Waldes säumte man stellenweise die Wege mit Birkenstreifen. Mehrere Jagen im nordwestlichen und nordöstlichen Teil wurden als Reinbestände von Waldkiefer durch Pflanzung begründet, weil Saaten nicht aufkamen. Viele Kulturen mußten nachgebessert werden. Besonders die Eichen-Saaten oder -Pflanzungen, die man im Nordost-Teil des Waldes anlegte, litten (nach Aufzeichnungen im Lütetsburger Hausbuch) unter Frost und mißlangen auf Heideböden großenteils. Nur in den Jagen 110, 111 und 119 führten Pflanzungen von Stiel- und Traubeneichen zu Erfolgen. Stellenweise wurden Rein- oder Mischbestände mit Weymouths-Kiefern begründet, und zwar vor allem auf Moorböden.

Zur Verbesserung der Böden konnte bei dem raschen Tempo der Aufforstung nur wenig geschehen. Eine wirksame Entwässerung wurde lediglich im Ostteil der moorigen Niederung ausgeführt; große Flächen derselben, besonders im Westteil des Reviers, sind aber auch heute noch zu naß.

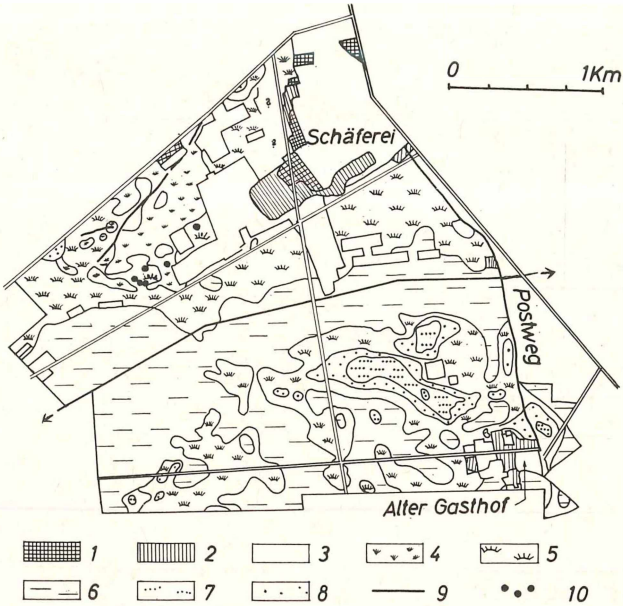


Abb. 4: Landschaft zur Zeit der Aufforstung des Knyphauser Waldes (um 1870), nach den Oberflächenformen, Bodenprofilen und heutigen Pflanzengesellschaften rekonstruiert.
1 = altes Ackerland, wahrscheinlich bis zur Aufforstung beackert, 2 = desgl., bei Aufforstung wahrscheinlich brachliegend, 3 = jüngeres Ackerland (Grenzen z. T. unsicher); 4 = trockene Heiden, 5 = feuchte Heiden, 6 = nasse Heiden und Moore, z. T. mit Torfstichen; 7 = Ausblasungsflächen, 8 = junge Dünen; 9 = unbefestigte Heidestraßen, 10 = bronzezeitliche Hügelgräber.

Einige Jagen im südöstlichen Teil des Waldes wurden mit dem Dampfpflug umgebrochen; diese Arbeiten mußte man jedoch wegen zu hoher Kosten wieder einstellen. Im übrigen ist leider weder über die Maßnahmen bei der Aufforstung noch über den damaligen Zustand der Böden und der Pflanzendecke genaueres bekannt, weil Aufzeichnungen hierüber fehlen.

Aus Beobachtungen in der Umgebung des Waldes, aus zahlreichen Bodenprofilen, aus Resten der ehemaligen Pflanzendecke und besonders aus der Vegetationskarte läßt sich das Bild der Landschaft vor Beginn der Aufforstungen aber ungefähr erschließen (Abb. 4). Den größten Raum nahmen feuchte Sandheiden *(Calluno-Genistetum molinietosum,* siehe TÜXEN 1937) und nasse Glockenheide-Gesellschaften *(Ericetum tetralicis typicum* und *cladonietosum)* ein. Auch trockene Sandheiden *(Calluno-Genistetum typicum)* kamen, besonders im nördlichen Teil des Reviers, in nennenswerten Flächen vor. Einige allerdings schlecht entwickelte „Lehmheiden" (TÜXEN 1937 und BUCHWALD 1940), wie sie sich z. B. nördlich des Jagens 110 bis heute noch in kleinen Resten erhalten haben (Tab. zu Abb. 3, Aufn. 187), mag es außerdem hier und dort gegeben haben.

Auf den jungen Dünen im südlichen Teil des Knyphauser Waldes werden früher Silbergras-Fluren *(Corynophoretum canescentis),* Strauchflechten-Bestände und vielleicht auch Sand-Trockenrasen *(Festuca ovina- Thymus angustifolius-* Assoziation) eine Rolle gespielt haben.

Südlich des heutigen Forstwart-Hofes griffen alte Hochäcker in den Bereich des Forstes über. Diese wurden aber vermutlich nur noch zum Teil bis zur Aufforstung bebaut, und zwar sehr wahrscheinlich von einer Schäferei aus, von der sich gegenüber der Jagdhütte Mauerreste im Boden fanden. Die verlassenen Ackerbeete waren möglicherweise noch mit geschlossener Heide bedeckt, ähnlich wie das z. B. auf unbewirtschaftet liegenden alten Äckern im Naturschutzgebiet Wilsede noch heute zu beobachten ist. Einige jüngere Kämpe wurden ebenfalls zur Abrundung in die Aufforstung einbezogen; in den Jagen 121 und 93 sind sogar noch deren Wälle zu erkennen, und im Jagen 113 zumindest die Umrisse eines breitrechteckigen Ackerbeetes. Aus der heutigen Vegetation und aus den Bodenprofilen lassen sich auch noch in anderen Jagen ehemalige Ackerstücke vermuten, deren Umrisse aber nicht mehr sicher festzustellen sind.

Abb. 4 faßt die wichtigsten Elemente der früheren Landschaft zusammen, soweit sie sich einigermaßen zutreffend rekonstruieren lassen. Zur Ergänzung dieses historischen Bildes gibt sie außerdem die Lage einiger bronzezeitlicher Rundhügel und den Verlauf der alten Poststraße wieder, die — wie viele der früheren unbefestigten Heidewege — tief in den Sandboden einschnitt und streckenweise aus mehreren parallelen Bahnen bestand.

V. Entstehung der heutigen Pflanzengesellschaften

An Hand von Abb. 4 können wir uns recht gut vorstellen, woher die Pflanzenarten kamen, welche den Unterwuchs der heutigen Baumbestände und mit diesen zusammen verschiedene Gesellschaften bildeten. In erster Linie standen die Zwergsträucher, Gräser und Moose der ehemaligen Heide zur Verfügung, die sich in den jungen Forsten ohnehin noch recht lange fleckenweise erhalten haben mag. Nur dort, wo die Bäume gut gediehen und sich zu dichten, hohen Beständen schlossen, mußten die lichtbedürftigen Pflanzen, namentlich das Heidekraut selbst, weichen. Auf den trockenen Dünen aber und in den nassen, nährstoffarmen Senken blieb der Forst so licht, daß hier die Krähenbeere *(Empetrum),* die Heide *(Calluna)* und auf nassen Böden auch die Glockenheide *(Erica tetralix)* noch heute zu gedeihen oder doch zu vegetieren vermögen. Der Feuchtigkeit liebende Benthalm *(Molinia coerulea)* hielt sich dort, wo er früher in den Heiden vorkam, meist sogar im Schatten kräftiger Fichten, wenn auch nur kümmerlich und vereinzelt. Von den ehemaligen Heidepflanzen fanden zweifellos die Moose die besten Lebensbedingungen im Walde, wenigstens in den Beständen der Waldkiefer und Fichte.

Eigentliche Waldpflanzen konnten erst nach und nach in den Forst eindringen, weil ja weit und breit kein richtiger Wald mehr vorhanden war, der ihnen

während der jahrhundertelangen Verheidung hätte als Wuchsort dienen können. Reste natürlicher Waldungen gab es im Bereich des Knyphauser Waldes zur Zeit der Aufforstungen überhaupt nicht mehr. Die einzigen nennenswerten Baumbestände waren damals die bereits besprochenen, dem Revier im Nordosten vorgelagerten Eichenwäldchen. Aber auch diese wuchsen ja auf alten Äckern und sind nicht als ursprünglich anzusprechen. Immerhin enthalten sie heute zahlreiche Arten der natürlichen Wälder. In ihrer näheren Umgebung finden wir daher auch im Forst die meisten echten Waldpflanzen. Außer diesen konnten während der vergangenen 80 Jahre nur solche Pflanzen den neu entstehenden Forst erobern, die sich durch Samen oder Sporen leicht und von weither verbreiten. Namentlich Sporenpflanzen, z. B. viele Pilzarten, die Schatten liebenden Moose*Plagiothecium undulatum* und *Dicranum majus* und der Dornige Schildfarn *(Dryopteris austriaca euspinulosa* und *dilatata),* müssen auf diese Weise im Knyphauser Walde Fuß gefaßt haben. Auf allen besseren Böden mit tätigem Humus konnten auch zahlreiche Arten keimen, die wir von Kahlschlägen und ruderalen Standorten her kennen, und deren Samen gewöhnlich sehr rasch vom Wind oder von Tieren herangetragen werden, z. B. das Weidenröschen, der Rote Fingerhut, der Hohlzahn *(Galeopsis tetrahit),* die Himbeere und die Brombeere.

Am schwersten war die Einwanderung augenscheinlich für manche Geophyten, die sich vorwiegend durch ihre Rhizome und nur selten durch Samen oder Sporen vermehren. Dem Buschwindröschen *(Anemone nemorosa)* z. B. ist es bis heute nicht gelungen, die Wälle der Kämpe zu überschreiten, innerhalb derer es reichlich gedeiht. Der Adlerfarn *(Pteridium),* das Maiglöckchen *(Convallaria)* und die Schattenblume *(Majanthemum),* die dort ebenfalls üppig wuchern, bilden im Forst erst wenige, vereinzelte Horste, obwohl sie hier ohne Frage auf weit größeren Flächen gute Lebensbedingungen fänden. Auch den Sauerklee *(Oxalis acetosella)* trifft man im Knyphauser Walde selten, dort aber, wo er vorkommt, meist in großen Herden. Zahlreiche Pflanzen der natürlichen Wälder, denen das Klima und der Boden im Knyphauser Walde durchaus zusagen würde, fehlen aber dem Revier heute noch gänzlich, besonders solche Pflanzen, die als Charakterarten bestimmter Gesellschaften angesehen werden.

Im ganzen beteiligen sich gegenwärtig etwa 100 Arten an dem Aufbau der Waldgesellschaften in diesem Forstrevier, die zu den folgenden Gruppen gehören (Tab. 2).

Fast die Hälfte dieser Arten kommt allerdings nur vereinzelt vor; sie sind daher für eine Gliederung der Pflanzendecke in regelmäßig wiederkehrende Gesellschaften bedeutungslos. Wir stehen demnach vor der Aufgabe, mit nur insgesamt etwa 50—60 Pflanzenarten eine Fülle verschiedener Standorte richtig anzusprechen, die zwischen extrem nassen, ehemaligen *Erica*-Heiden und trockenen Dünen sowie zwischen gut gedüngtem altem Ackerland und stark verarmten Heidepodsolen sehr mannigfach wechseln. Doch ist diese Aufgabe nicht unlösbar. Denn selbst diejenigen Arten, welche in Wäldern im allgemeinen nicht zu Hause

Tab. 2: Herkunft der Pflanzenarten im Knyphauser Wald

	Gesamtzahl		davon Waldpflanzen		davon Arten der natürl. Wälder	
	N[1])	L[1])	N	L	N	L
Bäume:	9	9	9	9	4	5
Sträucher:	9	7	9	7	9	7
übrige Samenpflanzen:	33	35	14	23	13	23
Sporenpflanzen:	32	14	24	13	11	8
Summe:	83	65	56	52	37	43

[1]) N = in Nadelholzbeständen, L = in Laubholzbeständen.

sind, ordnen sich gesetzmäßig in den Pflanzenteppich ein. Eine jede Pflanze vermag ja nur dort zu gedeihen oder ihr Leben im Kampf um Nahrung, Wasser, Licht und Raum zu fristen, wo sie geeignete Daseinsbedingungen findet, und wird von anderen Standorten bald wieder verdrängt, falls sie dort einmal zu keimen vermochte. Vor allem aber kommt uns der Umstand zustatten, daß auch im Knyphauser Walde die Amplituden vieler Arten so eng sind, daß wir sie als „Zeiger" für bestimmte Standorts-Eigenschaften verwenden können. Daher ist es trotz der geringen Auswahl an Arten möglich, mehrere Pflanzengesellschaften zu unterscheiden und auf der Karte gegeneinander abzugrenzen, und mit deren Hilfe auch die Standorte zu kennzeichnen.

Allerdings müssen wir ganz von den örtlichen Gegebenheiten ausgehen und dürfen den Knyphauser Wald nicht mit Maßstäben messen, die aus anderen Wäldern hergeleitet wurden — auch wenn wir manche Ähnlichkeiten mit diesen feststellen. In seiner Insel-Lage inmitten von Kulturland, Heiden und Mooren ist er eine neue, einmalige Ganzheit, der sich alle Gewächse, die hier früher in anderen Pflanzengesellschaften lebten oder durch irgendeinen Zufall von außen her in den Wald gelangten, zu fügen haben. Viele dieser Pflanzen wachsen hier in anderer als der gewöhnlichen Nachbarschaft und verhalten sich in der neuen Umgebung vielleicht auch etwas anders als sonst. Daher gehen wir am besten ganz unvoreingenommen an die Gliederung der Pflanzendecke im Knyphauser Walde heran und vergleichen nur solche Pflanzenlisten miteinander, welche im Revier selbst aufgenommen wurden. Diese ordnen wir nach ihrer mehr oder minder großen Ähnlichkeit zu Tabellen und erkennen dann Gruppen von Pflanzenbeständen, die in verschiedenem Grade miteinander verwandt sind.

Das auf diese Weise gewonnene System hat allerdings nur für den Knyphauser Wald und ohne weiteres für kein anderes Waldgebiet Gültigkeit. Deshalb werden die Pflanzengesellschaften auch zunächst nur nach örtlichen Gesichtspunkten benannt, und zwar mit deutschen Namen im Gegensatz zu den lateinischen Bezeichnungen der natürlichen Wald-Assoziationen. Um den künstlichen Charakter dieser Gesellschaften hervorzuheben, sprechen wir außerdem

nicht von „Wäldern", sondern von „Kunstforsten" oder kurz von „Forsten". Erst abschließend soll versucht werden, sie für die waldbauliche Auswertung bestimmten natürlichen Waldgesellschaften zuzuordnen.

VI. Die Pflanzengesellschaften und ihre Standorte

1. Übersicht

Schon bei einem kurzen Gang durch den Knyphauser Wald erkennt man, daß der Unterwuchs unter Nadelhölzern ganz anders zusammengesetzt ist als unter Eichen, selbst dort, wo der Boden in beiden Fällen zweifellos gleich ist. Diese Beobachtung bestätigt nur die allgemeine Erfahrung, daß die Nadelbäume durch ihren gleichmäßigen Schatten und ihre schwer zersetzbare Streu andere Pflanzenarten begünstigen als die Eichen mit ihren im Frühjahr noch kahlen und auch später sehr lichten Kronen und ihrem rasch vermodernden Fallaub. Gemessen an diesem Unterschied, verhalten sich sämtliche Nadelbäume einander recht ähnlich, wenn auch z. B. die Kiefer ein lichteres, die Fichte ein dichteres Kronendach bildet, und die Weymouthskiefer mit ihren langen und dünnen, dauerhaften Nadeln fast alle Moose tötet, während die Waldkiefer manche Moosarten ausgesprochen begünstigt. In den Tabellen 3 bis 6 wurden deshalb Laub- und Nadelforsten völlig getrennt behandelt, letztere aber weitgehend zusammengefaßt. Auf der Vegetationskarte sind jedoch die standörtlich einander entsprechenden Gesellschaften mit derselben Farbe angelegt und die einzelnen Holzarten durch verschiedene Signaturen hervorgehoben worden. Im Knyphauser Walde können wir folgende Pflanzengesellschaften unterscheiden (siehe auch Abb. 5 und 6):

Nadelforsten:

Moosreiche Nadelforsten:
- Krähenbeer-Dünen-Kiefernforst
- Echter Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst
- Echter Weißmoos-Fichtenforst
- Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst
- Benthalm-Weißmoos-Fichtenforst
- Glockenheide-Nadelforsten

Kräuterreiche Nadelforsten:
- Echter Schildfarn-Fichten- (oder Tannen-)forst
- Benthalm-Schildfarn-Fichtenforst

Eichenforsten:

Moosreiche Eichenforsten:
- Benthalm-Weißmoos-Eichenforst

Kräuterreiche Eichenforsten:
- Echter Schildfarn-Eichenforst

An die Reihe der moosreichen Nadelforsten schließen sich einige von Natur aus baumfeindliche Gesellschaften oder doch solche an, in denen die Bäume nur kümmerlich gedeihen, und zwar:

Dünen-Bergkiefernforst
Ausblasungsflächen mit Glockenheide und
Glockenheide-Gesellschaften.

Die Eichenforsten endlich können wir zu den Waldgesellschaften in Beziehung setzen, welche in dem S. 26 besprochenen Eichenkamp entstanden sind. Diese erinnern bereits sehr stark an die folgenden von TÜXEN (1937) beschriebenen natürlichen Waldgesellschaften:

Feuchter Stieleichen-Birkenwald
Veilchenreicher Traubeneichen-Birkenwald
(jetzt Buchen-Eichenwald genannt, siehe TÜXEN 1956 und später).

Um die Zusammenhänge zwischen den Standorten und Böden einiger von diesen Pflanzengesellschaften geschlossen darstellen zu können, seien sie in etwas anderer Reihenfolge besprochen, als es ihre systematische Verwandtschaft erfordern würde.

2. Moosreiche Nadelforsten und Glockenheide-Gesellschaften

Auf den relativ armen Böden des Reviers, die bei weitem vorherrschen, sind die Nadelholz-Bestände besonders reich an Moosen. Namentlich durch drei derselben, *Entodon schreberi, Dicranum scoparium* und *Dicranum undulatum,* werden sie eng miteinander verbunden und gegen die Gesellschaften der reicheren Böden abgesetzt (vgl. Tab. 3 und Tab. 4). Im Bereich des Knyphauser Waldes weisen diese Moose mit ziemlicher Sicherheit darauf hin, daß dem Boden eine sauere Humusdecke aufliegt, und nicht selten finden wir unter dieser Humusdecke ein Heidepodsol-Profil mit Bleichsand und Orterde. Bestände, in denen die drei genannten Moosarten vorherrschen, ohne daß die weiter unten erwähnten Arten der „Weißmoos-Forsten" auftreten, nennen wir zum Unterschied von den letzteren kurz die „Moos-Fichtenforsten" (oder „Moos-Kiefernforsten"). Sie sind in Tab. 3 zusammengestellt, und Abb. 5 zeigt einige charakteristische Waldbilder. Als Typus dieser Gesellschaften dürfen wir den

a) Echten Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst

ansehen, der keine eigenen Unterscheidungsarten enthält. Am Boden fallen neben den drei allen moosreichen Nadelforsten gemeinsamen Arten noch die glatten, etwas glänzenden Teppiche von *Plagiothecium curvifolium* auf, das schattige Stellen bevorzugt und daher in vielen fichtenreichen Beständen dominiert. Einige Horste oder auch ganze Rasen der Draht-Schmiele *(Deschampsia flexuosa),* die aber nur vegetieren und erst auf Lichtungen zur Blüte gelangen, sind häufig die einzigen Phanerogamen im Unterwuchs der Echten Moos-Fichtenforsten.

In der Regel stocken die Echten Moos-Nadelforsten auf einem wenig veränderten Bodenprofil der trockenen Sandheide, d. h. auf einem tiefgründig san-

digen Heidepodsol ohne erkennbaren Einfluß des Grundwassers (Abb. 7 d). Ist ein solcher Boden mit mehreren Dezimetern Flugsand überdeckt (Abb. 7 b), so vermag sich nur noch die Kiefer kräftig zu entwickeln, weil sie mit ihren Wurzeln tiefer dringt und häufig sogar noch die verschüttete Orterde durchbricht, während die Fichte in den Oberschichten unter Trockenheit leidet und unterständig bleibt (Abb. 5 b). Derartige besonders trockene moosreiche Forsten nennen wir

b) Krähenbeer-Dünen-Kiefernforsten.
Sie sind dauernd so licht, daß sich Heidesträucher in ihnen halten oder doch wieder ausbreiten können, wenn sie auch zeitweise von jungen Bäumen verdrängt werden. Stets findet man daher mitten in den Beständen, nicht nur an den Wegrändern, einige Horste der Heide *(Calluna)*, häufig aber auch große Herden der Krähenbeere *(Empetrum nigrum)*, die offensichtlich den Dünensand bevorzugt.

Die trockensten, jüngsten und deshalb auch humusärmsten Dünen-Kuppen tragen noch keinen richtigen Wald. Sie wurden meist mit Bergkiefern bepflanzt, die hier zwar ebenso kümmerlich gedeihen wie die Waldkiefern (Abb. 5 a), aber die Aufgabe, den Sand vor weiteren Verwehungen zu schützen, besser erfüllen als diese. Derartige

c) Dünen-Bergkiefernforsten
wurden in Tab. 3 nicht aufgenommen, weil sie wenig einheitlich und stets nur fragmentarisch ausgebildet sind. Häufig haben sie überhaupt keinen Unterwuchs, und nur dürre Nadeln bedecken stellenweise den nackten Sand. Hier und dort finden sich auch einige niedrige Strauchflechten, wie sie in Sand-Flechtenfluren verbreitet sind. Der Boden dieser Dünen-Bergkiefernforsten ist noch kaum entwickelt, humusarm und kaum podsoliert.

Schritten wir bisher von dem Typus der moosreichen Nadelforsten, dem Echten Moos-Fichtenforst, zu immer trockeneren Standorten fort, so wenden wir uns nunmehr den feuchten und nassen Böden zu, die im Knyphauser Walde eine ungleich größere Rolle spielen. Auch auf diesen treten zu den Arten des Echten Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forstes neue hinzu, die wir als Unterscheidungsarten benutzen können. Vor allem ist es der Benthalm *(Molinia)*, welcher dort, wo er genügend mit Wasser versorgt wird, sogar im Schatten der Fichten vegetiert. Als zweiter „Feuchtigkeitszeiger" ist die Moorbirke *(Betula pubescens)* zu nennen, die allerdings nicht so regelmäßig auftritt wie der Benthalm. Vermutlich ist sie in den Beständen deshalb so selten, weil es an Samenbäumen mangelte, als die Forsten noch jung waren. Wo beide Feuchtezeiger mitten in den Beständen vorkommen, können wir sicher sein, daß das Grundwasser wenigstens zeitweise in ihren Wurzelbereich emporsteigt, oder aber, daß sich das Sickerwasser im Boden staut — sei es über der Grundmoräne oder über einer von Wehsand begrabenen Orterdebank. Als Typus der feuchten moosreichen Forsten im Knyphauser Wald darf der

Tab. 3 : Moosreiche Nadelforst-Gesellschaften im Knyphauser Walde in Ostfriesland (alle Bestände ~75-jährig)

Vegetationseinheiten:		Krähenbeer-Dünen-Kiefernforst		Echter Moos-Fichten-forst		Echter Weißmoos-Fichtenforst, Haarsimsen-Variante		Benthalm-Moos-Fichten-forst		Benthalm-Moos-Kiefern-forst		Glocken-heide-Nadelforst		Benthalm-Weißmoos-Fichtenforst Haars.-Var.	
Laufende Nr.:		1 2	3 4	5 6 7 8 9 10		11 12 13	14 15 16	17 18 19 20 21 22 23 24 25 26				27 28 29 30 31		32 33 34 35 36 37	38 39
Aufnahme-Nr.:		171 165	173 156	196 159 152 159 143 158		153 424 423	428 195 150	425 195 148 175 183 149 200 197 166 155				426 163 170 159 127		167 168 151 149 421 422	160 161
Jagen Nr.:		85 88	76 114	103 122 113 113 121 114		113 111 122	113 111 111	99 73 79 79 110 111 75 101 88 144				100 93 95 144 100		79 106 112 111 112 113	110 107
		a. a_1	c_2 a_2	b a_2	b a_2	a_3 a_2		a a a a a	b	b a_2	a_1	b a a_2		a	
Höhe der Baumschicht	von	12-15	13-8-	15-15-12-12-15-14-		20-16-16-		14-14-14-12-12-15-12-14-14-12-				10-7-8-4-4-		14-18-16-12-24-17-	22-22
	bis	15	14 10	18 17 13 14 18 16		25 18 18		18 18 16 16 16 16 14 17 16 14				14 14 12 8 8		18 24 18 18 14 19	25 22
Kronenschluß (1/10)		2 2	4 3	5 4 5 5 5 4		5 7 7	8 7 6	7 4 6 6 6 4 3 3 2 3				4 3 2 3 3		6 7 7 8 8 7	5 7
Deckungsgrad d. Strauchsch. (%)		<1 <1	1 <1	<1 <1 1 <1 <1 1		<1 - -	- - -	= 15 = 2 2 = <1 20 <1 5				= <1 5 <1 -		<1 - - - - - -	<1 -
" " Krautsch. (%)		90 95	60 20	15 <1 3 50 10 50		10 <1 1	15 30 15	5 <1 1 5 5 60 80 50 50 80				40 60 80 ± 50		1 1 5-10 3 5	30 2
" " Moosschicht (%)		100 100	95 100	95 95 100 100 100 100		100 75 95	80 75 100	90 75 90 30 30 90 100 100 100 100				70 100 100 ± 75		100 100 100 90 80 95	90 95
Artenzahl:		13 17	12 12	11 9 9 9 11 11		19 11 14	13 15 15	9 7 11 12 12 13 15 20 16 12				13 18 19 15 16		12 15 13 10 12 16	18 11
Picea abies	B			3 3 3 2 2		3 4 3	4 4 2	4 4 4 3 2 3	2			3 2 3 3 2		4 4 4 4 4 4	3 4
" "	S	+	+ +	1 + 1 1 + +		+		+ 2 1 2 + 2 + 2				+ - 1 1°		+	+
" "	K			1 1 + + +		+ + +	1 1	+ 1-+ 1				+ +		1 1	+ +
Pinus silvestris	B	2 2	3 3	2 2 2 3 2	3	2 + 2	1 (1) 2	2 2 2 2 2 3	3 3 2 3			2 2 2 2		1 1 (1) 1 3	1 (+)
" "	S		+												
" "	K			+								+			
Quercus robur	B			+ 2		+	1 2 1	(+)				+° 1		(+) + 2	
" "	S							1 2				+			
" "	K		+	+ + +			+ +	+ + + 1				1 + +		+ +	
Abies alba	B			1								2			
" "	S											+			
" "	K			+				+							
Pinus strobus	B											(+) 1 3			
" "	S							2				1		+	
" "	K							1 +							
Quercus petraea	B							3							
Fagus silvatica	S											1°			
Sorbus aucuparia	S	+ 1	1 +	1 + - 1 1		2		(+) + 1 2 1 1				+ +			+
" "	K	1 1	+	+ + + + 1		1	1 + 1	+ 1 2 1 1				+ +		1 +	+
Salix aurita	S											(+) (+)			
Frangula alnus	S						+								
Diff. moosreich. Nadelforsten:															
Entodon schreberi	M	5 4	4 5	4 2 4 4 4 5		3 2 1	1 2 3	2 2 1 3 3 3 5 4 4 5				2 2 4 3 2		3 2 4 2 2	2 3
Dicranum scoparium	M		2 2	2 2 2 3 1 1		2 3 2	3 3 2	3 2 3 3 2 3 1 1 2 2				2 3 2 2 2		2 2 2 2 3 3	2 3
" undulatum	M	2 2	2	3 3 3 2 3 (+)		3 1 1	1 2 2	1 2 2 2 + 2 2 2 2 1				1 3 3 2 +		2 3 3 3 2 2	1 1
Diff. Benthalm-Moos-Nadelf.:															
Molinia coerulea								2°+°+ 1 1 3 4 2 3 3				3 3 3 3 3		+° +° +° +° 2	2 1
Betula pubescens	B							1 1 + 3 (1)				1 2		+ + +	
	S+K	+						1 2				+ 1 1		+	
Weitere Differentialarten:															
Empetrum nigrum		3 4	3 3									2			
Calluna vulgaris		2 1	1 2									(+) 3 2 2 2			
Erica tetralix												(+) 2 3 2 1			
Festuca ovina ssp.		2 2													
Calamagrostis epigeios		2 (+)													
Plagiothecium undulatum	M					2 2 +	2 3 1	2 +						2 3 2 + 1 +	3 2
Leucobryum glaucum	M					1 + +	1 2							2 1 2 (1) + +	2
Dicranum majus	M					2 +	2 3 3							2 1 1 1 +	2
Luzula pilosa							2 1 1								2
Brachythecium rutabulum	M						2 1								1 1
Übrige:															
Plagiothecium curvifolium	M	1	1 2	2 3 2 1 1		3 1 2	1 3 3	3 4 4 2 1 1				4 2 2 3 4		3 3 4 2 3 4	3 4
Deschampsia flexuosa		4 1	2 3	2 + 2 4 1° 3		2 3 2	2 1° 1°	(+) 1 2 3 2 3 1 4				(+)		2 (1)	3
Lophocolea bidentata	M	1		1		+	+2 +2	1 + + 1				1 1 1		1 + 1	
Vaccinium myrtillus			1	1 + 2		+°		1°3 2				3 (+)		+ + (+°) +°	
Dryopteris austr. spinulosa		1 +	+ 1			+		+ 1 1 +							
Galium saxatile		1 1	2	2				1 2 3							
Scleropodium purum	M	1 1		2		3		+ 2 1							1
Ptilium crista-castrensis	M					1		2 3 2							
Lebermoose div. spec.	M			+				+				+		+	
Epilobium angustifolium		+°						+							
Anthoxanthum odoratum								2 1							
Cladonia spec.	M											2 2-1			
Polytrichum attenuatum	M					+		+ 2							
Cladonia cf. silvatica	M											+ 2			
Hylocomium loreum	M					1									1
Polytrichum juniperinum	M											1 +			
Polypodium vulgare						+ +									

Je einmal kommen vor: Lfd. Nr. 2 : Hylocomium splendens 2, Nr. 9 : Vaccinium vitis-idaea 1, Nr. 11 : Majanthemum bifolium +, Carex pilulifera +°, Nr. 24 : Agrostis capillaris +, Nr. 25 : Lycopodium annotinum (1), Luzula multiflora +, Nr. 30 : Cladonia cf. squamosa 1, Nr. 33 : Thuidium tamariscinum +°, Nr. 38 : Stellaria holostea +°, Nr. 39 : Mnium hornum 1. = Die Aufnahmefläche beträgt in allen Fällen 100-200 m²; ( ) ≡ außerhalb derselben.

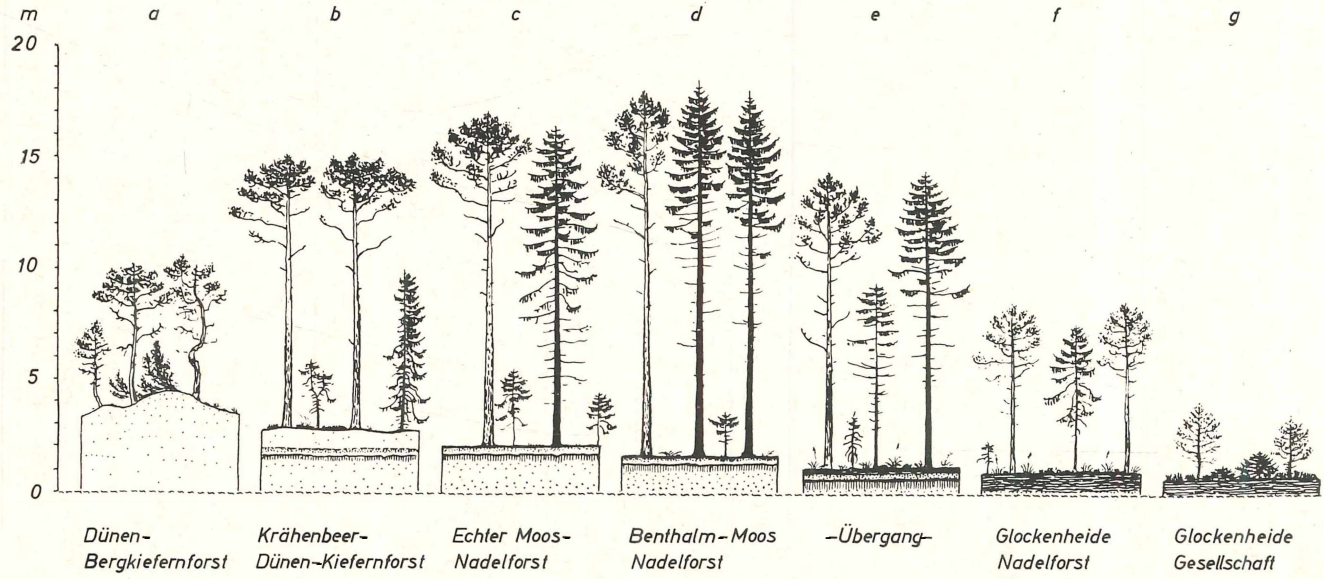


Abb. 5: Charakteristische Waldbilder der Pflanzengesellschaften auf armen Sandböden und sauren Mooren („arme Reihe"). Skizzen nach der Natur, im Maßstab der durchschnittlichen Baumhöhe.

d) Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst

gelten (Abb. 5 d). In ihm wird auch die flachwurzelnde Fichte gut mit Wasser versorgt. Sie unterdrückt daher nicht selten die Kiefer, so daß sie heute selbst dort vorherrscht, wo ursprünglich Mischbestände beider Holzarten begründet wurden. Das verhältnismäßig schattige Kronendach solcher Fichtenforsten meiden höhere Pflanzen fast ganz (Tab. 3, Lfd. Nr. 17—22). Herrscht in der Baumschicht die Kiefer — in manchen Jagen wurden ja Reinbestände derselben begründet —, so wuchern alle lichtbedürftigen Arten aber auf dem feuchten Boden üppiger als auf den trockeneren des Echten Moos-Kiefernforstes (vgl. Tab. 3, Lfd. Nr. 23—26). Auch die Heidelbeere, die aber im Knyphauser Walde wohl noch nicht an allen ihr zusagenden Stellen Fuß gefaßt hat und sich sehr wahrscheinlich noch weiter ausbreiten wird, bildet dort, wo sie unter Kiefern in feuchten moosreichen Nadelforsten vorkommt, große Herden. Stellenweise hat sich in solchen Kiefernbeständen sogar das hübsche Straußfedermoos *(Ptilium crista-castrensis)* eingefunden, das als eine Charakterart natürlicher Nadelwälder gelten darf.

Wie der Echte stockt auch der Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst in der Regel auf einem typischen Heidepodsol, und zwar auf dem unter der feuchten Sandheide gebildeten. Dessen Profil unterscheidet sich von dem Bodenprofil der trockenen Heiden und Forsten dadurch, daß unter der Eisenorterde ein Gley-Horizont ausgebildet ist (Abb. 8). In den mineralarmen feinkörnigen Flugsanden des Knyphauser Waldes ist dieser nur an kleinen hellrostigen Flecken zu erkennen, deren Zahl und Größe gewöhnlich mit der Bodentiefe zunimmt. Im Boden des Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forstes erreicht das Grundwasser niemals den A-Horizont und höchstens in ausnahmsweise nassen Jahren die Orterde. Überall aber, wo solch basenarmes Grundwasser näher zur Oberfläche des Bodens emporsteigt, schadet es den Bäumen mehr als es nützt. Infolgedessen gedeihen sie in den

e) Glockenheide-Nadelforsten

schlechter als in den Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forsten (Abb. 5 f). In den *Erica*-reichen Forsten herrscht selten eine Baumart allein, und meistens findet man Fichten und Kiefern gemischt. Offensichtlich vermag aber die Kiefer eine gewisse Luftarmut im Boden und stagnierende Nässe besser zu ertragen als die Fichte. Sie erreicht deshalb verhältnismäßig größere Höhen als letztere, wenn sie auch ebenfalls kümmert. Das Kronendach solcher Bestände blieb immer verhältnismäßig lückig und licht, so daß sich der Benthalm massenhaft ausbreiten konnte und sogar Heidesträucher hier und dort weiter vegetieren, ja reichlich zur Blüte kommen. Neben *Calluna* und *Empetrum,* das sich auch auf nassen Böden stellenweise einfand, wenn es nur genügend Licht genoß, werden hier vor allem der Glockenheide *(Erica tetralix)* zusagende Daseinsbedingungen geboten. Systematisch ist der Glockenheide-Nadelforst nur als Untergesellschaft des Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forstes aufzufassen (Tab. 3).

Ein zeitweiliges Übermaß an saurem Grundwasser ist der entscheidende Faktor, auf den diese Gesellschaft hinweist. Die Bodenart kann dabei recht verschieden sein. Nicht selten stockt der Glockenheide-Nadelforst nicht auf Sand, sondern auf mächtigem Torf. Floristisch können wir solche Moorböden nicht von den Heidepodsolen abgrenzen. Auch im Waldwuchs unterscheiden sich die Standorte nicht, jedenfalls nicht in einem merklichen und praktisch wichtigen Maße.

Viel bedeutsamer für das Wachstum der Bäume auf solchen Naßböden ist der Grad ihrer Entwässerung. Überall, wo es gelungen ist, wenigstens die schädlichen Höchststände des Grundwassers rasch zu dämpfen, wo also das Wasser nicht lange stagniert, sondern bald wieder den Oberboden freigibt, kommen die Forsten besser voran — einerlei, ob es sich dabei um Sand oder Moor handelt (Abb. 5 e). Infolge der verschieden guten Entwässerung und ursprünglicher Unterschiede im Abstand des Grundwassers von der Oberfläche des Bodens gibt es im Knyphauser Wald eine gleitende Reihe von

f) Übergängen zwischen den Glockenheide-Nadelforsten und den Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forsten.

Da sich die Glockenheide-Nadelforsten von den Benthalm-Nadelforsten nur durch zwei Arten unterscheiden lassen und die eine von diesen, *Calluna*, lediglich auf Licht reagiert, also kein eigentlicher Nässezeiger ist, war es schwer, beide Typen und ihre Zwischenstufen auf der Karte richtig gegeneinander abzugrenzen, zumal das Gefüge und der Kronenschluß der Baumschicht mannigfach wechselt.

Um den standörtlichen Unterschieden möglichst gerecht zu werden, wurde bei der Kartierung nach folgenden Grundsätzen verfahren:

1. Glockenheide-Nadelforsten wurden nur dort in die Karte eingetragen, wo *Erica* regelmäßig auf allen einigermaßen lichten Stellen der Bestände vorkommt und auch *Calluna* reichlich auftritt.
2. Der Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst wurde dagegen im allgemeinen nur dort kartiert, wo zwar *Molinia* gedieh, aber alle Zwergsträucher fehlten. Eine Ausnahme wurde nur im Jagen 114 s_1 gemacht, wo sich unmittelbar neben Kiefern-Altbeständen, die zweifellos zum Benthalm-Moos-Kiefernforst zu rechnen waren und keine Heide enthielten, in einer Schonung vereinzelt *Erica* und reichlich *Calluna* eingefunden hatten.
3. Übergänge zwischen beiden Typen endlich wurden ausgeschieden, wenn *Erica* zwar nicht in den Beständen selbst (oder höchstens auf größeren Lichtungen) zu entdecken war, aber zahlreich die Wege säumte, d. h. also, wenn *Erica* zweifellos auf dem Boden noch zu gedeihen, sich aber im Innern der wüchsigeren Bestände nicht mehr zu halten vermochte.

Die Glockenheide-Nadelforsten kennzeichnen trotz ihrer Armut noch nicht die nassesten und schlechten Standorte des Reviers. Auf diesen mißlangen die Aufforstungen überhaupt. Solche Stellen fallen im südwestlichen Teil des Knyphauser Waldes als eigenartig geformte Senken auf, in denen häufig das Wasser oberflächlich zusammenläuft und nicht abzuziehen vermag. Nur vereinzelte Baumkrüppel rangen sich hier durch (Abb. 5 g) und stören das Gefüge der

g) Glockenheide-Gesellschaften,
die hier in verschiedener Ausbildung vorkommen, nur sehr wenig. In kleinen flachen Dellen, in denen das Wasser besonders lange stagniert, fehlt sogar die Glockenheide. Häufig bilden diese baumfeindlichen Naßboden-Gesellschaften ein mannigfaches Kleinmosaik, das sich in der Karte nicht darstellen ließ und deshalb zusammengefaßt wurde.

An diese zum Teil natürlichen, zum Teil erst durch den Menschen geschaffenen Standorte von Glockenheide-Gesellschaften müssen wir schließlich auch die

h) Ausblasungsflächen mit herrschender Glockenheide
anreihen, mit welchen die Dünen in den Jagen 74—76 und 85—87 zusammenhängen. Sowohl der Boden als auch die Pflanzendecke dieser Ausblasungsflächen sind Gebilde von besonderer Eigenart. Die im großen und ganzen waagerechte Fläche ist mit zahlreichen kleinen, nur wenige Dezimeter hohen Sandbuckeln besetzt, auf denen graue Strauchflechten vorherrschen. Die Zwischenräume füllt eine Heidegesellschaft aus, in der *Erica* am häufigsten vertreten ist. Manche Flecken sind ganz pflanzenleer oder von einem anspruchslosen Moose, *Polytrichum juniperinum,* bedeckt. Hier und dort findet man in kleinen Dellen, in denen der Sand fast nackt zutage tritt und nur etwas Humus vom Regenwasser zusammengeschwemmt wurde, *Lycopodium inundatum* und *Drosera rotundifolia.* Als Beispiel dieser genügsamen Pflanzendecke sei folgende Aufnahme (Nr. 173) wiedergegeben:

Knyphauser Wald, Jagen 86a. 4. 7. 46. Aufnahmefläche 25 m².

Einzelne Kiefern, äußerst kümmerliche Zwerge, die höchsten 3,5 m; krumm, breitkronig, kleinnadlig, z. T. niederliegend. Schätzungsweise 70jährig. In kleinen Gruppen beisammenstehend, Kronenschluß 0,2.

Dazwischen Heide, etwa 80% der Fläche deckend, 15—25 cm hoch, Glockenheide blüht reichlich.

Am Boden graue Strauchflechten (40% der Fläche) und niedrige Moose (40%). Rest nackter oder mit Algen überzogener Sand.

Eben, stellenweise einige bis 40 cm hohe, trockenere Sandbuckel (diese wurden von der Aufnahme ausgeschlossen) und wenige Entwässerungsgräben von 20—40 cm Tiefe.

Str. 2 *Pinus silvestris*	Kr. 3 *Erica tetralix*	M. 3 *Cladonia* cf. *impexa*
1 *Pinus montana*	3 *Calluna vulgaris*	3 *Polytrichum juniperinum*
	1 *Epetrum nigrum*	2 *Entodon schreberi*
	1 *Molinia coerulea*	1 *Stereodon cupressiforme*
	1 *Drosera rotundifolia*	1 *Dicranum undulatum*
	+ *Pinus silvestris* K	+ *Dicranum scoparium*
	+ *Quercus robur* K	

Bäume wachsen auf dieser Ausblasungsfläche nur vereinzelt, und zwar vorwiegend Waldkiefern, die vermutlich gleichzeitig mit denen der angrenzenden Bestände aufgeforstet wurden. Obwohl sie also vielleicht 80 Jahre, zumindest aber

einige Jahrzehnte alt sind, blieben die meisten von ihnen niedriger als 2 m. Die Ursache für dieses kümmerliche Gedeihen läßt uns das Bodenprofil Nr. 173 vermuten:

Bodenart:		fein- bis mittelkörniger Sand (Rest einer Flugsand-Decke).
A_0	0—0,5 cm	schwarzbraune Heidestreu, äußerst dünne und lückige Decke.
A_1/A_2	3—5 cm	hellgrauer, oben etwas dunklerer, noch leicht gelblicher Bleichsand, im ganzen nur schwach humos, sehr dicht durchwurzelt (Hauptwurzelhorizont). Allmählich übergehend in
B G	5—7 cm	hell-gelbbrauner Sand, schwache Andeutung einer Orterde-Bildung, mit kleinen hellrostigen Streifen und Schlieren, besonders längs einzelner Baumwurzeln; nicht verfestigt. Allmählich übergehend in
G_1	25 cm	hell-gelbgrauer, fast weißer Sand, mit leuchtend hell-rostigen, stellenweise zu Bändern geordneten Flecken; Breite dieser Bänder 3—6 cm. Undeutlich geschichtet aus Sanden etwas verschiedener Korngröße. Scharf abgesetzt gegen
G_2	> 30 cm	hell-gelbbrauner Sand, etwas gröber, im Abstand von 0,5—1 cm heller und dunkler gebändert, einzelne verwaschene dunkle Rostflecken.

Grundwasser nicht erreicht, schätzungsweise (nach Entwässerungsgraben) in 1,20 m Tiefe.

Mit Ausnahme der noch sehr dünnen Rohhumusdecke und dem erst wenig humosen Bleichsand fehlt dem mageren Sandboden also jede Spur von Humus. Auch den Pilzen, die als Symbionten für die Ernährung der Kiefer eine so große Rolle spielen, ist noch keine Lebensmöglichkeit gegeben, und darin liegt wahrscheinlich der Grund, warum die Bäume auf diesem Boden so schlecht vorankommen.

Alle Beobachtungen sprechen dafür, daß wir hier einen recht jungen Boden vor uns haben. Aus seiner Lage können wir schließen, daß er der verbliebene Rest einer früher mächtigeren Flugsand-Decke ist, die wie die Böden in der näheren und weiteren Umgebung ehemals verheidet war. Nach Zerstörung des Heidepodsols, deren mögliche Ursache S. 21 gestreift wurde, entführte der Wind allen Sand, der nicht vom Grundwasser durchfeuchtet war, und häufte ihn an den Rändern der Ausblasungszunge zu Dünen auf. Im Laufe der Zeit wuchs diese durch den Wind entblößte Fläche immer mehr in die Länge und Breite, und kleinere Dellen von ähnlicher Beschaffenheit bildeten sich auch in ihrer Nachbarschaft. Alle diese Rohboden-Flächen sind ein lehrreiches Beispiel dafür, daß Humus eine sehr wichtige Voraussetzung für das Gedeihen der Bäume und vieler anderer Pflanzen ist. Sogar der sauerste Heidepodsol ist bei gleichem Grundwasserstand fruchtbarer als der bloßgelegte Untergrund, zumindest, wenn dieser — wie hier — aus sterilem Sand besteht. Sicher ist die Ausblasungsfläche älter als die Aufforstung, also mindestens seit 80 Jahren bewachsen. Die natürliche Bodenbildung schreitet hier also nur langsam voran und müßte durch künstliches Aufbringen von Humus beschleunigt werden, wenn man in absehbarer Zeit bessere Wuchsleistungen der Bäume erzielen möchte.

Überblicken wir noch einmal die bisher besprochenen Pflanzengesellschaften und ihre Standorte, so sehen wir auch ohne genaue Kenntnis der mittleren Grund-

wasserstände[1]), daß sie von den trockensten bis zu den feuchtesten Böden die folgende ökologische Reihe bilden:

Dünen-Bergkiefernforst
Krähenbeer-Dünen-Kiefernforst
Echter Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst
Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst
Glockenheide-Nadelforst
Glockenheide-Gesellschaften.

Diese Pflanzengesellschaften machen zusammen mindestens 90% der Fläche des Knyphauser Waldes aus. Trotz ihrer großen Verschiedenheiten sind sie durch ein Kennzeichen verbunden, das sich sowohl in der Bodenflora als auch in dem Gedeihen der Bäume ausprägt: Sie besiedeln sämtlich außerordentlich nährstoffarme Sande oder Torfe. Auch die Böden haben dementsprechend viel Gemeinsames. Die Bodenprofile fast aller Pflanzengesellschaften dieser „armen Reihe" können wir — zumindest gedanklich — von einem Heidepodsol herleiten:

1. Der Echte Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst stockt gewöhnlich auf einem typischen oder nur wenig von Flugsand überwehten trockenen Heidepodsol (Abb. 7d und c).
2. Wurde dieser höher von Flugsand überweht, so gedeiht darauf meistens der Krähenbeer-Dünen-Kiefernforst (Abb. 7b).
3. Steht das Grundwasser höher an oder war sonst ein Anlaß zur Bildung eines Gley-Horizontes unter der Orterde gegeben, so entspricht das Profil dem Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst (Abb. 8h—k).
4. Steigt das Grundwasser bis in die Orterde oder gar zeitweilig in den Oberboden hinauf oder ist der Heidepodsol von Torfen überlagert, die noch nicht oder erst wenig entwässert wurden, so kann nur der Glockenheide-Nadelforst auf ihm gedeihen (Abb. 9q und r).
5. Häufigere Überstauung mit saurem Wasser hemmt den Baumwuchs derart, daß sich Glockenheide-Gesellschaften zu halten vermochten.
6. Wurde das Podsol-Profil zerstört und der darunterliegende Sand bis auf den humusfreien, aber vom Grundwasser durchfeuchteten Untergrund vom Winde weggeführt, so entstand ein außerordentlich unfruchtbarer Rohboden (Abb. 9s), der von einer eigenartigen, glockenheide-reichen Pflanzendecke besiedelt wurde.

3. Weißmoos-Fichtenforsten

Im nördlichen Teil des Knyphauser Waldes wird das verhältnismäßig eintönige Bild der moosreichen Nadelforsten durch einige Pflanzenformen belebt,

[1]) Beobachtungen des Grundwasserstandes konnte ich nur in Bodenprofilen und Gräben im Frühjahr und Herbst 1946 durchführen. Exakte Angaben über den mittleren Grundwasserstand wären erst nach jahrelangen fortgesetzten Brunnen-Ablesungen möglich.

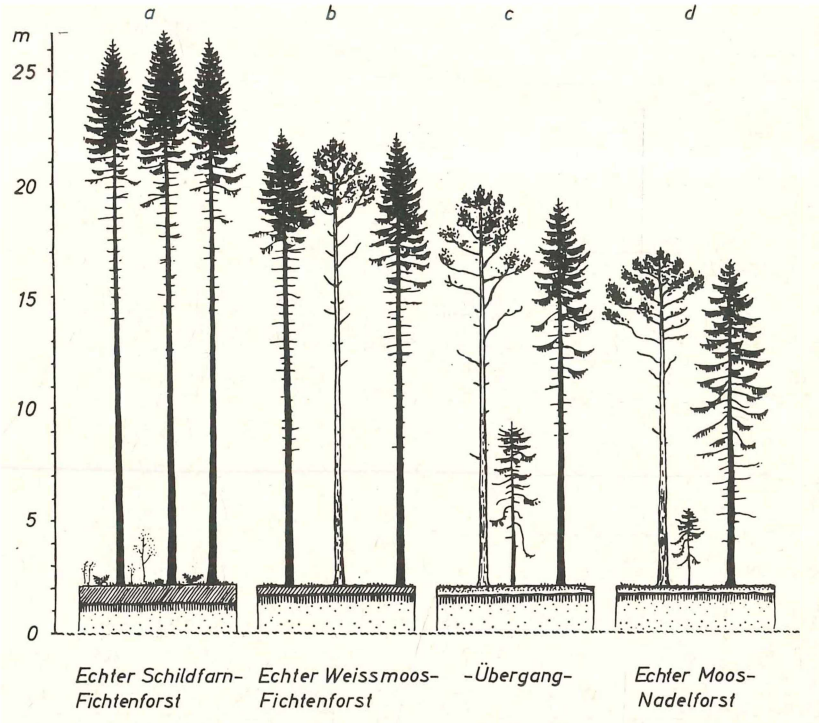


Abb. 6: Charakteristische Waldbilder der Pflanzengesellschaften auf Ackerböden und auf Heidepodsolen mit annähernd gleichem Grundwasserstand (vgl. Abb. 5; Erläuterung im Text).

die zu den schon bekannten neu hinzutreten. Vor allem sind dies drei Moose, nämlich das breitblättrige *Plagiothecium undulatum,* das hohe, dunkelgrüne Polster bildende *Dicranum majus* sowie *Leucobryum glaucum,* das wegen seiner bei Trockenheit bleichgrünen halbkugeligen Polster Weißmoos genannt wird (siehe Tab. 3). Im Gegensatz zu den anderen Arten der moosreichen Nadelforsten, die auch hier nicht fehlen, stellen diese Moose etwas höhere Ansprüche an ihre Ernährung. Das gilt selbst für *Leucobryum glaucum,* das zwar auf besseren Böden eine Verschlechterung des Humuszustandes anzeigt, aber in jedem Falle den sauersten Rohhumus meidet. Im übrigen hat der Unterwuchs der Weißmoos-Fichtenforsten sehr große Ähnlichkeit mit demjenigen der ärmeren Moos-Fichtenforsten. Wir schließen sie deshalb auch systematisch an letztere an, und zwar den

Echten Weißmoos-Fichtenforst

an den Echten Moos-Fichtenforst und den

Benthalm-Weißmoos-Fichtenforst

an den Benthalm-Moos-Fichtenforst (Tab. 3). Wie das Bodenprofil des letzteren zeichnet sich auch dasjenige des Benthalm-Weißmoos-Fichtenforstes durch einen Gley-Horizont vor dem des Echten aus.

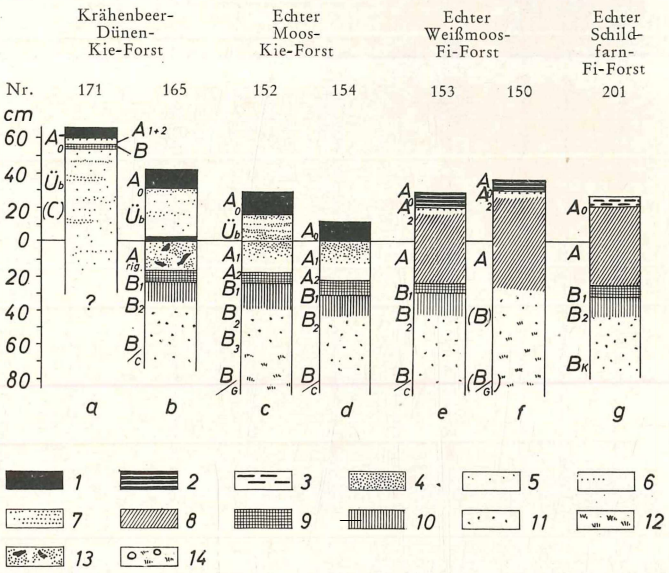


Abb. 7: Bodenprofile in Sandböden mit tiefem Grundwasserstand und darauf stockende Pflanzengesellschaften.
1 = Rohhumus, 2 = modriger Rohhumus, 3 = Moder; 4 = humoser Bleichsand, 5 = humusarmer Bleichsand; 6 = junge Sand-Überwehung, ungebleicht, 7 = alte Überwehung, gebleicht; 8 = alte Ackerkrume; 9 = Humus-Orterde, 10 = rostige Orterde; 11 = hellgelber Sand ohne erkennbare Gliederung, 12 = desgl. mit kleinen Rostflecken (Gley); 13 = einmal durchgepflügter Heide-Oberboden; 14 = Gley in Geschiebesand bzw. Geschiebelehm.

In beiden Gesellschaften weisen die anspruchvolleren Moose insbesondere darauf hin, daß der Humus etwas besser beschaffen ist als der typische saure Rohhumus. Zwar erreicht auch in den Weißmoos-Fichtenforsten der Auflagehumus meist recht beträchtliche Dicke (Abb. 7 e und f, 8 n und o). Zumindest seine oberste Schicht ist aber modrig und von Tieren belebt, und die ganze Auflage erscheint niemals so plattig und verfilzt, wie das in den ärmeren Moos-Fichtenforsten der Fall ist. Die Fichten gedeihen in den Weißmoos-Fichtenforsten verhältnismäßig gut; sie unterdrückten häufig die mit ihnen zugleich gepflanzten Kiefern oder ließen doch nur wenige von diesen hochkommen (Abb. 6 b). Selbst auf den verhältnismäßig trockenen Böden des Echten Weißmoos-Fichtenforstes ist die Fichte in der Regel vorwüchsig. Aus diesen Beobachtungen dürfen wir schließen, daß insbesondere der Oberboden, in dem die Fichte ja fast ausschließlich wurzelt, etwas

reicher an Nährstoffen ist als der Boden der Echten und Benthalm-Moos-Fichtenforsten, und daß infolgedessen auch die Streu mehr von diesen Stoffen enthält.

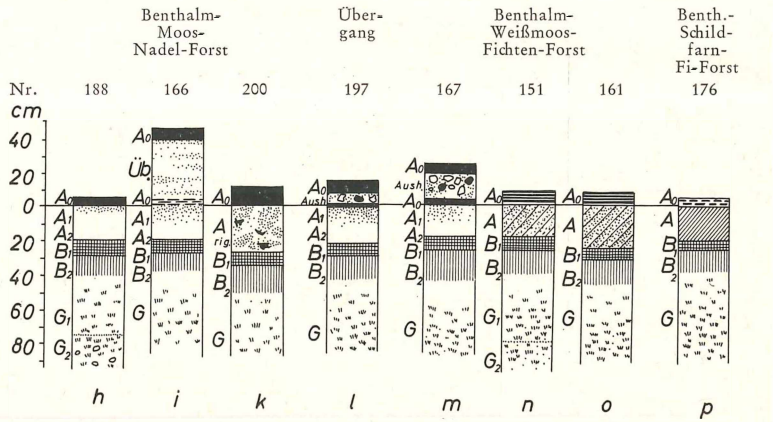


Abb. 8: Bodenprofile in Sandböden mit mäßig hohem Grundwasserstand und darauf stockende Pflanzengesellschaften. Zeichenerklärung in Abb. 7 (Schrägschraffur auf punktiertem Grund bedeutet mehrmals durchgepflügten Oberboden).

Die Ursachen dieses größeren Reichtums können verschiedene sein. Häufig finden wir zwar auch unter den Weißmoos-Fichtenforsten ein Orterde-Profil, erkennen aber, daß der Bleichsand durchpflügt und wenigstens zeitweilig beackert wurde (Abb. 7 e und f, 8 n und o). Die Echten Weißmoos-Fichtenforsten stocken sogar meistens auf alten Eschböden, die allerdings oberflächlich etwas gebleicht wurden (Abb. 7 e und f und Beschreibung S. 30), oder in ehemaligen Kämpen. Der Benthalm-Weißmoos-Fichtenforst ist dagegen nicht auf solche Kulturböden oder früher kultivierten Heideböden beschränkt.

Im allgemeinen liegt die ohnehin meist nur schwach lehmige Grundmoräne so tief unter der Flugsanddecke begraben, daß die Fichte kaum aus ihr zehren kann. Moränen-Untergrund dürfte daher nur in seltenen Fällen Anlaß ihres besseren Gedeihens und des günstigeren Humus-Zustandes sein, auf welchen die Unterscheidungsarten des Weißmoos-Fichtenforstes ansprechen.

Auffallend ist es, daß die Weißmoos-Fichtenforsten weder auf sehr nassen noch auf besonders trockenen Böden anzutreffen sind. Sie verhalten sich also zum Grundwasser ähnlich wie das Ackerland, mit dem man ja extrem nasse Böden ebenso meidet wie sehr trockene, und für das man auf Sandböden die frische bis feuchte Mittellage bevorzugt. Diese Tatsache stützt unsere Annahme, daß häufig eine Kultivierung des Orterde-Bodens vorangegangen war, wo sich später Weißmoos-Fichtenforsten entwickelten. Sie gewinnt noch mehr an Wahrscheinlichkeit, wenn man den Nordteil des Meßtischblattes Wiesede, das den Zustand des Ge-

ländes südlich des Knyphauser Waldes etwa um 1900 wiedergibt, mit der Gestalt der Flächen vergleicht, welche die Weißmoos-Fichtenforsten im Revier einnehmen (Abb. 4). Die Kultivierung der Heide schritt früher in eigenartiger Weise fleckenartig voran. Hier und dort brach man mitten in der Heide Äcker um und ließ dazwischen unregelmäßige Streifen Heide stehen. Die Begrenzung der Äcker war durchaus nicht immer rechtwinkig und häufig treppenartig. Nicht selten ließ man kultivierte Stücke auch wieder liegen, selbst wenn sie bereits durch Wälle abgegrenzt waren.

Nach den Untersuchungen der Bodenprofile stocken fast alle Echten Weißmoos-Fichtenforsten und viele Benthalm-Weißmoos-Fichtenforsten auf ehemaligem Kulturland. Ohne jede Einschränkung gilt dies für diejenigen Bestände, in welchen außer den drei „anspruchsvollen" Moosen zwei Pflanzenarten auftreten, die noch etwas größere Ansprüche an die

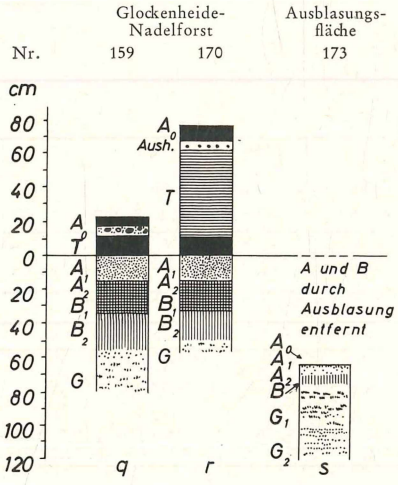


Abb. 9: Bodenprofile in Sand- und Moorböden mit hohem Grundwasserstand und darauf stockende Pflanzengesellschaften. Zeichenerklärung in Abb. 7 (dichte waagerechte Schraffur bedeutet Torf)

Bodengüte stellen, nämlich die Haarsimse *(Luzula pilosa)* und das Moos *Brachythecium rutabulum.* Mit Hilfe dieser Arten können wir sowohl im Echten als auch im Benthalm-Weißmoos-Fichtenforst eine

Haarsimsen-Variante

unterscheiden (Tab. 3). Wo beide Arten im Weißmoos-Fichtenforst vorkommen, dürfen wir im Knyphauser Walde also mit Sicherheit auf ehemaliges Bauland schließen.

4. Schildfarn-Fichtenforsten

Die Bedeutung früherer Ackerböden für das Gedeihen der Bäume und für das Gefüge der Pflanzengesellschaften im Knyphauser Walde tritt noch klarer hervor, wenn wir die Flächen betrachten, die höchst wahrscheinlich bis zur Aufforstung beackert und gedüngt worden waren und an einigen Stellen in den Forst einbezogen wurden (Abb. 4). Diese sind im Knyphauser Walde ungleich kleiner als in den Lütetsburger Forsten, tragen aber eine sehr ähnliche, farn- und kräuterreiche Pflanzendecke. Meist handelt es sich um tiefgründige, alte Eschböden im Bereich der „Schäferei" und nahe dem Gastwirtsgehöft, das früher statt der Försterei an der alten Poststraße lag. Besonders nördlich der Försterei ist es unzweifelhaft, daß nur die frühere Beackerung, nicht auch ein gewisser Lehmgehalt im Untergrund, den auffallend hohen Wuchs der Fichten verursachte, und daß unter solchen Umständen nicht einmal eine zusätzliche Versorgung aus dem Grundwasser nötig ist, um verhältnismäßig große Leistungen zu erzielen. Hier liegt nämlich ein alter Hochacker mit 50 cm Krume über Orterde[1]) unmittelbar neben dem Postweg, der schätzungsweise mehr als 1,50 m in den fein- bis mittelkörnigen Flug-Decksand einschneidet, also den ehemaligen Acker stark von der Seite her drainiert, und noch keine Grundmoräne aufschließt.

Auf fast allen älteren Eschböden im Revier stocken, wenn sie nicht mit Eichen aufgeforstet wurden, Reinbestände von Fichten (Abb. 6 a). Kiefern sind in die Fichtenforsten nur vereinzelt eingesprengt, obwohl auch sie auf dem alten Ackerlande höher werden als auf den übrigen Flächen.

Trotz des dichten Kronenschlusses der Fichten gedeiht in ihrem Schatten auf solchen Böden ein artenreicher und üppiger Unterwuchs. Meist sind Sträucher vorhanden wie die Vogelbeere, der Faulbaum und die Brombeere. Am Boden webt häufig die Drahtschmiede mit ihren fädigen Blättern einen mehr oder minder dichten Teppich, und zahlreiche Kräuter beleben ihn mit Gestalten, die sonst im Knyphauser Walde selten sind. Namentlich das Schmalblättrige Weidenröschen *(Epilobium angustifolium)*, der Rankende Lerchensporn *(Corydalis claviculata)*, die Brombeere und der Große Schildfarn *(Dryopteris austriaca dilatata)* heben den „Schildfarn-Fichtenforst" deutlich von den moosreichen Nadelforst-Gesellschaften als etwas Besonderes ab (Tab. 4). Alle diese Arten deuten auf eine stärkere Nitrifikation im Boden hin. Auch einige nur unregelmäßig auftretende Begleiter weisen in dieselbe Richtung, z. B. die Himbeere *(Rubus idaeus)*, die Vogelmiere *(Stellaria media)* und der Hohlzahn *(Galeopsis tetrahit)*.

[1]) Aus der breit-rechteckigen Form des Ackers und aus der Tatsache, daß wohlausgebildete Orterde unter der Krume liegt, läßt sich schließen, daß er später als die S. 26 erwähnten Hochäcker angelegt wurde. Derartige Einzelhöfe, wie ihn die Postwirtschaft darstellte, entstanden frühestens um 1200 als Ergebnis eines Ausbaues der ursprünglich geschlossenen Dörfer, können aber jünger sein. Dieser Acker dürfte etwa 400—500 Jahre alt und etwas jünger sein als die S. 28 erwähnte Verlängerung der Hochäcker.

Tab. 4 : Schildfarn-Fichtenforsten, Knyph. W.

Gesellschaft:		Echter Schildfarn-Fichtenforst		Bentholm-Sch.-F.
Aufnahme Nr.:		178201	429202	198196
Jagen Nr.:		68 75	118111	93 69
		b b_1	a a_2	a b
Höhe der Bäume (m)	von bis	25-25 29	22-25 26 27	22-18 25 23
Kronenschluß (1/10)		6 7	7 6	4 5
Deckungsgrad d. Strauchsch.(%)		10 5	10 41	25 5
" d. Krautsch. (%)		100 40	40 80	80 30
" d. Moosschicht (%)		0 80	5 90	15 80
Artenzahl:		17 24	26 22	20 26
Picea abies	B	4 4	5 4	3 4
" "	S	+	1 +	+ 1
" "	K	1	1 1	1 1
Quercus robur	B	(+)	(+)	
" "	K	1	+ +	1 +
Pinus silvestris	B	+		1 1
" "	K			+
Pinus strobus	B			2
" "	S			+ +
Quercus petraea	S	+		
Fagus silvatica	S		+	
Sorbus aucuparia	S	2 1	2 1	3 2
" "	K	+ 1	1	2 1
Frangula alnus	S	+	2 +	+
" "	K		+	1
Lonicera periclynenum	S		+°	
Ilex aquifolium	S	+		
Sambucus nigra	S	+		
Ribes cf. rubrum	S	+		
Diff. Schildfarn-Forsten:				
Rubus spec.		1 1	2 +	+ +
Epilobium angustifolium		+ 1	1 +	1 +
Dryopteris austr. dilatata		3 2	2 +	1
Corydalis claviculata		2 2	2	2 3
Diff. Benthalm-Fichtenforst:				
Molinia coerulea				1 1
Betula pubescens	SK	+		1 1
Entodon schreberi				(+) 2
Nur beim Forsthaus auftretd:				
Rubus idaeus		2 2		
Moehringia trinervia		1 1		
Nur beim Eichkamp auftretd:				
Oxalis acetosella			2 4	
Luzula pilosa			1 2	
Stellaria holostea			1 +	
Majanthemum bifolium			2 +	
Übrige:				
Deschampsia flexuosa		5 2	3 2	4 1
Dryopteris austr. spinulosa		+ 1	+ 1	1 1
Dicranum scoparium	M	1	+ +	1 2
Plagiothecium undulat.	M		2 1	1
Mnium hornum	M		+	+ 2
Leucobryum glaucum	M		+	(+)
Brachythecium rutabulum	M		1	1
Vaccinium myrtillus			2	2 (+)
Galium saxatile		+	+	1
Anthoxanthum odoratum		1		+ 1
Agrostis capillaris		1	+	
Hieracium silvaticum		+	+	
Lfd. Nr.		1 2	3 4	5 6

Je einmal kommen vor: Lfd. Nr. 1: Rumex acetosa +, Holcus lanatus +; Nr. 2: Galeopsis tetrahit +, Dactylis glomerata 1; Crucifere klg. +; Hyllocomium loreum +; Nr. 3: Rumex acetosella +, Stellaria media +, Eurhynchium stockesii +, Dicranella heteromalla 1; Nr. 4: Carex pilulifera +, Polytrichum attenuatum +; Nr. 6: Poa trivialis +, Polygonatum multiflorum (+), Scleropodium purum 2, Fissidens spec. +. = Aufn.-fläche 100 m²

Tab. 5 : Buchen-Eichenwald u. Schildfarn-Ei-f.

Gesellschaft:		Buchen-Eichenwald		Schildfarn-Eichenforst
Aufnahme Nr.:		192	186 185 190	146 182 179 184
Artenzahl =		19	23 25 18	24 25 20 26
Quercus robur	B	3	3 3 4	4 4 2 4
" "	S	+	1 +	
" "	K		1 1 1	+ 1 1
Picea abies	B			2
" "	S		+	2 + + +
" "	K			+
Fagus silvatica	S			+ 2 1
Abies alba	S			+ +
Quercus petraea	B			3
Eichen-Birkenwald-Arten:				
Lonicera periclym.	S	2	1 1 1	3 2 2
" "	K	2	2 2 3	2 3
Holcus mollis		2	3 (+)	1 3 3 3
Melampyrum pratense		1	+ 1 2	2 1
Pteridium aquilinum		3	3 3 2	
Majanthemum bifolium			3 1 2	
Populus tremula	S		+ (+)	
Corydalis claviculata				2 2 2 3
Traubeneichen-Gr.:				
Convallaria majalis		4	2 1 1	
Teucrium scorodonia		2	(2)	
Oxalis acetosella				3
Buchen-Eichenwald-Ar:				
Stellaria holostea		3	2 3 2	3 2 2
Anthoxanthum odorat.		2	1 2 3	2 1
Viola riviniana		2	1 (+)	+
Anemone nemorosa		3	2 1 1	
Feuchtigkeitszeiger:				
Molinia coerulea			2 2 3	1
Betula pubescens	B		2	1
" "	K			1
Diff. Schildfarn-Ei.-forst:				
Dryopteris austr. spinul.				1 1 1 +
Galeopsis tetrahit				1 1 + +
Epilobium angustifol.				+ 1
Dryopteris austr. dilat.				3 2
Rubus idaeus				2 1
Moehringia trinervia				+ +
Holcus lanatus				3 +
Prunus avium				+ +
Juncus effusus				2 1
Scleropodium purum	M			2
Fissidens spec.	M			1
Stellaria media				+
Digitalis purpurea				2
Lebermoos spec.	M			+
Thuidium tamariscin.	M			+
Phalaris arundinacea				+°
Potentilla erecta				+
Übrige:				
Deschampsia flexuosa		1	2 3 2	1 2 + 3
Rubus spec.		1	1 + 1	+ 1 1 3
Sorbus aucuparia	S		+ +	2 1 2 1
"	K		+ +	1
Frangula alnus	S	3	2 3 2	(+) 2 1
"	K		1 +	
Lysimachia vulgaris		2	1 1	+° 2 1
Galium saxatile			1 +	(+) 1 1
Luzula pilosa			+ +	1 2
Polygonatum multiflor.		1	(+)	1
Vaccinium myrtillus			(+) 2°	1°
Agrostis capillaris			1	1 2
Poa trivialis		2	1 +	
Scrophularia nodosa		(+)	(+)	(+) +
Agrostis alba		2	1	
Carex pilulifera			+	

Im Gegensatz zu den Nadelforsten der ärmeren Böden treten Moose in den Schildfarn-Fichten- (oder Tannen-)forsten nur selten hervor und fehlen ihnen stellenweise fast ganz (Tab. 4, Aufn. Nr. 178). In den etwa 80jährigen Schildfarn-Fichtenforsten ist der Auflagehumus meist nur 3—6 cm mächtig und durch und durch modrig; es ist also keine Spur von jenem sauren Rohhumus vorhanden.

Innerhalb der Schildfarn-Fichtenforsten können wir wiederum mit Hilfe des Bentgrases und der Moorbirke einen

Echten Schildfarn-Fichtenforst

von einem

Benthalm-Schildfarn-Fichtenforst

abtrennen (vgl. Tab. 4). Unter der Ackerkrume des letzteren finden wir in der Regel einen Gley-Horizont (Abb. 8 p).

Ihrer inselartigen Verbreitung entsprechend, sind die Schildfarn-reichen Forsten im Knyphauser Walde nur wenig einheitlich ausgebildet. Im Gegensatz zu der Eintönigkeit der moosreichen Nadelforsten haben die kräuterreichen Nadelforsten überhaupt einen viel abwechslungsvolleren Charakter. Doch genügen die wenigen Beispiele im Knyphauser Walde nicht zu einer feineren Untergliederung der letzteren.

Damit haben wir sämtliche Nadelforst-Gesellschaften des Knyphauser Waldes besprochen. Nunmehr können wir auch nach dem Nährstoffreichtum des Bodens eine Reihe aufstellen, die uns den ökologischen Zusammenhang der Gesellschaften deutlich vor Augen führt. Sowohl auf trockenen als auch auf feuchten Böden stufen sich die Nadelforst-Gesellschaften mit zunehmender Fruchtbarkeit folgendermaßen ab:

Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forsten
Weißmoos-Fichtenforsten
Haarsimsen-Varianten derselben
Schildfarn-Fichten- (oder Tannen-)forsten.

Auch die Gesellschaften dieser Reihe können wir mit verschiedenen Schicksalen des früher außerordentlich verbreiteten Heidepodsols in Verbindung bringen, ähnlich wie das S. 47 für die dort besprochene Reihe geschah:

1. Die Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forsten (Abb. 5 c und d und 6 d) stocken auf mehr oder minder unveränderten Heidepodsolen. Einmaliges Umbrechen des Bleichsandes mit dem Dampfpflug, wie dies z. B. im Jagen 75 stattfand und am Profil zu erkennen ist (Abb. 8 k), blieb ohne sichtlichen Einfluß auf die Pflanzendecke.
2. Unter Weißmoos-Fichtenforsten erwies sich der Bleichsand häufig als wenigstens zeitweise beackert (Abb. 8 n und o). Namentlich die Echten Weißmoos-Fichtenforsten können auch auf älterem Ackerland stocken, das aber wohl meistens schon vor der Aufforstung längere Zeit brachlag. Im Benthalm-

Weißmoos-Fichtenforst sind die anspruchsvolleren Moose nicht selten über Heidepodsolen zu finden, die mit Grabenaushub aus der Orterde oder aus dem Unterboden überdeckt wurden. Deren Humusdecke blieb aber erhalten und wurde zur Tätigkeit angeregt (Abb. 8 m). Wie weit stellenweise die lehmige Grundmoräne, die im Knyphauser Walde gewöhnlich sehr tief liegt, am Zustandekommen der Benthalm-Weißmoos-Fichtenforsten mitwirkte, konnte noch nicht endgültig geklärt werden.

3. Die Haarsimsen-Varianten der Weißmoos-Fichtenforsten finden sich fast ausnahmslos auf alten Ackerböden, in denen die Orterde sogar fehlen kann. Gewöhnlich ist die oberste Schicht der Krume etwas gebleicht worden (Abb. 7 e u. f), ohne daß es zu entscheiden wäre, ob diese Bleichung schon vor der Aufforstung einsetzte oder erst eine Folge der Nadelhumus-Auflage ist. Das erstere ist nicht ausgeschlossen, weil die Äcker vermutlich z. Z. der Aufforstung bereits brachlagen.
4. Böden gleichen Aufbaues, die aber höchstwahrscheinlich bis zur Aufforstung unter dem Pfluge blieben und jedenfalls keine Spur einer neuen Bleichung erkennen lassen (Abb. 7 g), tragen Schildfarn-Fichtenforsten. Gerade bei diesen wüchsigsten Gesellschaften des Knyphauser Waldes ist es stellenweise ausgeschlossen, daß im Untergrund lagernder Lehm die Ursache der besonderen Fruchtbarkeit des Boden ist.

Im Hinblick auf den Zustand des Auflagehumus unterscheiden sich die Gesellschaften dieser Reihe wie folgt:

1. Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forsten bilden einen blättrigen, untätigen, sauren Rohhumus, der ähnliche Eigenschaften hat wie der Rohhumus der Trockenen oder Feuchten Sandheide. Häufig sind auch von diesem noch Reste erhalten geblieben.
2. In Weißmoos-Fichtenforsten ist die Streu anscheinend etwas basenreicher und der Auflagehumus wenigstens im oberen Teil modrig.
3. Deutlich ist dieser günstigere Zustand des Humus in den Haarsimsen-Varianten der Weißmoos-Fichtenforsten zu erkennen.
4. Der Auflagehumus der Schildfarn-Fichtenforsten ist meist nur wenige Zentimeter mächtig und als Ganzes locker und modrig. Besonders tätig ist er dort, wo sich Laubblätter an seinem Aufbau beteiligen.

5. Eichenforsten und natürliche Waldgesellschaften

Die Untersuchungen in dem S. 26 erwähnten Eichenwäldchen hatten den Beweis erbracht, daß ein mindestens seit 150 Jahren, wahrscheinlich aber länger vorhandener Eichenwald die Fruchtbarkeit eines alten sandigen Eschbodens kaum oder gar nicht minderte und daß sich seine Streu im Laufe eines Jahres nahezu restlos zersetzt. Diesem günstigen Zustand des Bodens entspricht eine Flora, die —

an den sonstigen Verhältnisen im Knyphauser Wald gemessen — bemerkenswert anspruchsvoll ist (Tab. 5). Unter den lichten Eichen ist stellenweise eine dichte Strauchschicht emporgeschossen, in welcher der Faulbaum *(Rhamnus frangula)* herrscht und das Geißblatt *(Lonicera periclymenum)* umherklettert. Im Sommer tritt der Adlerfarn in kräftigen Trupps seine Herrschaft an und bildet mit seinen Wedeln stellenweise ein fast mannshohes Schattendach, unter dem viele der anderen Gewächse verkümmern.

Betrachten wir dies wechselvolle Leben auf dem alten Ackerlande mit den Erfahrungen des Pflanzensoziologen, so stellen wir fest, daß die meisten der dort wachsenden Arten entweder in natürlichen Eichen-Birkenwäldern oder in bodensauren Buchenmischwäldern vorkommen. Am besten entspricht die Artenkombination dem Buchen-Eichenwald *(Fago-Quercetum)* im Sinne von TÜXEN (1956), der von demselben Autor 1937 als „Veilchen-reicher Traubeneichen-Birkenwald" *(Querceto sessiliflorae-Betuletum violetosum rivinianae)* gefaßt worden war. Wir können die Eichenbestände in den Kämpen am Nordrande des Knyphauser Waldes in diese natürliche Waldgesellschaft einordnen, obwohl sie hier auf einem künstlich geschaffenen Boden wachsen. Ihre auffällige Ähnlichkeit mit natürlichen Wäldern spricht dafür, daß sie recht alt und wohl älter sind als unsere Mindestschätzung von 150 Jahren.

Das einzige, was allenfalls gegen die Zuordnung zu einer natürlichen Buchen-Traubeneichen-Gesellschaft anzuführen wäre, ist das Fehlen der Buche sowie der Traubeneiche in der Baumschicht. Angepflanzt gedeihen beide Baumarten unter den hier gegebenen Bedingungen durchaus. Sie konnten nur spontan noch nicht wieder in die ehemalige Kulturlandschaft einwandern. Die Früchte der Traubeneiche keimen nach den Erfahrungen Obf. EISELES in dem feuchten Klima Ostfrieslands häufig schon auf dem Baume und überstehen deshalb einen längeren Transport weniger gut als diejenigen der Stieleiche. In einer Landschaft, die früher weithin waldlos war, hatte die Stieleiche also viel mehr Aussicht, den verlassenen Acker zu erobern als die Traubeneiche. Überhaupt dürfen wir die Baumschicht dieses Eichen-Kampes nicht zum Muster nehmen, wenn wir uns diejenige der natürlichen Buchen-Eichen-Wälder vorstellen wollen. Diese kann wesentlich mehr leisten als die niedrigen und krummen Stämme, die wir in dem Bauernwalde als Folge der ungeregelten, niederwaldartigen Nutzung sehen.

Hierfür sind die Eichen-Aufforstungen des Knyphauser Waldes, die zum Teil auf den gleichen alten Hochacker-Böden angelegt wurden, der beste Beweis. Tab. 5 stellt einige Aufnahmen aus diesen zusammen und gestattet auch einen Vergleich mit der soeben besprochenen natürlichen Waldgesellschaft. Außer einer kleinen Gruppe von Traubeneichen im Jagen 48 b bilden hier ebenfalls Stieleichen die Baumschicht; sie erreichen aber fast die doppelte Höhe wie in jenem Eichenwäldchen. Sträucher sind in den Eichenforsten seltener, nur die Brombeere und das Geißblatt gedeihen üppig. Den Boden der meisten Eichen-Pflanzungen überzieht ein lückenloser Rasen verschiedener Gräser. Von den Arten im Eichen-

Tab. 6: Feuchter Eichen-Birkenwald (A), Benthalm-Weißmoos-Eichenforst (B) u. Benthalm-Weißmoos-Fichtenforst (C).

		A	B	C
Aufnahme Nr.:		189	432	151 119
Artenzahl:		16	17	13 10
Quercus robur	B	3	1	+
" "	S	1	+	
" "	K		1	
Quercus petraea	B		4	
Picea abies	B			4 4
" "	S		2	
Pinus silvestris	B	(1)		1
" "	K		+	
Fagus silvatica	S		2	
Eichen-Birkenwald-Arten:				
Lonicera periclymenum		1		
Pteridium aquilinum		2		
Melampyrum pratense		+		
Majanthemum bifolium		1		
Populus tremula		1		
Feuchtigkeitszeiger:				
Molinia coerulea		3	1	1° +°
Betula pubescens				+
Übrige:				
Vaccinium myrtillus		4	4	+° 1°
Leucobryum glaucum M		+	2	2 (1)
Deschampsia flexuosa		1		2
Sorbus aucuparia	S	+		
" "	K		+	
Frangula alnus	S	2		
Rubus spec.		+		
Agrostis capillaris		+		
Carex pilulifera		+		
Dicranum scoparium M			1	2 2
Plagiothecium curvifol. M			+	4 2
Entodon schreberi			2	4
Polytrichum attenuat. M			2	
Hylocomium loreum M			+	
Cladonia cf. silvatica M			+	
Calluna vulgaris			+	
Vaccinium vitis-idaea			+	
Dicranum undulatum M				3 3
Plagiothecium undulat. M				2 +
Dicranum majus M				+
Lophocolea bidentata M				1

Kamp fehlen manche. Dafür treten eine ganze Reihe neuer Arten auf, z. B. der Kleine und der Große Schildfarn *(Dryopteris austriaca euspinulosa* und *dilatata)*, der Rankende Lerchensporn *(Corydalis claviculata)*, der Hohlzahn *(Galeopsis tetrahit)*, die Himbeere *(Rubus idaeus)* und das Weidenröschen *(Epilobium angustifolium)*. Zum Unterschied von den annähernd natürlichen Eichen-Kämpen wollen wir bei diesen künstlich begründeten Beständen von

a) Schildfarn-Eichenforsten

sprechen. Alle Unterscheidungsarten und auch viele der übrigen in Tab. 5 als „Begleiter der Schildfarn-Forsten" aufgeführten Pflanzen dürfen als nitratliebend gelten und sind uns zum Teil schon von den Schildfarn-Fichtenforsten her bekannt. Sie können hier aber nicht wie dort von einem Auflagehumus zehren, denn ein solcher fehlt unter den Eichen meist ganz. Wir gehen wohl nicht fehl in der Annahme, daß diese Arten ihren Nitratbedarf aus dem guten Humus der ehemaligen Ackerkrume decken, die hier nicht wie in dem Eichen-

Kamp schon längere Zeit vor der Aufforstung ruhte, sondern auch noch im 19. Jahrhundert bearbeitet wurde. Das geht mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit aus einem Bodenprofil (Nr. 182) hervor, wie man es unter den Schildfarn-Eichenforsten und — abgesehen vom Auflagehumus — auch unter den Schildfarn-Fichtenforsten in ähnlicher Ausbildung häufig findet:

Bodenart:		fein- bis mittelkörniger Sand, deckenförmiger Flugsand.
L	2—3 cm	in Zersetzung begriffene Eichenstreu.
A_0	fehlt	stellenweise 0,5—2 cm mächtige Nester von modernden Blattresten, reges Tierleben.
A_1	25 cm	bräunlich-dunkelgraue, stark humose Ackererde, schwach krümelnd, sehr dicht durchwurzelt; einzelne gebleichte Körner, aber keine oberflächliche Bleichzone. In 10 und 25 cm Tiefe je ein kleines Ziegelstück.
A_3	35—40 cm	Abnehmend humose Ackererde, oben braungrau, nach unten in schmutziges Braungelb übergehend, locker, aber kaum krümelnd, gleichmäßig durchwurzelt. In 35 cm Tiefe unter der Oberfläche noch ein kleines Ziegelstück. Allmählich übergehend in
C G	> 40 cm	hellgelber Sand mit sehr wenigen kleinen Rostflecken, frisch, sehr locker, kaum durchwurzelt.

Grundwasser nicht erreicht, schätzungsweise in 1,75 bis 2,00 m Tiefe.

Die Ziegelstückchen, welche in diesem Profil besonders zahlreich auftreten, aber auch sonst unter Schildfarn-Forsten gelegentlich zu finden sind, können nur durch Bearbeitung in den Boden gelangt sein, und zwar erst zu einer Zeit, als Bauernhäuser aus Backsteinen erbaut oder doch zumindest deren Ställe oder Düngerstätten mit solchen gepflastert wurden. Auf der Geest war dies selbst in Ostfriesland sehr viel später der Fall als in der Marsch (siehe HELLMERS 1943). Besonders in den Heidesiedlungen baute man noch bis vor 100 Jahren nur in Ausnahmefällen massiv. Die Schäferei, von der Mauerreste gefunden wurden, kann also wohl kaum länger als einige Jahrzehnte gestanden haben, als sie, wahrscheinlich bei der Aufforstung, einging. Von dieser aus werden die Ziegelbrocken, welche man hier und dort in ihrem Umkreis auch an anderen Stellen in der Krume findet, in den Boden gelangt sein[1]). Übrigens sieht man dieser Krume auch an ihrer etwas dunkleren Farbe und an ihrer scharfen unteren Grenze an, daß sie noch in jüngerer Zeit mit Humus angereichert und gepflügt wurde.

Bestehen schon zwischen den Schildfarn-Eichenforsten und den natürlichen Wäldern manche Unterschiede, so weicht das Artengefüge der bereits besprochenen Schildfarn-Fichtenforsten (Tab. 4) noch beträchtlicher von letzteren ab. Nur vereinzelt finden wir unter Nadelbäumen noch *Majanthemum bifolium, Lonicera periclymenum* oder *Stellaria holostea,* und auch diese nur in der Nähe des Eichen-Kampes im Nordostteil des Reviers und nicht in den sonst sehr ähnlichen Schildfarn-Fichtenforsten nahe der Försterei. Wenn wir nicht wüßten, daß diese Schildfarn-Fichtenforsten auf den gleichen oder doch sehr ähnlichen Bauerde-Böden

[1]) Nach ARENDS (1819, S. 365) war es in Ostfriesland stellenweise üblich, Steingrus (Bauschutt) auf die Düngerstätte vor dem Hause zu streuen, um das Abfahren zu erleichtern und den Mist trocken zu halten.

stocken wie die Schildfarn-Eichenforsten und der Buchen-Eichenwald, so würden wir an Hand der Artenliste allein kaum auf den Gedanken kommen, sie miteinander zu parallelisieren. Bei dem kleinräumigen Nebeneinander von Schildfarn-Eichenforsten und Schildfarn-Fichtenforsten, das wir im Knyphauser Walde beobachten, und bei der beträchtlichen Ähnlichkeit ersterer mit dem Buchen-Eichenwald kann aber kaum ein Zweifel daran bestehen, daß die Schildfarn-Fichtenforsten standörtlich ungefähr den natürlichen Buchen-Eichenwäldern entsprechen.

Außerhalb der alten Hochäcker gibt es im Knyphauser Walde nur noch im Jagen 119a reine Eichenbestände. Hier stocken sie auf Heidepodsolen. Zum Teil handelt es sich um gutgelungene Aufforstungen mit Traubeneichen, von denen Tab. 6 ein Beispiel (Nr. 432) wiedergibt. Bei der geringen Ausdehnung derartiger Bestände war es nicht möglich, eine Tabelle aus mehreren Aufnahmen zusammen-

Tab. 7: Übersicht der heutigen Pflanzengesellschaften des Knyphauser Waldes und der ihnen annähernd entsprechenden natürlichen Pflanzengesellschaften

Heutige Pflanzengesellschaften	Natürliche Pflanzengesellschaften
Glockenheide-Gesellschaften	Glockenheide-Gesellschaften
Ausblasungsfläche mit Glockenheide	Initialphase des Feuchten Stieleichen-Birkenwaldes
Krähenbeer-Dünen-Kiefernforst Echter Moos-Fichtenforst Echter Moos-Kiefernforst Echter Weißmoos-Fichtenforst[1])	Trockener Stieleichen-Birkenwald
Benthalm-Moos-Fichtenforst Benthalm-Moos-Kiefernforst Benthalm-Weißmoos-Fichtenforst[1]) Benthalm-Weißmoos-Eichenforst[1])	Feuchter Stieleichen-Birkenwald
Glockenheide-Nadelforsten	Birken-Bruchwald
Echter Schildfarn-Fichtenforst Echter Schildfarn-Tannenforst Schildfarn-Eichenforst	(Trockener) Buchen-Eichenwald
Benthalm-Schildfarn-Fichtenforst	(Feuchter) Buchen-Eichenwald

[1]) Diese Gesellschaften entsprechen wahrscheinlich einer reicheren Ausbildung der Stieleichen-Birkenwälder, die noch nicht als solche beschrieben wurde.

zustellen und sicher zu ermitteln, welche Arten diesen Eichenforsten auf armem Boden durchgehend eigen sind. Wir nennen sie vorläufig

b) Benthalm-Weißmoos-Eichenforsten,

um damit zugleich auf ihren Reichtum an Moosarten und eine gewisse Verwandtschaft mit den Weißmoos-Fichtenforsten hinzudeuten.

Die meisten Standorte des Knyphauser Waldes entsprechen zweifellos natürlichen Laubmischwäldern, die allerdings vom Buchen-Eichenwald, der bereits zu den reicheren Laubmischwäldern überleitet, bis zu dem ärmsten Stieleichen-Birkenwald eine große ökologische Spanne umfassen (Tab. 7). An Stelle der Glockenheide-Kiefernforsten würden sich heute wahrscheinlich unter natürlichen Umständen Birken-Bruchwälder einfinden, denen dieselben Böden vor der — allerdings bisher nur geringen — künstlichen Entwässerung sehr wahrscheinlich noch nicht zusagten, weil das Wasser in ihnen völlig stagnierte. Einige kleine Flächen sind auch gegenwärtig noch zu naß und zu sauer, zu humusarm oder zu trocken, um eigentlichen Wald zu tragen. Sie werden von natürlichen Glockenheide-Gesellschaften eingenommen oder würden, wenn auch langsam, von Birken-Initialphasen des Eichen-Birkenwaldes erobert, wenn man die Natur allein walten ließe.

VII. Standörtliche Leistungen der kartierten Pflanzengesellschaften

Es ist bekannt und in zahlreichen Fällen erwiesen, daß Pflanzengesellschaften innerhalb gewisser Grenzen ertragskundliche Einheiten darstellen. Für den Knyphauser Wald dürfen wir dies ebenfalls annehmen, zumal wir festgestellt haben, daß die kartierten Kunstforst-Gesellschaften ein guter Ausdruck für die unterschiedliche Fruchtbarkeit der Böden sind. Es war natürlich nicht Aufgabe der pflanzensoziologischen Beratung, die Gegensätze in der Leistungsfähigkeit der Standorte mit forstlichen Methoden exakt zu fassen. Trotzdem erschien es im Hinblick auf die Bedeutung alter Ackerböden für den Waldwuchs notwendig, sie durch einige Zahlen zu belegen.

Der Knyphauser Wald bietet für derartige ertragskundliche Vergleiche ideale Voraussetzungen; sind doch die meisten Bestände ungefähr gleich alt, nämlich rund 80jährig (im Jahre 1946!), und in sehr ähnlicher Weise vorwiegend mit zwei Baumarten, der Fichte und der Kiefer, begründet worden. Auch die Durchforstungen erfolgten ziemlich gleichmäßig, und zumindest bei den Aufnahmen im Jahre 1946, die noch vor den großen Holzeinschlägen ausgeführt wurden, ließen sich viele Flächen finden, deren Hauptbestand noch nicht wesentlich über das notwendige oder bereits seit längerer Zeit von der Natur bewirkte Maß hinaus ausgelichtet worden waren. Die Unterschiede in der Gestalt der Kronen und Stämme, in der Höhe derselben und bis zu einem gewissen Grade auch in den stehenden Holzmassen, welche schon bei einem kurzen Gang durch den Knyphauser Wald ins Auge fallen, sind also in erster Linie auf Gegensätze der Stand-

orte zurückzuführen. Diese Standorts-Verschiedenheiten sind es andererseits auch, auf welche die Pflanzengesellschaften ansprechen. Messungen der forstlichen Leistung und der Massen in den derzeitigen Beständen dürfen wir daher unmittelbar verwenden, um die standörtliche Produktionskraft der Pflanzengesellschaften zu kennzeichnen.

Aus Zeitmangel konnte von jeder Gesellschaft im allgemeinen nur ein Beispiel untersucht werden. Die Ergebnisse haben also nur orientierenden Charakter und sollen zu genaueren Untersuchungen anregen. Die Probeflächen wurden an Hand der fertigen Vegetationskarte in der Weise ausgewählt, daß sie möglichst inmitten großer Gebiete mit einer und derselben Pflanzengesellschaft liegen und damit als typisch für diese angesehen werden dürfen. Außerdem wurden aber auch einige Beispiele untersucht, deren Pflanzendecke zwischen zweien der bei der Kartierung unterschiedenen Einheiten vermittelt und als „Übergang" in die Karte eingetragen war, um zu überprüfen, ob diese auch ertragskundlich Zwischenstufen darstellen. Auf einer jeden der so ausgewählten Probeflächen (siehe Originalkarte) wurde zunächst eine pflanzensoziologische Aufnahme gemacht, um auch alle in der Karte nicht darstellbaren Feinheiten im Gefüge der Bodenvegetation zu erfassen (vgl. Tab. 3—5). Dann wurden von 100—150 Bäumen des Hauptbestandes Stamm für Stamm die Brusthöhen-Durchmesser und von etwa jedem vierten Stamm die Höhe[1]) bestimmt und für Fichte und Kiefer getrennt notiert. Die von diesen Bäumen bestandene Bodenfläche war leicht zu errechnen, wenn man sich jeweils zwischen zweien der Gräben hielt, mit denen bei der Aufforstung etwa 10—12 (stellenweise auch nur 6 oder bis 14) m breite Rabatten abgegrenzt worden waren.

Das Ergebnis dieser Messungen ist in Tab. 8 niedergelegt und in den Abb. 10 bis 13 ausgewertet worden[2]). Skizzen der Baumformen vervollständigten die Untersuchungen in den Probeflächen und sind in den Abb. 5 und 6 zusammengestellt, welche die großen Unterschiede in der waldbaulichen Eignung der Standorte und besonders im Wuchs der Fichten und Kiefern anschaulich vor Augen führen.

Um auch eine Vorstellung von den Holzmassen zu gewinnen, welche die einzelnen Standorte zu erzeugen vermögen, wurde schließlich an Hand der GERHARDTschen Massentafeln (1933) die Bestandesmasse errechnet, indem, entsprechend dem mittleren Stammdurchmesser und der mittleren Höhe, der Derbholzgehalt des Mittelstammes abgelesen und dieser mit der Stammzahl pro ha multipliziert wurde, die sich ebenfalls aus Tabelle 8 ergibt. Dies Verfahren war allerdings für die ärmsten Standorte des Knyphauser Waldes nicht anwendbar, sei es, daß auf diesen gar nicht die Mindesthöhe von etwa 8 m erreicht wurde, bei der die Tafeln beginnen, oder aber, daß die Stammformen wesentlich gedrungener sind und das Verhältnis Höhe : Durchmesser nicht in den Rahmen der Tafeln paßt.

Abb. 11 stellt die Korrelation zwischen Höhe und Durchmesser nach den Zahlen dar, welche GERHARDT für Fichten der drei von ihm unterschiedenen Erwuchsklassen angibt. Die Durchschnittswerte der Probeflächen im Schildfarn-Fichtenforst (Nr. 429), in der Haarsimsen-Variante des Weißmoos-Fichtenforstes (Nr. 428), im Weißmoor-Fichtenforst (Nr. 424) und in einem Moos-Fichten-Kiefernforst mit einzelnen Moosen des Weißmoos-Fichtenforstes (Nr. 423) halten sich

[1]) Nach dem Prinzip des Pendelhöhenmessers.
[2]) Ich bin mir bewußt, daß das angewandte Verfahren nur primitiv ist, zumal es keine Rücksicht auf die ungleiche Dicke der Baumrinde nehmen konnte. Trotzdem dürfte es die Größenordnungen der Unterschiede einigermaßen richtig getroffen haben, und auf diese kam es hier allein an.

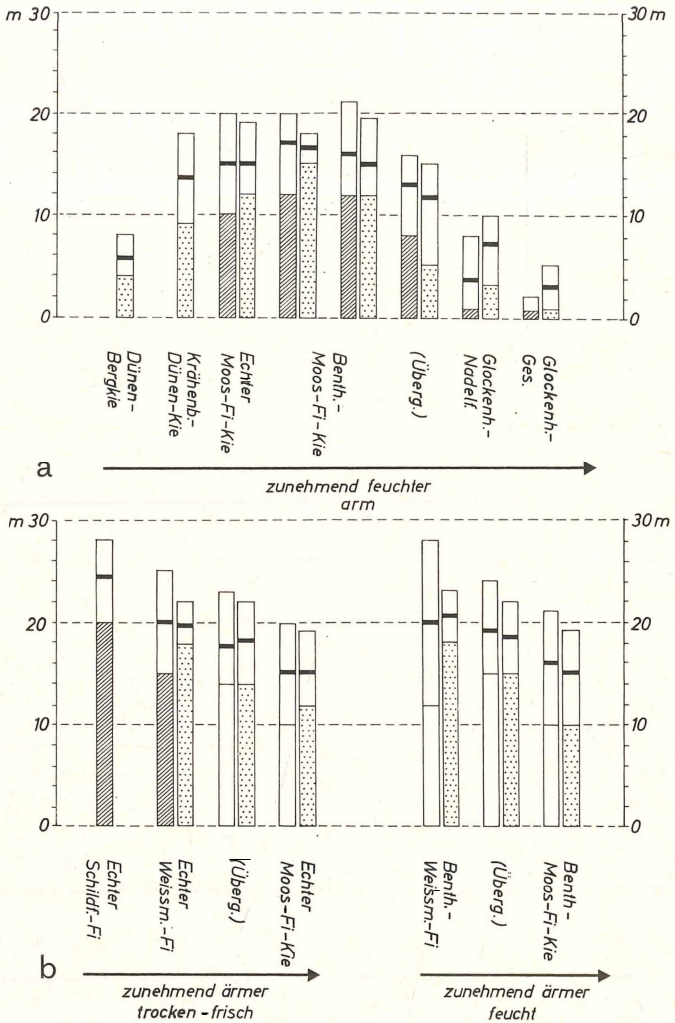


Abb. 10: Extreme und Mittelwerte der Baumhöhen in einigen Probeflächen von verschiedenen Pflanzengesellschaften des Knyphauser Waldes (vgl. Tab. 8).
Schraffiert oder weiß = Fichte, punktiert = Kiefer
a) auf relativ armen Böden,
b) auf relativ reichen Böden.

im Bereich der tafelmäßigen Korrelation. Der entsprechende Wert für den Echten Moos-Fichten-Kiefernforst (Nr. 435) liegt aber wesentlich tiefer; hier sind die Fichten also von ungewöhnlich stark gedrungener Gestalt. In ähnlicher Weise

weichen auch die Werte für die übrigen Probeflächen auf ärmsten Heidepodsolen von den normalen Verhältnissen ab, und die Kiefer verhält sich grundsätzlich nicht anders als die Fichte.

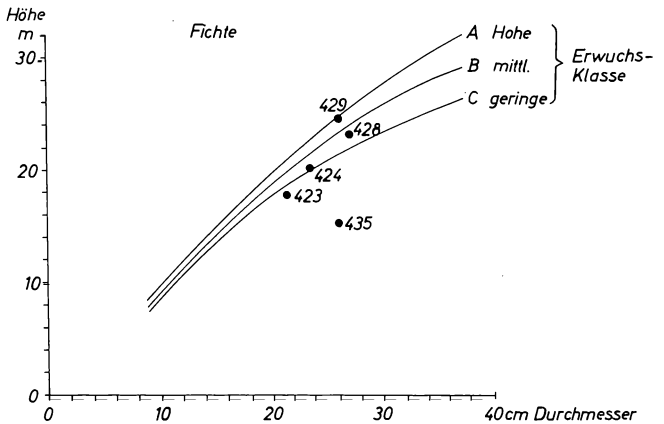


Abb. 11: Beziehung zwischen Höhe und Durchmesser der Fichte nach den GERHARDTschen Massentafeln (Erläuterung im Text). Die Nummern bedeuten Probeflächen.

Wir dürfen hier also wohl eine Gesetzmäßigkeit vermuten und sie als Hinweis darauf deuten, daß die Bäume auf den nicht kultivierten Orterdeböden und auf den sauren Moorböden (um solche Standorte handelt es sich ja hier) in ihrem Höhenwachstum mehr oder weniger stark gehemmt wurden. Deutlich kommt diese Hemmung in dem durchschnittlichen Verhältnis der Baumhöhe (in m) zum Durchmesser (in cm) zum Ausdruck, wie es in Abb. 12 für alle Probeflächen dargestellt ist. Diese Verhältniszahl können wir recht gut zur Kennzeichnung der Standorte mit heranziehen. Die Bestandesmassen für Stammformen, welche nicht in die GERHARDTsche Tafel paßten, konnten nur grob interpoliert oder mit Hilfe der Kegelformel annähernd berechnet werden. Überhaupt ist die Ermittlung derselben mit so wenigem Material unsicher. Daher gilt für sie mehr noch als für die übrigen Zahlen, daß sie lediglich in ihrer Größenordnung und nicht als genaues Maß miteinander verglichen werden sollen und dürfen.

Die Abb. 10, 12 und 13 und die Tabelle 8 sprechen für sich selber. Vorbehaltlich einer genaueren Festlegung der Größen im einzelnen, können wir die Pflanzengesellschaften mit Hilfe dieser Daten nach den Leistungen ihrer Baumschicht zusammenfassend folgendermaßen charakterisieren:

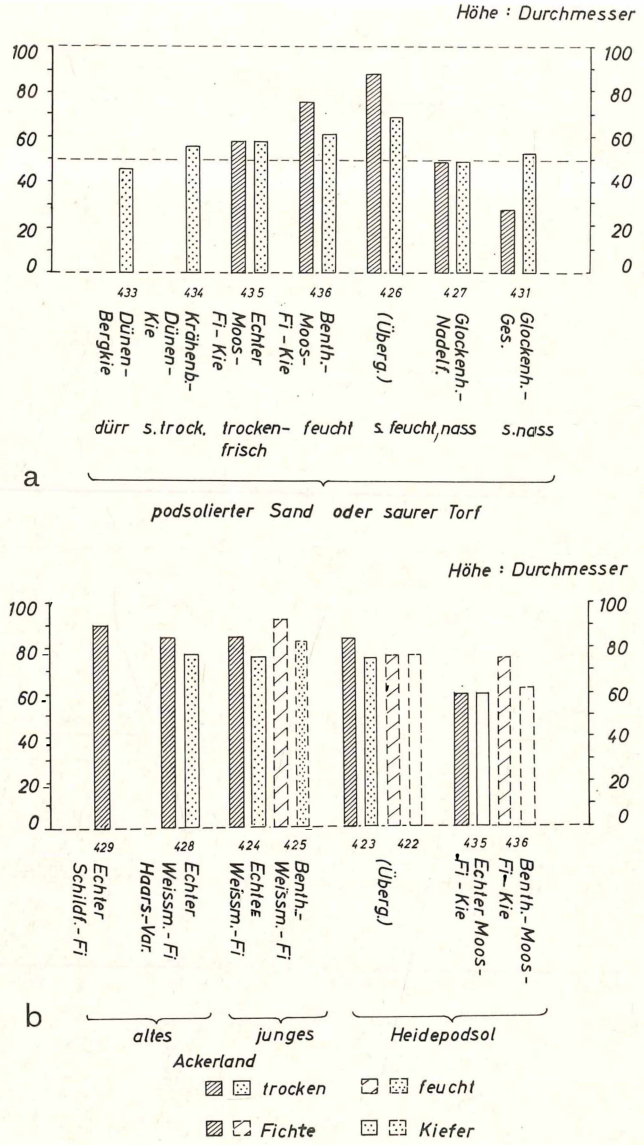
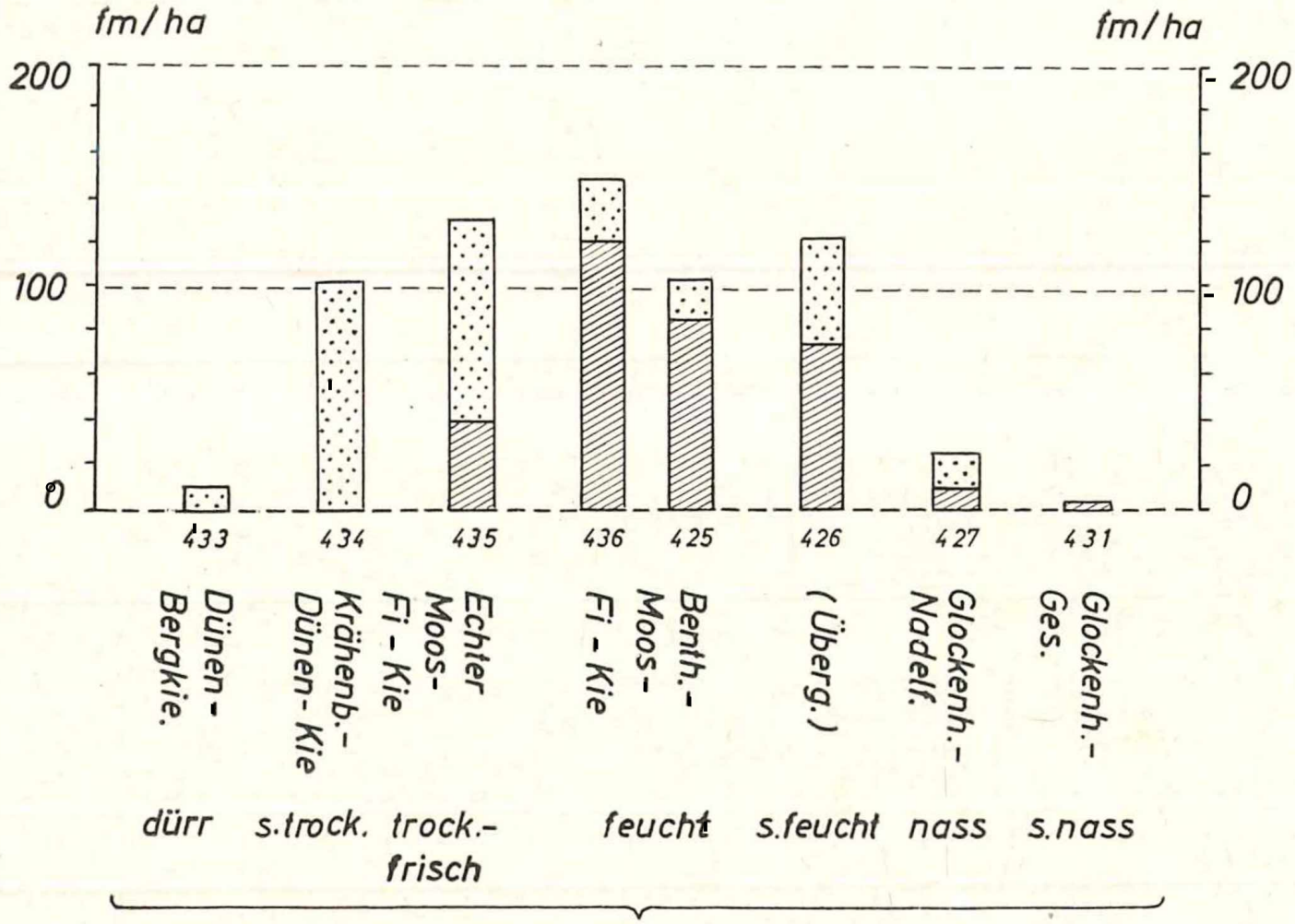
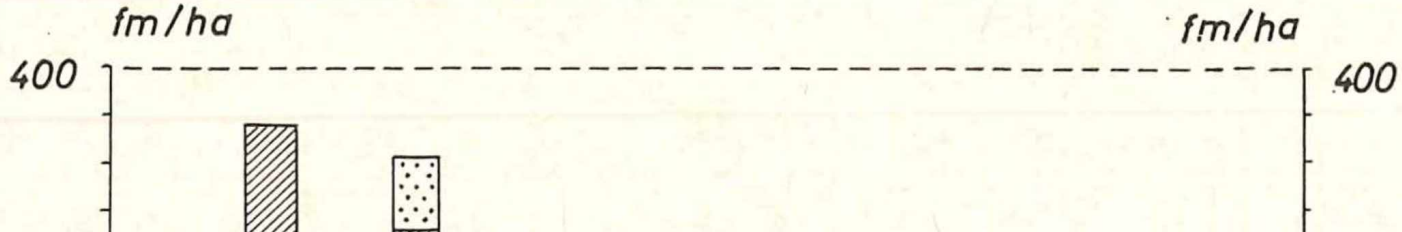


Abb. 12: Schlankheitsgrad der Stämme (Verhältnis Höhe : Durchmesser) in einigen Probeflächen von verschiedenen Pflanzengesellschaften des Knyphauser Waldes,
a) auf relativ armen Böden,
b) auf relativ reichen Böden.
(In Nr. 435 und 436 sind die Säulen für Kiefer versehentlich nicht punktiert worden.)



a

podsolierter Sand oder saurer Torf



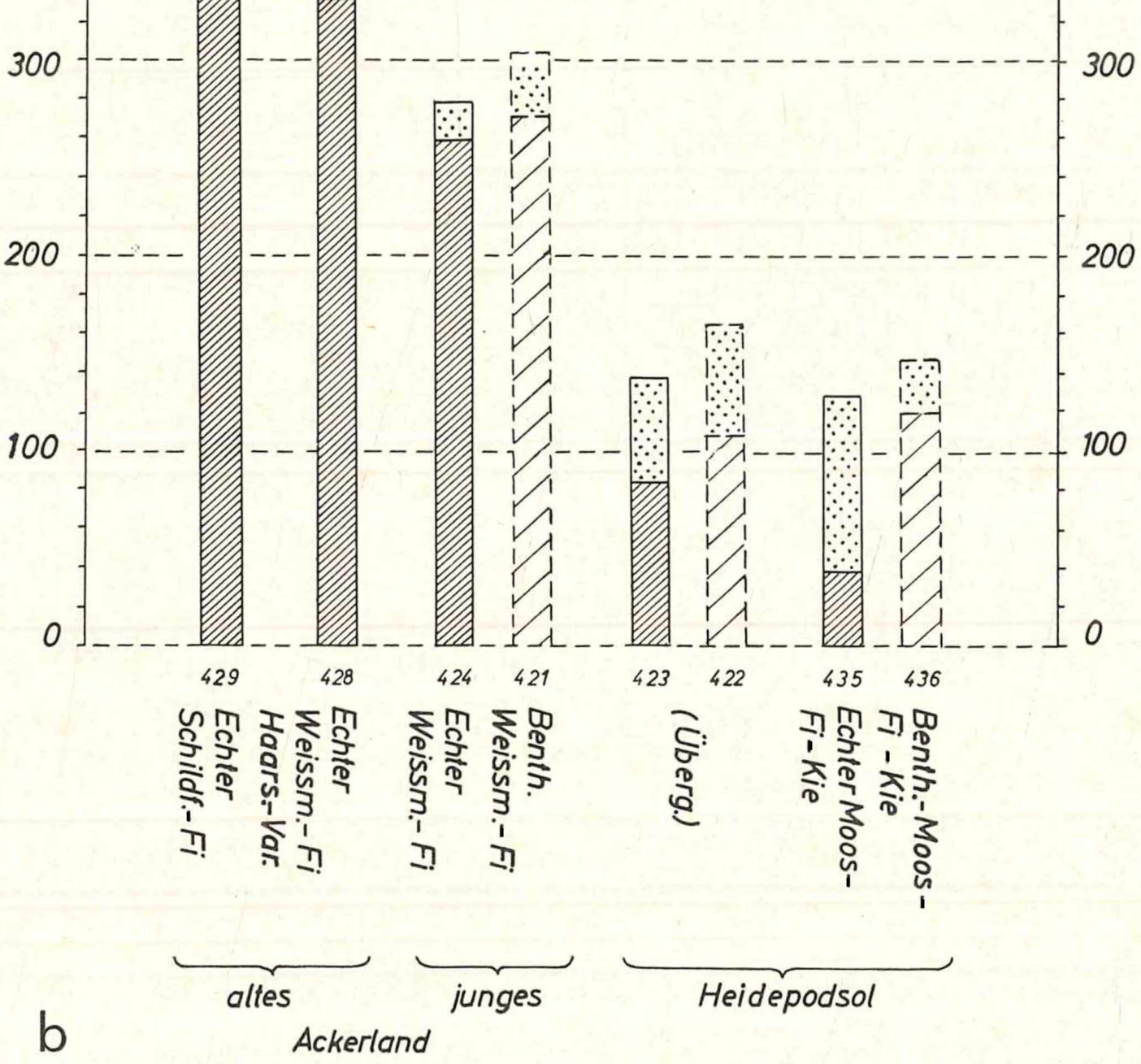


Abb. 13: Bestandesmassen in einigen Probeflächen von verschiedenen Pflanzengesellschaften des Knyphauser Waldes (Zeichen wie in Abb. 12),
a) auf relativ armen Böden,
b) auf relativ reichen Böden.

A. Sämtliche Standorte der „armen Reihe", d. h. der Dünen, Heidepodsole und sauren Moore, haben nur eine geringe Produktionkraft. Je nach der Feuchtigkeit des Bodens unterscheiden sich aber die einzelnen Pflanzengesellschaften in ihren Leistungen sehr (vgl. Abb. 5, 10a, 12a u. 13a):

Tab. 8: Ergebnisse der Messungen an Fichten und Kiefern in einigen Probeflächen in verschiedenen Gesellschaften

Probefläche			Fichte (*Picea abies*)			Kiefer (*Pinus silvestris*)			Bemerkungen
Nr.	Gesellschaft	Größe m²	Höhe m	Durchmesser m	Stammzahl/ha	Höhe m	Durchmesser m	Stammzahl/ha	
433	Dünen-Bergkiefernforst	100				4 - 5,9 - 8	6 - 13,1 - 18	2300	sämtliche Bestände sind etwa 75-80jährig
434	Krähenbeer-Dünen-Kie.-f.	400				9 - 13,4 - 18	18 - 24,5 - 34	425	außerdem einige sfrauchige Bergkiefern; Alter unbestimmt
435	Echter Moos-Fi.-Kie.-forst	2700	10 - 15,0 - 20	20 - 26,1 - 36	164	12 - 14,9 - 17	18 - 26,5 - 36	235	als reiner Kiefernbestand begründet
436	Benthalm-Moos-Fi.-Forst	1080	12 - 16,8 - 20	14 - 22,3 - 34	500	15 - 16,3 - 18	18 - 26,8 - 32	83	
425	„ „ „	1920	10 - 15,9 - 21	14 - 21,9 - 32	360	10 - 15,4 - 19	12 - 17,2 - 24	119	stärker durchforstet
424	Übergang v. Benthalm-M.-F. zum Glockenheide-N.	630	8 - 12,8 - 16	10 - 14,7 - 26	715	5 - 11,5 - 15	6 - 16,9 - 26	460	einige Weymouthskiefern
427	Glockenheide-Nadelforst	690	1 - 3,7 - 8	0,5 - 7,5 - 20	1320	3 - 7,1 - 10	6 - 14,5 - 24	447	Alter der Bäume nicht sicher bestimmbar
431	desgl. mit Baumkuppeln	95	0,3 - 0,6 - 2	0,5 - 2,2 - 6	1600	1 - 2,9 - 5	3 - 5,6 - 7	1050	
423	Übergang v. Echten Moos- zum E. Weißmoos-Fi.-Kie.-f.	2520	14 - 17,8 - 23	16 - 27,3 - 30	265	14 - 12,3 - 21	16 - 25,0 - 36	131	
422	Übergang v. Benthalm-Moos-z. B.-Weißmoos Fi.-Kie.-f.	2350	15 - 19,0 - 24	20 - 26,0 - 40	260	15 - 18,3 - 21	18 - 24,3 - 34	144	
421	Echter Weißmoos-Fi.-forst	1440	12 - 20,2 - 25	10 - 22,1 - 40	700	18 - 20,4 - 23	20 - 25,0 - 30	69	
424	Benthalm-Weißmoos-Fi.-f.	1750	15 - 20,0 - 25	16 - 23,8 - 34	570	16 - 19,8 - 22	24 - 26,4 - 30	29	
428	Echter Weißm. Fi.-f. Haars.-V.	1900	18 - 22,8 - 28	16 - 27,1 - 44	502	19 - 21,3 - 24	20 - 28,0 - 36	53	
429	Echter Schildfarn-Fi.-forst	1560	20 - 24,3 - 28	18 - 26,0 - 40	575				keine Kiefern eingesprengt

1. In Dünen-Bergkiefernforsten blieben Waldkiefern nur niedrig, sind meist verkrüppelt, haben sehr gedrungene Stämme und breite Kronen. Fichten kamen auf den trockenen Dünensanden nicht hoch.

2. Im Krähenbeer-Dünen-Kiefernforst ist die Leistung der Waldkiefer in Anbetracht des armen Sandbodens befriedigend. Sie ist gedrungen und bildet mit ihren breiten Kronen ein nur lichtes Dach. Trotzdem kümmert die Fichte, wenn sie überhaupt mit angepflanzt wurde, noch auffallend und bleibt unterständig.

3. Erst im Echten Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst erreicht die Fichte gleiche Höhen wie die Kiefer, bleibt aber wie diese gedrungen. Ihre Krone ist licht und bis tief hinab beastet. Die Kiefer hat in der Regel eine weniger abgeflachte Krone als im Krähenbeer-Dünen-Kiefernforst.

4. Im Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst ist die Fichte der Kiefer an Höhe oft überlegen und bedrängt deren Kronen. Abgesehen von der Gefahr der Rotfäule erreicht sie innerhalb der „armen Reihe" in dieser Waldgesellschaft ihre besten Leistungen. Ihr Kronenschluß ist verhältnismäßig dicht. Beide Baumarten bilden fast normale, jedenfalls nicht so sehr gedrungene Stämme wie in den übrigen Gesellschaften dieser Reihe. Reine Benthalm-Moos-Kiefernforsten wurden nicht untersucht. Augenscheinlich leisten aber auch sie in dieser Gesellschaft mehr als auf anderen Standorten der „armen Reihe".

5. Die Glockenheide-Nadelforsten erzeugen in ihrer typischen Ausbildung nur einen Bruchteil der Holzmassen, welche der Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst hervorbringt. Auch ohne Durchforstungen blieb ihr Kronendach meist lückig. Die Kiefer gedeiht etwas besser als die Fichte, absolut genommen aber ebenfalls sehr schlecht. Übergänge zwischen dem Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forst und den Glockenheide-Nadelforsten stehen auch in den Eigenschaften ihrer Baumbestände zwischen beiden Typen.

6. In den nassen, noch kaum entwässerten Glockenheide-Gesellschaften kümmern alle Bäume so sehr, daß Aufforstungen so gut wie zwecklos blieben. Zwar sind viele der gepflanzten Bäume noch am Leben, so daß gerade auf diesem Standort die höchsten Stammzahlen pro ha festgestellt werden konnten. Aber selbst die Kiefer erreicht hier maximal nur 5 m Höhe, wenn sie auch der Fichte deutlich überlegen ist.

B. Mit zunehmender Bodengüte, d. h. im Knyphauser Walde mehr oder weniger eindeutig mit zunehmendem Einfluß früherer Ackerkultur, steigen auch die Leistungen der Pflanzengesellschaften (vgl. Abb. 6 und 10b, 12b u. 13b):

1. Die Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forsten, überhaupt sämtliche Gesellschaften der „armen Reihe", haben verhältnismäßig geringe Leistungen.
2. In der Regel gedeihen die Bäume in den Weißmoos-Fichtenforsten merklich besser. Hier kann die Kiefer wie die Fichte beträchtliche Höhen erreichen; die Stämme sind normal geformt und reinigen sich bei entsprechender Pflege rascher als in den Beständen der „armen Reihe". Übergänge zwischen Moos- und Weißmoos-Forsten nehmen in ihren Leistungen nicht selten eine Zwischenstellung ein, neigen aber mehr nach der Seite der Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forsten hin.
3. Die Haarsimsen-Varianten der Weißmoos-Fichtenforsten bringen wesentlich mehr Holz hervor als die Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forsten. Kiefern sind in ihnen gewöhnlich selten. Die Fichte bildet normal geformte, verhältnismäßig hohe Stämme und ein dichtes Kronendach.
4. Die besten Leistungen des Reviers zeigen im allgemeinen die Schildfarn-Fichtenforsten. Hier erreicht die Fichte den dichtesten Schluß und erzeugt selbst auf trockenen Böden ansehnliche Massen.

VIII. Ursachen der ungleichen Leistungen der Pflanzengesellschaften

Das enge Nebeneinander verhältnismäßig ertragsreicher und sehr wenig leistungsfähiger, ja ertragsloser Bestände im Knyphauser Walde legt die Frage nahe, ob es nicht möglich ist, die Leistungen großer Flächen des Reviers beträchtlich zu steigern. Diese Frage muß unbedingt bejaht werden. Schwieriger ist es, die Mittel zu nennen, mit denen ein solches Ziel auf möglichst einfache und wirtschaftlich lohnende Weise erreicht werden kann. Wenn wir nicht planlos oder nach Gutdünken experimentieren wollen, müssen wir versuchen, zunächst diejenigen Eigenschaften der Standorte zu erkennen, von denen die ungleichen Leistungen der verschiedenen Pflanzengesellschaften in erster Linie abhängen. Je klarer wir diese sehen, desto leichter wird es sein, sie in günstigem Sinne abzuwandeln. Bevor wir daher auf die Maßnahmen eingehen, mit denen man im Knyphauser Walde einen naturgemäßen Wirtschaftswald aufbauen und den Boden verbessern kann, müssen wir uns von den wesentlichen Ursachen der verschiedenen Produktionskraft der heutigen Bestände ein deutliches Bild zu verschaffen suchen. So weit diese Ursachen aus Beobachtungen der Geländeformen, der Pflanzengesellschaften und ihrer Böden zu vermuten oder zu erschließen waren, wurden sie bereits bei der Beschreibung der Vegetationseinheiten und ihrer Standorte herausgestellt. Wir brauchen daher das dort Mitgeteilte nur zusammenzufassen und, wo es nötig und möglich ist, zu ergänzen.

Einige für das Pflanzenleben an sich sehr wichtige Faktoren können wir bei unserer Überlegung von vornherein ausschalten, weil sie auf alle Teile des Knyphauser Waldes nahezu gleichmäßig einwirken und somit nicht über Ungleich-

heiten der Standortskräfte entscheiden können. Vor allem gilt dies von den Einflüssen, die man unter dem Begriff Allgemein-Klima zusammenfaßt. Denn bei dem geringen Umfang des Reviers und seiner wenig bewegten Oberfläche ist anzunehmen, daß das Klima im großen für den ganzen Wald in gleichmäßiger Weise gegeben ist. Auch auf Unterschiede in der Bodenart können wir die Gegensätze der Pflanzengesellschaften kaum zurückführen. Überall, wo sich nicht Torfe bildeten, stehen sehr gleichartig fein- bis mittelkörnige Flugsande an. Die von diesen gebildete Decke ist zwar verschieden mächtig, und an manchen Stellen ist es nicht ausgeschlossen, daß die Bäume auch aus der darunterliegenden, teilweise lehmigen Grundmoräne Nahrung ziehen. Aber gerade einige der bestwüchsigen Schildfarn-Fichten- und Tannen-Forsten stocken auf tiefgründigem Sand, in dem selbst das Grundwasser den Bäumen keine Stoffe aus dem Untergrund vermitteln kann, weil sein Spiegel zu tief liegt. Andererseits erweist sich die Bodenart gerade dort, wo sie sich oberflächlich unterscheidet, als ziemlich bedeutungslos gegenüber sonstigen Faktoren. Die Glockenheide-Nadelforsten z. B. sind sowohl auf Torf als auch auf einem — freilich sehr humusreichen — Sand gleichartig entwickelt und verdanken ihr Artengefüge vor allem dem in jedem Falle sehr hoch anstehenden und sauren Grundwasser.

Mit dem Grundwasser aber haben wir einen für das Gedeihen und das Gefüge der Pflanzengesellschaften im Knyphauser Walde sehr wesentlichen Faktor genannt, der nicht überall in gleichem Maße wirkt, sondern kleinräumig wechselt. Wo sein Spiegel tiefer als 3 m unter der Bodenoberfläche liegt, wie z. B. unter den Kuppen der Dünen, kümmern die Bestände nicht zuletzt deshalb, weil ihnen zeitweilig Wasser mangelt. Aber auch ein zu hoher Stand desselben drückt die Leistungen der Bäume mehr oder minder stark herab, wie wir an den Glockenheide-Gesellschaften und den Glockenheide-Nadelforsten sahen, deren Boden zeitweilig sehr luftarm ist, weil das Wasser in ihm stagniert. Steht das Grundwasser durchschnittlich etwa 1—**1,5**—2 m unter der Oberfläche, so sind die Leistungen der Forsten bei sonst gleicher Beschaffenheit des Bodens am größten. In der Reihe der armen Moos-Nadelforsten ist z. B. der Benthalm-Moos-Fichtenforst augenscheinlich aus diesem Grunde der wüchsigste. Der Unterschied der moosreichen Forsten von den kräuterreichen Schildfarn-Forsten läßt sich aber durch ungleiche Einwirkungen des Grundwassers nicht erklären. Denn beide Gesellschaften kommen oft auf ebener Fläche und auf so engem Raume unmittelbar nebeneinander vor, daß ihre Standorte weder in der Lage noch in der Beschaffenheit des Grundwassers voneinander abweichen können.

Die großen Gegensätze in der Ertragsleistung, wie sie z. B. die Echten Moos-Fichtenforsten und die Echten Schildfarn-Fichtenforsten verkörpern, sind im Knyphauser Walde also weder durch das Klima noch durch die Bodenart noch durch das Grundwasser bedingt. Sie verdanken ihr Entstehen vielmehr Eingriffen des Menschen, und zwar in erster Linie den Einwirkungen der früheren Landwirtschaft auf die von ihr genutzten Böden. Während der Bauer

seinen Acker immer wieder durch Düngung bereicherte, vernichtete er auf den übrigen Flächen gemeinsam mit seinen Viehherden den bodenpflegenden Laubwald und setzte die Heide an seine Stelle, deren Rohhumus den Boden podsolierte. Obendrein entzog er den immer mehr verarmenden Heideböden durch den Plaggenhieb wertvolle Stoffe, die seinem Acker zugute kamen. So kann es uns kaum verwundern, daß dort, wo der Sand Jahrhunderte oder doch einige Jahre lang beackert wurde, auch heute noch anspruchsvollere Pflanzen gedeihen und die Bäume besser wachsen als dort, wo sich die Heide und ihr Podsolboden unverändert bis zur Aufforstung erhielten.

Die Eingriffe des Menschen betrafen besonders die feuchten, frischen und trockenen Böden, weniger die sehr trockenen Dünenkuppen und die nassen Senken und Moortäler, die weder gutes Ackerland noch brauchbare Plaggen lieferten[1]). Aber selbst die stärksten Eingriffe des Menschen verwischten die natürlichen Unterschiede der Böden nicht völlig. Zumindest der Einfluß des Grundwasserstandes ist auch heute noch überall im Knyphauser Walde mehr oder weniger deutlich an der Flora des Bodens zu erkennen, einerlei, ob dieser ehemals Heide oder Ackerfrüchte trug. Können wir doch sowohl in den Schildfarn- und Weißmoos-Fichtenforsten als auch in den ärmeren Moos-Fichtenforsten mit Hilfe des Bentgrases und der Moorbirke jeweils eine „feuchte" Untergesellschaft von einer „trockenen" abtrennen.

Worin besteht nun aber der im Hinblick auf den Baumwuchs wesentliche Unterschied der ehemaligen Ackerböden von den Heidepodsolen, und wie kommt es, daß die schon so lange zurückliegende Beackerung immer noch günstig nachwirkt? Auch auf diese Fragen erhalten wir durch Beobachtung des Bodens und seiner Pflanzendecke weitgehend Auskunft.

Das Vorhandensein oder Fehlen einer Orterdebank scheint keine wichtige Rolle zu spielen, denn auf einigen jüngeren Äckern, unter deren Krume die Orterde gewöhnlich wenigstens zum Teil erhalten blieb, stocken die gleichen Schildfarn-Forsten wie auf manchen alten Eschböden, denen die Orterde fehlt. Besonders schädliche Wirkungen dürfte die Orterdebank im Knyphauser Walde ohnehin kaum haben, weil sie nirgends so stark verhärtet ist, daß sie den Baumwuchs empfindlich stören könnte.

Ebenso wenig scheint die Mächtigkeit der Ackerkrume für den Waldwuchs von entscheidender Bedeutung zu sein. Findet man doch Schildfarn-Fichtenforsten auf jungen Äckern, deren Krume nur etwa 20 cm mächtig ist, ebenso gut ausgebildet wie auf tiefgründigen alten Eschböden. Auf diesen stocken stellenweise sogar viel weniger anspruchsvolle Weißmoos-Fichtenforsten. Untersucht man den Boden der letzteren genauer, so erkennt man meistens eine 1—3 cm

[1]) Nach ARENDS (1919, S. 363) wurden Plaggen in der Regel nur auf Sandböden, nicht auf Mooren gestochen, weil die auf letzteren gewonnenen weniger gut düngten.

mächtige Bleichzone unter dem Auflagehumus, während eine solche unter dem Humus der Schildfarn-Fichtenforsten stets fehlt. In beiden Fällen stocken etwa 80jährige Fichten auf dem Boden; die Holzart und das Alter der Bestände kann diesen Unterschied also nicht bewirkt haben. Vermutlich lagen die heute ärmeren, oberflächlich podsolierten Bauerden schon vor der Aufforstung eine Weile brach und waren mit Rasen oder Heide bedeckt, also der Auswaschung stärker ausgesetzt als Böden, die bis zu ihrer Aufforstung unter dem Pfluge blieben. Zumindest läßt es sich in vielen Fällen durch Funde von Ziegelstückchen wahrscheinlich machen, daß die Böden der Kräuterreichen Schildfarn-Forsten noch bis ins 19. Jahrhundert hinein gepflügt und gedüngt wurden, während die bereits etwas podsolierten Ackererden unter den Weißmoos-Fichtenforsten keine Ziegelstückchen enthalten, also zur Zeit der Einführung ziegelgepflasterter Flachställe wohl schon nicht mehr bewirtschaftet wurden (vgl. S. 57).

Den größten Gegensatz in der Fruchtbarkeit, den die bis zur Aufforstung oder doch bis ins 19. Jahrhundert hinein beackerten Böden der Echten Schildfarn-Fichtenforsten einerseits und die niemals beackerten Heidepodsole der Echten Moos-Fichtenforsten andererseits verkörpern, ist mithin unabhängig davon, wie alt und wie mächtig die Ackerkrume in ersterem Falle ist und ob sie von Orterde unterlagert wird oder nicht. Es kann also nur die Beschaffenheit der Krume oder ihrer Humusauflage sein, die von derjenigen des Heidepodsols so entscheidend abweicht, daß sie eine wesentlich andere Pflanzengesellschaft und sehr ungleiche Wuchsleistungen zur Folge hat. Tatsächlich erkennen wir schon mit bloßem Auge bezeichnende Unterschiede in der Humusform: Auf den unveränderten Heidepodsolen liegt stets eine mehr oder minder mächtige, stark verfilzte, untätige Rohhumusdecke, die entweder von der Heide oder von den heutigen Nadelholzbeständen oder von beiden gebildet wurde. Der Bleichsand darunter ist ebenso untätig, besitzt Einzelkornstruktur und ist mit einem fein verteilten, in feuchtem Zustande schmierigen Sauerhumus durchtränkt. In der ehemaligen Ackerkrume dagegen sehen wir den Humus mullartig verteilt und erkennen eine gewisse, wenn auch schwache Krümelung. Vor allem aber ist ihr Auflagehumus, auch wenn ihn die Nadelhölzer bildeten, modrig, locker und von Tieren belebt.

Wie die Bodenflora anzeigt, findet sowohl in diesem Auflagehumus als auch in der Krume eine verhältnismäßig starke Nitrifikation statt, während auf dem Rohhumus der Heidepodsole selbst unter Eichen jede Spur von nitratliebenden Pflanzen fehlt. Der günstigere Zustand des Humus und der aktivere Stickstoff-Umsatz ist also möglicherweise eine wesentliche Ursache für den besseren Wuchs der Bäume auf dem alten Ackerlande. Dieser Schluß wird durch die Untersuchungen HESSELMANs (1937) bekräftigt, der den Nachweis erbracht hat, daß der Wuchs junger Bäume „genau der Stickstoff-Mobilisierung der Böden parallel geht und ... daß auch der Wuchs alter Bestände von der Stickstoff-Versorgung abhängt". HESSELMAN (1937) führte z. B. zehn Jahre lang allwöchentlich eine Bewässerung reaktionsträger Rohhumus-Böden mit Ammonium-Nitrat durch. Während auf

einer vergleichsweise nur mit reinem Wasser berieselten Fläche keine Veränderungen eintraten, war auf den nitratgedüngten zu erkennen, daß „die Fichten ihren reichen Flechten-Behang abwarfen, dunkelgrüne Nadeln bekamen, neue Höhentriebe schoben und den Zuwachs verdoppelten". Damit war zugleich erwiesen, „daß Wassermangel nicht entscheidend ist für Wachstumsstockungen auf schlechten Rohhumusböden" (HASSENKAMP, 1941, S. 42), wie dies KRAUSS und WOBST in ihrer grundlegenden Arbeit „Über die standörtlichen Ursachen der waldbaulichen Schwierigkeiten im Vogtländischen Schiefergebiet" noch annahmen. Die starken Rohhumus-Schäden in dem feuchten Seeklima des Knyphauser Waldes sprechen geradezu für das Gegenteil.

Wir dürfen mithin wohl mit Recht in dem verschiedenen Stickstoffhaushalt der Ackererden und der Heidepodsole eine entscheidende Ursache für den großen Gegensatz der Schildfarn–Fichtenforsten und der Moos-Fichtenforsten im Knyphauser Walde sehen. Damit ist nicht ausgeschlossen, daß auch noch andere Eigenschaften der alten Ackerkrume nachwirken. Insbesondere könnte man an die Düngemittel denken, mit denen einst der Boden angereichert wurde. Mineralische Dünger waren allerdings zur Zeit der Aufforstung des Knyphauser Waldes noch nicht oder kaum üblich. Es wäre auch wenig wahrscheinlich, daß z. B. die leicht löslichen Kalisalze oder die Salze der Phosphorsäure fast ein Jahrhundert lang der Auswaschung widerstanden. Nach den Erfahrungen BECKER-DILLINGENs (1939) wirken diese Stoffe außerdem nur auf junge Bäume günstig ein, während alte Bestände durch sie nicht mehr merklich gefördert werden (vgl. S. 80). Ebensowenig dürfte eine Kalkung der Ackerböden, wenn sie überhaupt einmal erfolgte, 80 Jahre lang unmittelbar nachwirken. Bei Lütetsburg gibt es sogar Ackererden, die seit über 150 Jahren Wald tragen, d. h. zu einer Zeit aufgeforstet wurden, als man nach ARENDS (1819) eine Kalkdüngung auf der ostfriesischen Geest noch gar nicht kannte. Die damals übliche Düngung bestand vielmehr vor allem in einer Anreicherung des Sandbodens mit mildem Humus, den man durch Kompostierung von Heideplaggen in Tiefställen oder Schafhürden gewonnen hatte (ARENDS 1819). Diese Art der Düngung förderte aber vor allem den Stickstoff-Umsatz im Boden und gab ihm zugleich durch reichliche Zufuhr organischer Stoffe auch genügend Nahrung.

Damit erhebt sich die Frage, wieweit nicht die Menge des in der Ackererde angereicherten Humus deren Fruchtbarkeit mitbestimmt. Zweifellos spielt ja die Humusmenge im Boden eine wichtige Rolle, wie wir an dem Beispiel der „Ausblasungsfläche" (S. 44) besonders eindringlich erkannten. Den Unterschied der Ackererden und Heidepodsole macht aber nicht die absolute Menge an organischer Substanz aus, die in ihnen enthalten ist. Denn diese kann in manchen Heidepodsolen die gleiche, in vielen augenscheinlich sogar eine größere sein als in den Ackerböden. Entscheidend ist vielmehr die chemische und physikalische Beschaffenheit des Humus, die Aktivität der Bodenorganismen in ihm, sein Stickstoff-Umsatz, kurz die „Gare"-des Bodens.

Wie ist es nun zu erklären, daß die Gare des Ackerbodens unter Wald so lange nachwirkt, während dasselbe Ackerland bei weiterer landwirtschaftlicher Nutzung ohne wiederholte Düngung längst völlig verarmt wäre? Ein wesentlicher Grund dürfte darin zu suchen sein, daß die landwirtschaftliche Ernte dem Boden neben vielen Mineralstoffen immer wieder organische Massen entzieht. Außerdem würde der im Boden enthaltene Humus in unserem Klima schließlich größtenteils mineralisiert, wenn man nicht immer wieder organischen Dünger hinzuführte. Der Wald dagegen sorgt selbst dafür, daß wieder genügend Humus in den Boden gelangt. Aber nicht nur die organischen Stoffe, sondern auch viele anorganische gibt der Wald seinem Boden mit der Streu zurück. Er vermag also mit den Vorräten des Ackerbodens in jeder Hinsicht lange hauszuhalten. Wenn die Gare nicht durch schädliche Einwirkungen zerstört wird, kann der Wald sie theoretisch sogar dauernd erhalten, vorausgesetzt, daß alle Stoffe vollständig in den Kreislauf zurückkehren und nur so viel durch Auswaschung verlorengehen oder mit dem Holz entnommen werden, wie die Bäume selber aus dem Untergrund nachschaffen können.

Dieser ideale Zustand ist in dem S. 26 besprochenen Eichenwäldchen und in den Schildfarn-Eichenforsten annähernd, wenn nicht sogar vollständig erreicht. Hier wird die Streu alljährlich nahezu restlos abgebaut und mineralisiert oder in Mull überführt, und ein üppiger Unterwuchs nimmt teil an diesem Kreislauf. Anders verhält es sich in den Nadelholzbeständen. Hier bleibt ein Teil der Streu als Auflagehumus ungenutzt liegen. Zwar ist auch dieser zunächst noch sehr tätig und wird nach und nach abgebaut. In 80jährigen Schildfarn-Fichtenforsten ist er z. B. nur 3—6 (8) cm, d. h. meist weniger mächtig als in den gleichalten Moos-Fichtenforsten, obwohl die ersteren mindestens doppelt so viel Streu erzeugen dürften wie die letzteren. Je älter der Bestand, desto mehr bleibt aber von der Streu ungenutzt liegen und sammelt sich schließlich zu einer dicken Humusauflage.

So sehen wir die Bodenkraft im Knyphauser Walde wie in den Lütetsburger Revieren also großenteils in die Hand des Menschen gegeben. Er raubte vielen ursprünglichen Waldböden ihre natürliche Fruchtbarkeit und degradierte sie zu Heidepodsolen. Er wandelte aber auch einen beträchtlichen Teil dieser verarmten Böden wieder in leistungsfähiges Ackerland um, indem er aus dem Rohhumus und Bleichsand der Heide durch beharrliches Ackern eine an mildem Humus reiche Krume entstehen ließ. Durch die Wahl der Baumarten endlich bestimmte er das Schicksal, dem diese Ackerböden wie die ehemaligen Heidepodsole als Waldböden entgegengehen. Auch den Grundwasserstand veränderte der Mensch in mehr oder weniger starkem Maße. Nur das Klima und die Bodenart entzogen sich seinem unmittelbaren Zugriff. Der gegenwärtige Zustand des Knyphauser Waldes ist also nicht unabänderlich von der Natur gegeben, sondern noch viel mehr ein Kunstprodukt als es Heide-Aufforstungen ohnehin immer sind. Bei künftigen Maßnahmen zu seiner Pflege und Verbesserung wird man mit dieser Tatsache zu rechnen haben und sich nicht zu scheuen brauchen, aus Fehlern wie aus guten Er-

fahrungen der Vergangenheit zu lernen und, wo es vorteilhaft ist, aktiv in das natürliche Geschehen einzugreifen.

IX. Folgerungen für den Waldbau und die Verbesserung der Böden

1. Allgemeines

Aus allem, was wir über die Pflanzengesellschaften und Böden des Knyphauser Waldes bisher erfuhren, besonders aber aus der Kenntnis der Faktoren, von denen die Produktionskraft der heutigen Standorte in erster Linie abhängt, ergeben sich einige klare waldbauliche Folgerungen:

1. Die wichtigste Aufgabe wird es in fast allen Teilen des Knyphauser Waldes sein, den Humuszustand des Bodens und damit seinen Stickstoff-Haushalt dort, wo er günstig ist, gesund zu erhalten, und ihn überall dort zu verbessern und wieder zu beleben, wo er durch Rohhumusbildung und Podsolierung verschlechtert wurde. Zumindest muß eine weitere Ansammlung von saurem Rohhumus nach Möglichkeit vermieden werden, weil sie für die Zukunft des Knyphauser Waldes eine ernste Gefahr darstellt.
2. Manche Flächen bedürfen außerdem einer Entwässerung und sorgsamen Regelung ihres Wasserhaushaltes, um ihre Leistung entschieden zu erhöhen oder sie überhaupt erst waldfähig zu machen.
3. Eine Sonderbehandlung kommt den Dünen zu, die vor neuen Sandverwehungen geschützt bleiben müssen, und ihren Ausblasungsflächen, die zu humusarm sind, als daß sie einen wüchsigen Wald ernähren könnten.

Die erstgenannte Aufgabe ist nicht nur die bedeutendste, weil über die Zukunft des Knyphauser Waldes als Ganzes entscheidende, sondern zugleich auch die umfangreichste und schwierigste. Sie zu lösen, stehen uns grundsätzlich folgende Wege offen:

a) Wir können einen völlig naturgemäßen Wald aufbauen, dessen Holzarten den Boden schonen oder ihn gar, soweit sie es vermögen, verbessern. Nach Tab. 7 wäre dieser Wald ein reiner Laubwald mit vorherrschender Eiche.

b) Aus wirtschaftlichen Gründen wird aber der Anbau von Nadelhölzern nicht zu umgehen sein. Da diese zur Bildung von Rohhumus neigen, müssen wir ihnen bodenpflegliche Hölzer in genügender Zahl und zweckmäßiger Mischung beigesellen, um den Humus gesund zu erhalten.

c) Sind bereits starke Rohhumusschäden vorhanden, so können wir zunächst versuchen, diese durch geeignete Pionierhölzer oder Vorbestände zu beseitigen, und erst dann Wirtschaftsbestände begründen, die zwar den Boden aus sich heraus nicht verbessern, ihn aber auch nicht wieder schädigen.

d) Auf großen Flächen des Knyphauser Waldes werden diese rein waldbaulichen Mittel aber kaum genügen, um den Humuszustand rasch und nachhaltig zu

gesunden. Hier müssen wir „chirurgische Eingriffe" vornehmen (wie sie TÜXEN nennt), d. h. den Boden erst zweckentsprechend meliorieren, bevor wir leistungsfähige Bestände begründen können.

Welches von diesen Mitteln wir wählen und welche Maßnahmen wir im einzelnen treffen, hängt vor allem von der natürlichen Beschaffenheit der jetzigen Bestände und ihrer Standorte ab. Nur wenn wir die naturgegebenen Möglichkeiten voll ausnutzen, werden wir mit dem verhältnismäßig geringsten Aufwand ein höchstes Maß an dauernden waldbaulichen Erfolgen erreichen. Die Wahl der Mittel wird sich im Forstbetrieb aber stets auch nach den jeweiligen wirtschaftlichen und arbeitsrechtlichen Voraussetzungen richten müssen. Da wir diese nicht für jeden Einzelfall vorherzusehen und zu erwägen vermögen, besprechen wir für die einzelnen Pflanzengesellschaften (und damit für die Standorte) des Knyphauser Waldes sämtliche Maßnahmen, die nach dem derzeitigen Stand unserer Kenntnisse überhaupt in Frage kommen und gliedern sie jeweils in:

1. Betriebszieltypen ohne besondere Eingriffe in den jetzigen Bodenzustand,
2. Maßnahmen zur Melioration des Bodens,
3. Betriebszieltypen nach erfolgter Melioration.

2. Schildfarn-Eichen- und Nadelforsten

Je fruchtbarer ein Boden ist, desto geringer sind in der Regel die Schwierigkeiten, mit denen der Waldbau auf ihm zu kämpfen hat. Das bestätigt sich im Knyphauser Walde an den Schildfarn-Forsten. Auf dem alten Ackerlande gedeihen sowohl Fichten als auch Tannen oder Kiefern gut; die Aufforstungen mit Eichen gelangen ohne Rückschläge, und soweit die Stieleiche im ostfriesischen Klima überhaupt wertvolle Stämme liefert, sind ihre Leistungen hier zufriedenstellend. Sogar die Verjüngung der Nadelhölzer tritt nach Auslichtung meist ohne besondere Hilfe von selbst ein, weil der Auflagehumus locker und nährstoffreich ist. Trotzdem bedarf aber auch dieser Boden sorglicher Pflege. Wollen wir die Gare des ehemaligen Ackerlandes weiterhin erhalten und den Kreislauf der Stoffe nicht einengen, so müssen wir verhindern, daß sich große Massen von untätigem Auflagehumus ansammeln und in Rohhumus übergehen.

Der sicherste Weg zur Erhaltung der Bodenkraft wäre hier der Anbau reiner Eichen. Gemeinsam mit den Sträuchern und Kräutern des Buchen-Eichenwaldes bewahren diese, wie wir S. 28 sahen, den Mullzustand des Humus über 150 Jahre und wahrscheinlich noch wesentlich länger. Der auf Böden der Schildfarn-Forsten von Natur aus herrschende Baum ist nach S. 55 die Traubeneiche. Sie ist hier auch vom wirtschaftlichen Standpunkt aus der Stieleiche vorzuziehen, weil sie nach den Beobachtungen von Herrn Obf. EISELE in den küstennahen Revieren Ostfrieslands weniger unter dem Befall des Eichenwicklers leidet als die letztere. Sie schlägt nämlich früher aus und ist daher auch früher gegen den Fraß der Raupen gefeit, die vor allem zarte Blätter anfressen und gewöhnlich erst zur Zeit des Laubaustriebs der Stieleiche massenhaft auftreten.

Auf den meisten Flächen der Schildfarn-Forsten wird man aber möglichst viel Nadelhölzer erziehen und nicht gerade die leistungsfähigsten Böden des Knyphauser Waldes auf die Dauer den Eichen überlassen wollen. Ein fortgesetzter Anbau von Nadelhölzern ist auf diesen Standorten auch unbedenklich, wenn man ihnen nur so viel Laubhölzer beimischt, wie erforderlich ist, um den Boden gesund zu erhalten. Den hierfür zweckmäßigsten Prozentsatz muß man, wie HASSENKAMP (1941) mit Recht betont, ausprobieren. Auf jeden Fall sollte man bedenken, daß der Standort des Schildfarn-Fichtenforstes, wenn er auch im Knyphauser Walde der verhältnismäßig beste ist, absolut genommen doch nicht viel leisten und als Sandboden schädlichen Einflüssen nur wenig Widerstand entgegensetzen kann. Während kräftigere Böden, insbesondere Lehmböden, vielleicht auch noch höhere Nadelholz-Anteile ohne nachhaltige Schäden zu ertragen vermögen, ist auf den sandigen Ackererden also durchaus eine größere Vorsicht geboten.

Aus demselben Grunde sollte man als Hauptholzart die anspruchslosere Kiefer der Fichte vorziehen, obwohl die letztere in der ersten Generation in den Schildfarn-Forsten recht gute Erträge brachte. Die Fichte dürfte dem Boden auf die Dauer vor allem deshalb mehr schaden als die Kiefer, weil sie durch ihren dichteren Schluß die Bodenflora unterdrückt, die zum Teil sehr kräftig für den Abbau der Streu sorgt, und weil sie als Flachwurzlerin die obersten Schichten des Bodens übermäßig beansprucht. Den gleichen Vorteil wie die Kiefer gewährt vermutlich die Lärche, der bisher im Knyphauser Walde nur wenig Beachtung geschenkt wurde. Sie könnte auf dem Boden der Schildfarn-Forsten recht gute Leistungen bringen, vorausgesetzt, daß die geeignete Art und Rasse gefunden wird. In Lütetsburg bewährte sich ähnlich wie in dem küstennahen Dänemark die Japanische Lärche *(Larix leptolepis)* besser als die europäische *(Larix decidua)*. Bei der letzteren wäre aber zu prüfen, woher das Saatgut stammte. Nach Tab. 1 dürfte sich nämlich ein Versuch mit der Sudetenlärche lohnen, deren Klima-Konstanten nach OELKERS ganz denen des Knyphauser Waldes entsprechen[1]). Neben der Kiefer und Lärche sind Weißtanne und Dougasie für die Schildfarn-Forsten zu empfehlen, weil sie sich auf ähnlichen Standorten bei Lütetsburg sehr bewährten und weil namentlich die Tanne auch im Knyphauser Walde auf der alten Ackererde (Jagen 118 f) verhältnismäßig gut gedeiht. Alle diese anspruchsvolleren Holzarten sollten aber aus den schon für die Fichte erwähnten Gründen nicht in größeren Beständen, sondern nur einzeln oder in kleinen Gruppen eingemischt werden.

Außer den genannten Bäumen käme als Wirtschafts-Holzart noch die Buche in Frage. Sie erzeugt aber in Reinbeständen auf ähnlichen Bauerde-Böden bei Lütetsburg einen recht ungünstigen Auflagehumus, dessen Eigenschaften nicht viel besser erscheinen als diejenigen des Nadelhumus. Sie sollte auf solchen Standorten daher niemals als Hauptholzart angebaut, sondern allenfalls gruppenweise ein-

[1]) Eine eingehende Darstellung ihrer Eigenschaften findet sich bei HERMANN (1933).

gemischt werden, zumal sie in den Schildfarn-Forsten keine besonders guten Leistungen erreicht.

Über die Art, wie der vorgeschlagene Wirtschaftsbestand begründet und in welcher Form die Mischung der Holzarten hergestellt werden sollte, kann der Verfasser als Nicht-Forstmann keine genaueren Angaben machen.

Eine Melioration des Bodens kommt für die Schildfarn-Forsten nicht in Frage. Das alte Ackerland hat durchaus einen so hohen Grad der Fruchtbarkeit erreicht, daß er unter den im Knyphauser Wald gegebenen Umständen auf die Dauer nicht wesentlich übertroffen werden könnte. Wenn dieser Boden nicht durch fortgesetzten Nadelholz-Reinanbau geschädigt wird, sind von ihm auch weiterhin verhältnismäßig hohe Leistungen zu erwarten. Das gilt sowohl für die Echten (trockenen) als auch für die Benthalm-reichen (feuchten) Schildfarn-Forsten. Waldbaulich unterscheiden sich diese beiden Untergesellschaften nicht so sehr, als daß eine grundsätzlich verschiedene Behandlung derselben nötig wäre. Man sollte nur in den Benthalm-Schildfarn-Forsten noch vorsichtiger mit dem Anbau der Fichte und anderer stark schattender Nadelhölzer sein, weil der Auflagehumus auf den feuchten Böden in der Regel weniger rasch abgebaut wird als auf den trockenen.

3. Moosreiche Nadelforsten und Melioration der Heidepodsole

Während die Schildfarn-Forsten waldbaulich kein besonderes Problem darstellen, sind die moosreichen Forsten des Knyphauser Waldes — wie alle Aufforstungen auf Heidepodsolen — rechte Sorgenkinder. Besonders die Echten und die Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forsten stehen in Gefahr, ihre an sich schon geringe Bodenkraft durch weiteren Reinanbau von Nadelhölzern noch mehr einzubüßen. Die Hauptschuld an diesem ungünstigen Bodenzustand tragen freilich nicht die heutigen Kiefern- oder Fichtenbestände, sondern die früheren Heiden, unter denen viele Jahrhunderte lang eine starke Podsolierung stattfand. Aber die Nadelbäume vermögen den Boden nicht zu verbessern, ja sie häufen immer mehr Rohhumus auf ihm an und fördern dadurch ihrerseits die Podsolierung. Der Rohhumus und der Sauerhumus im Bleichsand sind aber, wie wir S. 22 sahen, die unmittelbaren Ursachen für die geringe Leistungsfähigkeit der Heidepodsole. Unser vornehmstes Ziel muß es daher sein, das in dem Rohhumus ungenutzt liegende Kapital des Bodens wieder in Umlauf zu bringen und den sauren Humus des Oberbodens in eine günstigere Form zu überführen. Erst wenn dieses Ziel erreicht ist, wird auch auf den ehemaligen Heideböden ein lohnender und dauerhafter Waldbau möglich werden.

Wie ungünstig ein Heidepodsol mit seiner sauren Rohhumusdecke für den Waldwuchs ist, zeigt sich schon daran, daß es recht lange dauert, bis sich eine Heide ohne Zutun des Menschen wieder mit dem natürlichen Laubwald bedeckt. Obwohl z. B. der in Abb. 2 dargestellte Kamp seit vielen Jahrzehnten rings von Wällen umgeben, also vor dem Weidevieh geschützt war, bewaldete sich das verheidete südliche Drittel der Fläche kaum. Das Eichenwäldchen drang zwar in breiter Front

mit Gebüsch aus Aspen *(Populus tremula)* und anderen Pionierhölzern etwa 10 m gegen sie vor. Außerhalb dieses Saumes stehen aber nur wenige Kiefern verschiedenen Alters in der lückigen Heide verstreut. Sehr vereinzelt sind auch einige kaum meterhohe Eichen, Moorbirken, Vogelbeeren und Faulbäume aufgekommen. Der Gesamtcharakter der Pflanzendecke blieb aber noch durchaus derjenige der Heide. Wildverbiß allein kann das Vordringen des Laubwaldes nicht so sehr verzögert haben, denn auf dem besseren Boden des benachbarten Eichenwäldchens gibt es Sträucher und Keimlinge in großer Zahl. Wahrscheinlich vermochten die Laubhölzer in dem sauren Rohhumus der Heide nicht so gut zu keimen wie auf dem modrigen oder sogar mullartigen Boden nebenan. HASSENKAMP (1941, S. 44) folgert aus ähnlichen Beobachtungen, daß der Heideboden „erst melioriert" werden muß, „um wieder Wald zu werden". Das ist wohl nicht in dem Sinne zu verstehen, als gelänge es dem Walde ohne menschliche Hilfe überhaupt nicht, die Heide wieder zu verdrängen. Aber es dauert lange, wenn man diesen Prozeß ganz der Natur überläßt, und auch dann bleibt es fraglich, ob der Boden jemals wieder den guten Zustand erreicht, den er vor der Verheidung einmal gehabt haben dürfte.

Den natürlichen Bewaldungsprozeß kann man erfahrungsgemäß wesentlich abkürzen, wenn man den Heidehumus abbrennt, aufreißt oder ganz beseitigt. Auf dem freigelegten Mineralboden keimen dann oft Birken und andere Pionierhölzer dicht an dicht. Am sichersten und schnellsten gelangt man freilich zum Ziel, wenn man den Wald durch sorgfältige Pflanzung standortgemäßer Laubhölzer begründet, wie das im Knyphauser Walde z. B. im Jagen 119 a geschehen ist.

Diese Reinbestände von Stiel- oder Traubeneichen sind nun für den Waldbau auf den Heidepodsolen sehr lehrreich. Trotz ihrer leicht zersetzlichen Streu vermochten sie nämlich den Rohhumus der Heide während der mindestens 70 Jahre ihres Einwirkens noch nicht zu zerstören. Er ist nur lockerer geworden und von mehr modrig-erdiger Beschaffenheit, ernährt aber keine anspruchsvollen Pflanzen und nitrifiziert offensichtlich nicht. Die Heidelbeere durchwurzelt ihn dicht und scheint ihn nicht zu mehren, sondern eher an seinem Abbau mitzuwirken. Sie wird überhaupt, wie DIEPOLD (1945, S. 19) betont, in vielen Fällen zu unrecht als Rohhumus-Bildner verschrien. Noch besser aber verarbeitet die artenreiche natürliche Lebensgemeinschaft des Eichen-Birkenwaldes den Humus. Im Bestand Nr. 189 (S. 24) am Rande unseres Eichenwäldchens können wir das gut beobachten: Trotz der herrschenden Heidelbeere ist hier der Auflagehumus nur 1—2 cm mächtig, locker, dicht durchwurzelt und modrig; er fühlt sich erdig an und erinnert nicht mehr an einen Heidehumus. Ähnliche Beobachtungen kann man auch in den Lütetsburger Revieren und in anderen Heidegegenden Nordwestdeutschlands machen. Im Gegensatz zu dem raschen Abbau des Auflagehumus, den die Eichen auf dem Boden des Schildfarn-Tannenforstes veranlaßten, brauchen sie viel länger Zeit, um den sauren Rohhumus der Heide restlos zu zerstören. Selbst dort, wo alle im natürlichen Eichen-Birkenwald vereinten Helfer

mitwirken, dauert es wahrscheinlich länger als eine Eichen-Generation, bis der Auflagehumus eine günstige Form angenommen hat oder ganz in den Kreislauf der Stoffe einbezogen worden ist.

Wenn dieses Stadium erreicht ist, wird der Wald aber noch weitere Zeit brauchen, um auch den Bleichsand völlig zu beleben und die in der Orterde festgelegten Stoffe nutzbar zu machen. Unter den erwähnten Eichenbeständen des Knyphauser Waldes finden wir noch heute einen typischen Bleichsand und eine mächtige Orterde, ohne günstige Veränderungen zu entdecken, welche die Laubhölzer bewirkt haben könnten. Im wesentlichen blieb also der Boden auch nach jahrzehntelanger Bestockung mit Eichen ein Heidepodsol, und dürfte es wohl auch noch lange bleiben. Denn es ist — um mit HASSENKAMP (1941, S. 45) zu reden — „ein großer Unterschied, einen Boden im Mullzustande zu erhalten und einen solchen wieder herbeizuführen".

Geht der Heilungsprozeß schon unter reinen Eichen nur langsam vor sich, so verzögert er sich durch Beimischung von Nadelhölzern nur noch mehr. Selbst wenn es uns lediglich darauf ankommt, eine weitere Rohhumusansammlung und Verschlechterung des Bodens zu verhindern, wenn wir also auf eine Verbesserung des Bodens ganz verzichten, darf der Anteil der Nadelhölzer an den Beständen auf Heidepodsolen nur gering sein.

Bei der heutigen Wirtschaftslage ist es aber kaum möglich, auf den Ertrag großer Flächen des Reviers für lange Zeit und zu einem beträchtlichen Teile zu verzichten. Mehr noch als früher ist der Anbau raschwüchsiger Nadelhölzer erwünscht, ja unbedingt notwendig. Wir kommen also letzten Endes nicht um die Frage herum: Was können wir tun, um den ehemaligen Heideboden mit möglichst geringen Kosten so rasch, so beträchtlich und so nachhaltig zu verbessern, daß ein ertragreicher, dauerhafter Waldbau mit großem Nadelholz-Anteil möglich wird?

Diese Frage ist in Heiderevieren und anderen Forsten mit Rohhumusgefahren schon oft gestellt und mancher Versuch unternommen worden, sie praktisch zu beantworten. Auch im Knyphauser Walde und in den Lütetsburger Revieren können wir den Erfolg verschiedenster Maßnahmen beobachten, welche darauf abzielten, den Rohhumus zu zerstören und den Heideboden wieder fruchtbar zu machen, wenn sie auch zum Teil gar nicht waldbaulichen Zwecken dienen sollten. Im Hinblick auf die große Bedeutung, welche dieser Frage heute zukommt, sei hier das Für und Wider der bisher angewendeten Verfahren besprochen, ohne allerdings dabei auf die technischen Einzelheiten näher einzugehen, als es für das Verständnis ihrer Wirkungen erforderlich ist. Die meisten Verfahren können wir ihrem Wesen nach in eine der folgenden Gruppen einordnen:

1. Verfahren, die lediglich den Rohhumus zu beseitigen trachten,
2. Verfahren, die den Boden durch Düngung bereichern möchten,

3. Verfahren, die eine mechanische Bearbeitung des Bleichsandes und meist auch der Orterde bezwecken,
4. Verfahren, die eine völlige Umwandlung des Bodentyps anstreben und gewöhnlich in einer Kombination der erstgenannten Methoden bestehen.

Verhältnismäßig einfach ist es, die Rohhumusdecke mechanisch zu beseitigen, sei es in Streifen oder auf größeren Flächen. Man begünstigt dadurch vor allem die Verjüngung der Nadelhölzer sowohl als auch der Laubhölzer, besonders wenn man außerdem den Bleichsand durch Graben oder Pflügen auflockert. Eine nachhaltige Melioration des Bodens bedeutet diese Methode aber nicht. Denn erfahrungsgemäß sammelt sich auf dem nackten Bleichsand sehr bald wieder neuer Rohhumus an, wenn nicht ein ausgesprochen bodenpfleglicher Bestand darauf begründet wurde. Die frühere Heidewirtschaft bietet das beste Beispiel hierfür: Nach jedem Plaggenhieb bildet sich ja die Humusdecke, welche nahezu vollständig beseitigt wurde, in kurzer Zeit neu. Auch bei dem in Ost- und Süddeutschland üblichen Streurechen in Nadelwäldern entfernte man den Rohhumus großenteils, ohne dadurch seine Neubildung zu verhindern. Im Gegenteil, durch den mit der Streuentfernung verbundenen Nährstoffentzug verarmte der Boden und neigte immer mehr zur Rohhumusansammlung. Die mechanische Beseitigung des Rohhumus ist also gar nicht als Melioration des Bodens anzusprechen. Sie belebt den Bleichsand nicht und bringt die in der Humusdecke enthaltenen Stoffe nicht in Umlauf.

Wesentlich günstiger wirkt eine Kalkung des Rohhumus auf den Gesamtzustand des Bodens ein. Denn sie belebt nicht nur die Bakterientätigkeit in der Humusauflage und mobilisiert dadurch den für die Ernährung der Bäume so wichtigen Stickstoff, sondern bereichert auch den Bleichsand mit Basen und stumpft seine Säure ab. Um eine mächtige Rohhumusdecke in günstige Form zu überführen, sind allerdings wiederholte und sehr hohe Kalkgaben nötig. „Sehr fehlerhaft wäre es" nach BECKER-DILLINGEN (S. 70), „wenn man die Humusdecke durch starke Branntkalkgaben einfach hinwegätzte. Dabei würden die Pflanzennährstoffe im Humus zu schnell und in zu großer Menge auf einmal frei gemacht werden und damit leicht auswaschbar sein. Der größte Nachteil starker Kalkung besteht aber darin, daß die Nitrifikation des Rohhumus so rasch verläuft, daß sie weniger den Bäumen als einigen Unkräutern, und zwar ausgesprochenen Nitratpflanzen, zugute kommt". Einige mit Kalk gedüngte Bestände der Sitkafichte und Douglasie im großen Holz bei Lütetsburg sind hierfür gute Beispiele. Sogar Brennnesseln *(Urtica dioica)* gedeihen in ihnen mehr oder weniger üppig und zeigen an, daß die Nitratbildung ganz übernormal stark ist.

Der Rohhumus stellt im Grunde genommen ein wertvolles Kapital des Bodens dar. Jeder Gärtner in den Heidegegenden beweist das, indem er ihn kompostiert, und die alte Esch-Wirtschaft beruhte ganz auf einer entsprechenden Art der Düngerbereitung. Das im Rohhumus angesammelte Kapital muß nur mobili-

siert werden, damit es den Pflanzen zugute kommt, die man wirtschaftlich nutzen möchte, und zwar in einem Tempo, bei welchem möglichst wenig von ihm verloren geht: Nicht Abbau, sondern Umbau des Rohhumus sichert den Heideböden neue Fruchtbarkeit. Die Humus-Chemie (vgl. u. a. LAATSCH 1944) lehrt, daß sowohl die schädlichen Sauerhumusarten als auch die wertvollen echten Humusstoffe aus gleichen Bausteinen bestehen, also ineinander überführt werden können. Ihr gänzlicher Abbau bedeutet daher nur einen Verlust, wenn dabei nicht Nutzpflanzen ernährt werden, und ist keineswegs nötig, um den Boden gesund zu machen.

In gewisser Weise mit der Kalkung verwandt sind die mannigfachen Verfahren, welche zur Düngung von Sandböden entwickelt wurden. Sie haben zum Ziel, den von Natur aus nährstoffarmen oder durch Podsolierung verarmten Boden mit Stoffen anzureichern, die ihm fehlen. Wie BECKER-DILLINGEN (1939, S. 554) betont, hat eine „Düngung im Forst vor allem bei Jungkulturen zu erfolgen". Ähnlich wie die Kalkung stellt die Düngung mit Mineralsalzen, Leguminosen oder anderen Mitteln in der Regel nur eine vorübergehende Verbesserung der Ernährungsbedingungen dar. Sie vermag insbesondere den Bleichsand nicht gänzlich umzuwandeln und die in der Orterde festgelegten Stoffe wieder in Umlauf zu bringen.

Um dies zu erreichen, muß der Boden mechanisch bearbeitet werden. Bei der Aufforstung in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts war man sich dessen durchaus bewußt und rigolte einige Flächen mit dem Dampfpflug. Wie in vielen ähnlichen Fällen hatte aber das einmalige Durchpflügen des Bodens keinen nachhaltigen Erfolg. Noch heute liegen Fetzen des untergepflügten Rohhumus im Boden, wo sie unter Luftabschluß eine Art Inkohlung durchmachen, und die Orterdeschicht hat sich, wo sie zerstört war, wieder geschlossen. Weder in den Pflanzengesellschaften noch in der Mächtigkeit der heutigen Rohhumusdecke zeigt sich ein durchgehender Unterschied zu den Forsten auf unveränderten Heidepodsolen.

Es ist also nutzlos, den Boden nur einmal umzuwenden. Vor allem wird dadurch der Rohhumus nicht belebt, sondern von Licht und Luft so sehr abgeschlossen, daß er nicht verwesen kann. Wirksamer ist daher das als „Möllern" bekannte Verfahren, welches MÖLLER zusammen mit SPITZENBERG und GEIST ausgearbeitet hat. Hierdurch wird der Rohhumus „durch wühlende Geräte . . . oberflächlich mit dem Sand vermengt" (nach BECKER-DILLINGEN 1939). Allerdings erscheint es zumindest fraglich, ob diese Maßnahme auch auf stark podsolierten Heidesanden nachhaltige Erfolge gewährleistet. Denn im Bleichsand sind kaum Stoffe vorhanden, die den Humus immer wieder neu zur Nitrifikation anregen können. Eine Vermischung mit dem Unterboden, besonders mit der Orterde, wäre hier wahrscheinlich vorteilhafter. Dafür sprechen einige Beispiele im Knyphauser Walde, von denen Abbildung 8 e ein Bodenprofil wiedergibt. Hier wurde der Rohhumus des Heidepodsols von Brocken der Orterde

und des nicht podsolierten Untergrundes überlagert und zum Teil mit ihnen vermengt, und es ist sehr wahrscheinlich, daß die anspruchsvollen Moose des „Weißmoos-Fichtenforstes", der auf solchen Profilen stockt, durch diesen Umstand begünstigt wurden.

Die günstigen Eigenschaften der Orterde kann man aber nur durch Vollumbruch oder sorgfältiges Rigolen nutzen. Man darf es nur nicht bei einem einmaligen Umbruch bewenden lassen, sondern muß die Vorteile des „Möllerns" mit ihm vereinen. Schon im Jahre 1807 hat das E. M. REICHSFREIHERR ZU INNHAUSEN UND KNYPHAUSEN (1816) klar erkannt. Er empfahl deshalb folgendes Verfahren (S. 16): „Unkultiviertes sandiges Heidefeld lasse ich das erste Jahr eine Furche tief pflügen und eggen, im zweiten oder dritten Jahre, wenn die Rasen genugsam verfault sind, zwei Furchen tief pflügen, eggen und dann noch ein paar Mal pflügen und eggen, darauf aber erst besamen oder bepflanzen. Auf diese Weise wird der Boden vermischt, locker und fruchtbar." Die Erfolge seiner Maßnahmen — wir wollen sie kurz das „Knyphausensche Verfahren" nennen — sehen wir heute im „Großen Holz" und im „Tidofelder Holz" bei Lütetsburg vor uns, soweit diese nicht auf altem Ackerland aufgeforstet wurden. Alle von ihm begründeten Bestände haben guten Wuchs und eine Unterflora, welche derjenigen der Weißmoos-Fichtenforsten, ja zum Teil sogar der Schildfarn-Fichtenforsten, ähnelt. Später auf gleichem Heideboden, aber ohne solche Bearbeitung begründete Bestände sind dagegen auffallend weniger wüchsig und entsprechen meist den Benthalm-Moos-Fichtenforsten des Knyphauser Waldes.

Die Erfolge der KNYPHAUSENschen Heidebodenkultur überraschen uns nicht, wenn wir uns den günstigen und nachhaltigen Einfluß früherer Beackerung vergegenwärtigen, der uns von vielen Beispielen im Knyphauser Walde her vertraut ist. Denn was unterscheidet das öftere Durchpflügen und Eggen noch von den Veränderungen, die früher bei einem mehrjährigen Ackerbau mit dem Heideboden vor sich gingen? In beiden Fällen wird der Rohhumus innig mit dem Mineralboden vermischt und auch die obere Orterde fein in ihm verteilt. Dadurch kommt der Humus wieder mit Mineralstoffen in Berührung, die ihn zur Nitrifikation anregen, und außerdem wird der Boden tiefgründig gelockert und durchlüftet. Das Endergebnis der Bodenbearbeitung ist in jedem Falle kein Podsolboden mehr, denn dessen kennzeichnende Gliederung in Rohhumusdecke, Auswaschungshorizont und Einschwemmhorizont ist völlig verschwunden. Der Bodentyp wurde also als Ganzes verwandelt und damit eine im wahren Sinne des Wortes gründliche Verbesserung des Heidebodens bewirkt. Nur die Düngung und der Anbau von Ackerfrüchten fehlt, um den mehrmals durchgepflügten Heidepodsol vollends zu einem Ackerboden zu machen.

Auf abgetorftem Moorgrund, der den Heideböden durchaus entspricht und südlich von Lütetsburg sogar vermutlich Heide trug, bevor er vom Hochmoor überwachsen wurde, ging E. M. REICHSFREIHERR ZU INNHAUSEN UND KNYPHAUSEN sogar dazu über, den Boden durch einige Jahre Ackerbau

für den Waldbau vorzubereiten. Er ließ den noch nicht restlos herausgestochenen Torf vollends entfernen und ihn zum Teil mit dem Mineralboden vermengen, zum Teil aber zu düngender Asche verbrennen. Dann wurde der Boden mehrere Jahre mit Buchweizen, Roggen oder Hafer bestellt. Dabei vermengte man den Oberboden nochmals mit Mineralboden, den man aus Gräben aushob, und verbrannte alle hochgepflügten Torfstücke zu Asche, um schließlich eine ganz gleichmäßige humose Krume zu erhalten. Außer der Bodenverbesserung bot der Getreidebau dabei zwei unmittelbare Vorteile: Wenn man Eichen oder andere Bäume zwischen Hafer säte und von diesem nur die Rispen erntete, hatte man einen sehr wirksamen Schutz gegen Spätfröste. Vor allem aber lieferte (S. 6) „die nötige Cultur des Grundes, die der Holzanlage vorausgehen muß . . . an jährlichem Getreide, vier bis fünf Jahre lang mehr oder weniger so viel, aus bloßer Asche, daß die Kosten der Abwässerungsgräben und Befriedigungswälle davon bestritten werden" konnten. Die auf diese Weise vorbereiteten Aufforstungen gelangen besonders gut und die Bäume gedeihen — zum Teil bereits in der zweiten Generation — noch heute prächtig.

So dürfte E. M. REICHSFREIHERR ZU INNHAUSEN UND KNYPHAUSEN vermutlich der erste gewesen sein, der den neuerdings von HASSENKAMP (1941) empfohlenen und auf Flottsanden erprobten Wald-Feldbau auf Heideböden anwendete und dessen wesentliche Vorteile mehr oder weniger klar erkannte. Sie beruhen nach HASSENKAMP unter anderem darin, daß der Rohhumus nicht vernichtet, sondern in eine mullartige Form überführt und dadurch der Stickstoff-Haushalt in einer Weise bereichert wird, die vor allem den Bäumen zugute kommt. Außerdem erleichtert man die Begründung der Bestände, für die ohnehin auf den Rohhumusböden Kulturarbeiten nötig wären, und kann in der Regel alle Kulturkosten aus den Erträgen des Ackerlandes bestreiten. Schlechte Mastjahre kann man außerdem leicht durch Verlängerung des Feldbaues überbrücken und ist nicht genötigt, Kahlflächen sofort wieder zu besamen oder zu bepflanzen. Was HASSENKAMPs Verfahren von dem mehr als 100 Jahre älteren wesentlich unterscheidet, ist nur der Umstand, daß der Boden mit modernen Mitteln gedüngt wird. Vor allem sorgt eine entsprechende Kalkung dafür, daß die Säure des Bodens abgestumpft und der Humus mullartig gebunden wird. Nach dem Vorbild von ähnlichen Maßnahmen in Ebnath und Adorf verwendete HASSENKAMP außerdem stellenweise Leguminosen (Lupinen und Ginster) und erzielte damit besondere Erfolge. Darüber hinaus erhält der Boden während seiner Beackerung die in der Landwirtschaft auf ähnlichen Böden übliche Volldüngung (Einzelheiten bei HASSENKAMP 1941). Sein Wald-Feldbau vereint also die Vorteile der gründlichen mechanischen Durcharbeitung des Bodens mit denen der Kalkung und der Düngung und darf in dieser Hinsicht ein ideales Kulturverfahren nicht nur für Flottsande, sondern auch für Heideböden genannt werden.

Es ist allerdings fraglich, ob die Zufuhr von Kalk und Düngemitteln und die Gründüngung den Erfolg des Feldbaues für den Waldbau auch auf die Dauer

erhöhen können oder ob sie nur eine vorübergehende Steigerung der Produktion bewirken. Mit anderen Worten können wir diese Frage auch so ausdrücken: Kommt es bei der Melioration des Heidebodens durch Feldbau in erster Linie auf das mehrmalige Pflügen und innige Durchmischen der Horizonte oder auf die Düngung an? Diese Frage ist schwer zu beantworten, weil nur wenige Versuche älter als einige Jahrzehnte sind, und die Antwort dürfte auch nicht für alle Standorte und Bodentypen gleich sein.

Fassen wir zusammen, so ergeben sich aus den bisherigen Versuchen und Erfahrungen für die Melioration der Heidepodsole im Knyphauser Walde die folgenden Richtlinien:

1. Wichtigste Voraussetzung für die Dauerwirkung der Melioration ist die Zerstörung der wesentlichen Eigenschaften des Heidepodsols, d. h. die völlige Durchmischung des ausgewaschenen Bleichsandes mit der oberen, durch Einschwemmung angereicherten Orterde und vor allem mit der Rohhumus-Auflage. Dadurch wird die Nitrifikation des Humus in einem geringen, aber stetigen Maße belebt und ein Zustand des Bodens hergestellt, wie er demjenigen des ehemaligen Waldbodens weitgehend entspricht.
2. Am besten ist dieses Ziel durch einige Jahre Ackerbau zu erreichen, insbesondere durch mehrmaliges Pflügen und Eggen, bei welchem dem Rohhumus zwischendurch Zeit gelassen wird, zu verrotten und in eine günstigere Form überzugehen. Die Wurzeln der Ackerfrüchte tragen wahrscheinlich noch dazu bei, den Humuszustand zu verbessern.
3. Für den Feldbau ist eine mäßige Kalkung und Düngung des Heidebodens mit Kali und Phosphorsäure ratsam, um genügende Erträge zu erzielen. Der im Rohhumus enthaltene Stickstoff dürfte genügen, um die Ackerfrüchte 3—4 Jahre lang zu versorgen und trotzdem für den Wald ausreichende Mengen bereitstellen. Auf humusärmeren Böden wäre jedoch ein Anbau von Leguminosen empfehlenswert. Durch Kalkung, Düngung und Leguminosenanbau wird der Zustand des Humus im Boden weiterhin verbessert und sein Stickstoff-Umsatz erhöht. Auf keinen Fall aber darf man hier des Guten zuviel tun. Man würde dann zwar das Wachstum der jungen Bäume zunächst sehr fördern, aber eine früher oder später eintretende Stockung desselben nicht vermeiden können. Diese Hemmung wäre den Hungerjahren vergleichbar, die bei der Anlage von Wiesen oder Weiden nach anfänglich zu starker Düngung eintreten, wenn sich der Bestand auf die dauernde, meistens kargere Ernährung umstellen muß.
4. Mit der Melioration des Heidebodens für den Waldbau darf man also mit anderen Worten kein zu hoch gestecktes Ziel anstreben. Über den Zustand einer podsoligen basenarmen Parabraunerde wird man den Sandboden auf die Dauer nicht hinausbringen. Pflanzensoziologisch ausgedrückt,

würde die Melioration des Heidepodsols durch einige Jahre Feldbau den Standort eines armen Stieleichen-Birkenwaldes günstigenfalls in denjenigen eines Buchen-Eichenwaldes verwandeln. Ohne Änderung der Bodenart aber wäre es unmöglich, ihn für lange Zeit zu dem Standort etwa eines Perlgras-Buchenwaldes oder eines Eichen-Hainbuchenwaldes zu machen. Der erreichbare Zustand bedeutet aber, nach den Beispielen im Knyphauser Walde zu urteilen, ungefähr eine Verdoppelung der Leistungskraft der heutigen Heidepodsole und wird sich daher unbedingt lohnen.

Freilich ist es mit der Melioration des Bodens allein nicht getan. Sie wäre auf die Dauer gesehen nutzlos, wollte man mit dem Reinanbau von Nadelhölzern fortfahren. Denn dieser würde wieder zur Ansammlung von saurem Auflagehumus führen und über kurz oder lang eine erneute Podsolierung des Bodens bewirken. Einen dauernd leistungsfähigen Wald kann man selbst nach einer gründlichen Melioration nur mit Berücksichtigung bodenpflegl icher Hölzer begründen. Auch dieses hatte E. M. REICHSFREIHERR ZU INNHAUSEN UND KNYPHAUSEN (1816) schon klar erkannt, indem er z. B. Birken und andere Weichhölzer als Pioniere oder zur Zwischenpflanzung empfahl und selber anwendete.

4. Weißmoos-Eichen- und Fichtenforsten

Der Boden der Weißmoos-Fichtenforsten ist in der Regel schon heute leistungsfähiger als derjenige der armen Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forsten. Entweder handelt es sich ja um altes Ackerland, das nur oberflächlich etwas podsoliert ist, oder um Böden, die vermutlich kurze Zeit beackert wurden. Eine Melioration dieser Böden ist daher nicht so nötig wie bei den ärmsten Heidepodsolen. Sie könnte aber besonders im Falle der Benthalm-Weißmoos-Fichtenforsten die Bodenkraft noch wesentlich erhöhen, weil die Orterde unter diesen meist nicht gestört ist, und weil sich bereits reichlich Auflagehumus angesammelt hat, der in seinem unteren Teil nicht selten schon als Rohhumus bezeichnet werden muß.

Immerhin können die Standorte der Weißmoos-Fichtenforsten wahrscheinlich auch ohne Melioration einen größeren Anteil Nadelhölzer ertragen als diejenigen der ärmeren Moos-Fichten- oder Kiefernforsten. Namentlich die Haarsimsen-Varianten stehen den Schildfarn-Forsten sowohl in ihrem Artengefüge als auch in ihrem Bodenprofil schon recht nahe.

5. Glockenheide-Nadelforsten und Glockenheide-Gesellschaften

Bei allen bisher im Hinblick auf den Waldbau besprochenen Standorten handelt es sich um Böden, in denen das Grundwasser in günstiger Tiefe steht. Waren hier schon Schwierigkeiten zu überwinden, so sind diese dort noch beträchtlich größer, wo das nährstoffarme, saure Grundwasser den Wurzelraum der Bäume einengt. Namentlich die heute von Glockenheide-Gesellschaften und von Glocken-

heide-Nadelforsten eingenommenen Flächen bedürfen einer mehr oder minder starken Entwässerung, um einen leistungsfähigen Wald tragen zu können. So lange diese nicht erfolgt ist, sollte man hier auf Nadelhölzer ganz verzichten, weil sie sehr schlecht gedeihen und wohl nicht einmal die Kulturkosten einbringen. Am besten dürfte noch die Moorbirke auf solchen sauren Naßböden vorankommen. Aber auch von ihr sind keine besonderen Leistungen zu erwarten. Neben der Birke ist für die Standorte des Glockenheide-Nadelforstes allenfalls die Waldkiefer geeignet. In den noch nasseren Glockenheide-Gesellschaften hat aber auch deren Anbau keinen Zweck. Hier sollte man zunächst ein Pioniergehölz aus Moorbirken schaffen. Um der Birke die Keimung zu erleichtern, wird es vielleicht nötig sein, die Humusdecke abzubrennen oder aufzureißen.

Für den südwestlichen Teil des Knyphauser Waldes ist jedoch eine Entwässerung unbedingt zu empfehlen. Die Vorflut ist allerdings gerade in dieser Gegend besonders schlecht. Nach Möglichkeit sollte der Wasserstand so geregelt werden, daß nur das überschüssige Wasser rasch abgeführt wird, in Trockenzeiten aber ein Zurückhalten durch Staue möglich ist. Ein mittlerer Grundwasserstand von etwa 1,20 m unter der Oberfläche dürfte sich als der günstigste erweisen. Je nach dem Grad der Entwässerung werden sich die Standorte mehr oder weniger dem des Benthalm-Moos-Fichten- (bzw. Kiefern-)forstes nähern, großenteils aber wohl einen ähnlichen Charakter annehmen, wie ihn die auf der Vegetationskarte als „Übergänge vom Glockenheide- zum Benthalm-Moos-Nadelforst" ausgeschiedenen Flächen heute aufweisen. Auch letztere könnten durch eine großzügige Regelung des Wasserstandes nur gewinnen, wenn man als Hauptziel nicht dessen Absenkung um jeden Preis, sondern seine Haltung in mittlerer Tiefe anstrebt.

Mit der Entwässerung sind noch nicht alle Möglichkeiten zur Verbesserung des nassen und moorigen oder anmoorigen Bodens erschöpft. Wir brauchen nur an das S. 82 angedeutete Kulturverfahren zu denken, das E. M. REICHSFREIHERR ZU INNHAUSEN UND KNYPHAUSEN (1816) unter ganz ähnlichen Verhältnissen anwendete, wie sie in der breiten moorigen Rinne gegeben sind, die den Knyphauser Wald durchzieht. Mangel an Arbeitskräften wird eine so sorgfältige Tiefkultur jedoch z. Z. verbieten. Für einen großflächigen Wald-Feldbau eignen sich diese Böden wegen der zahlreichen Gräben nicht. Er hätte voraussichtlich auch nicht so großen Erfolg wie auf Heidepodsolen, weil es sich hier nicht um gewöhnliche Heidepodsole, sondern um tiefgründige Humuspodsole oder gar um Moorböden handelt.

Allgemeine waldbauliche Richtlinien für die mehr oder minder stark entwässerten Naß- und Moorböden zu geben, ist kaum möglich. Entsprechend der jeweiligen Bodenfeuchtigkeit wird sich ihre Behandlung bald mehr derjenigen der Glockenheide-Nadelforsten, bald der Benthalm-Moos-Fichten- (oder Kiefern-)forsten nähern müssen. Nach bisherigen Erfahrungen im Knyphauser Walde zu urteilen, gedeiht die Weymouthskiefer auf den als „Übergang" zwischen beiden Gesellschaften kartierten Flächen besonders gut. Auch die Waldkiefer ist

als Wirtschaftsholzart geeignet, während die Fichte vermutlich leicht rotfaul wird und nicht viel leistet. Eine Beimischung von Laubhölzern, namentlich von Moorbirke, ist auch auf Moorböden zu raten, wo zwar keine Podsolierung zu befürchten ist, eine dichte Rohhumusdecke aber ebenfalls den Aufschluß des Stickstoffes hemmen würde.

6. Dünen und Ausblasungsflächen

Über die waldbauliche Behandlung der Dünen und der eigenartigen Ausblasungsflächen braucht nach den Ausführungen S. 39 und S. 45 nur noch einiges Ergänzende gesagt zu werden. Eine unmittelbare Gefahr neuer Sandverwehungen besteht augenscheinlich zur Zeit nicht. Jeder unvorsichtige Eingriff kann sie aber neu heraufbeschwören. Der Dünen-Bergkiefernforst und der Krähenbeer-Kiefernforst, besonders der erstere, haben daher als Schutzwald zu gelten. Der natürliche Pionier des Eichen-Birkenwaldes auf Dünen ist die Sandbirke. Sie durchwurzelt den Flugsand tief und dicht und ist genügsam genug, um auch auf den humusarmen, trockenen Kuppen noch voranzukommen. Ohne den jetzigen, aus Bergkiefern und zum Teil recht kümmerlichen Waldkiefern zusammengesetzten Bestand zu sehr aufzulichten, sollte daher die Sandbirke in ihn eingebracht und allmählich so vermehrt werden, daß sie den Schutz des Sandes in erster Linie übernimmt. Auf den mehr oder weniger ebenen, nur durch geringe Überwehung entstandenen Flächen des Krähenbeer-Kiefernforstes kann die Waldkiefer als Wirtschaftsholzart gebaut werden. Der Schutz des Sandes muß aber oberstes Gebot bleiben. Aus diesen Gründen dürfen die Flächen des Krähenbeer-Kiefernforstes auch nicht in den Feldbau einbezogen werden, falls ein solcher auf den angrenzenden Heideböden zu deren Melioration eingeschaltet wird. Allenfalls wäre nach BECKER-DILLINGEN (1939) zu einem Unterbau mit Lupinen zu raten. Vor einer Kalkung solcher humusarmen Sande warnt aber BECKER-DILLINGEN mit Recht, weil sie den geringen Vorrat an Humusstoffen zu rasch aufzehren würde.

Diese Warnung gilt auch für die Ausblasungsflächen der Dünen. Hier sollte man vor allem der Moorbirke Gelegenheit geben, Pionierarbeit zu leisten. Eine rasche Verbesserung des Bodens wird man aber, wie S. 45 begründet, nur durch Aufbringen von Humus erreichen. Geschieht dies im Zusammenhang mit vorübergehendem Feldbau, so sind die randlichen Dünen sorgfältig vor einer Verletzung zu schützen, um nicht erneute Wehsandgefahr heraufzubeschwören.

Damit haben wir die waldbauliche Eigenart der Pflanzengesellschaften und Standorte des Knyphauser Waldes in großen Zügen umrissen und die Möglichkeiten aufzuzeigen versucht, die hier einer naturverbundenen und zugleich auf Steigerung der Erträge bedachten Forstwirtschaft gegeben sind. Wie besonders aus den letzten Abschnitten deutlich hervorgeht, verlangt jeder der zahlreichen verschiedenen Standorte des Knyphauser Waldes eine besondere, ihm angemessene Behandlung. Nur die genaue Kenntnis seiner Eigenart und seiner natürlichen Pflanzendecke befähigt uns, die geeigneten Mittel zur Verbesserung der Bestände und ihrer Böden zu finden. In vielen Fällen reicht unser Wissen um die natürlichen Zusammenhänge

und unsere Erfahrung allerdings noch nicht hin, um unfehlbare Rezepte auszuschreiben. Angesichts der Gefahren, denen die reine Nadelholzwirtschaft auf den ostfriesischen Geestböden entgegengeht und der Erfolge, welche gerade hier bei der Melioration armer Heidepodsole erzielt wurden, erschien es aber notwendig, wenigstens begründete Vorschläge für weitere praktische Versuche zu machen. Solche Versuche wird man in der Forstwirtschaft ebensowenig entbehren können wie in der Landwirtschaft oder auf anderen Gebieten des Pflanzenbaues. Denn gerade im Waldbau wird der rechte Weg nicht nach starren Regeln oder vorgefaßten Meinungen gefunden, sondern nur durch unablässige Beobachtung des lebendigen Geschehens in der Natur.

X. Zusammenfassung

1. Am Nordostrande des Knyphauser Waldes und zum Teil in diesem selber sind zahlreiche schmale, stark gewölbte Hochäcker zu erkennen, die bis zu 75 cm Ackerkrume haben (sogen. Esch-Böden). Großenteils fehlt unter ihnen jede Spur von Orterde; sie wurden also angelegt, bevor diese Gegend so stark verheidete, daß Podsole entstehen konnten.

2. In der Nachbarschaft des alten Ackerlandes, das für einen reinen Sandboden ungewöhnlich fruchtbar ist und fast den Charakter einer Braunerde hat, bildete sich unter Heide ein typischer Heidepodsol. Aus verschiedenen Beobachtungen kann wahrscheinlich gemacht werden, daß etwa 1000 Jahre genügten, um in dem deckenförmigen Flugsand einen 20 cm mächtigen Bleichsand und eine deutlich verfestigte Orterde auszubilden.

3. Während sich der Boden unter der Rohhumus erzeugenden Heide durch Podsolierung zunehmend verschlechterte, erhielt ein mindestens 150 Jahre alter, vermutlich aber noch älterer Eichenwald die Fruchtbarkeit des alten Ackerlandes sehr wahrscheinlich fast unverändert. Auflagehumus bildete er überhaupt nicht; sämtlicher Humus durchsetzt den Oberboden in mullartiger Form.

4. Unter dem Auflagehumus von Nadelhölzern macht sich dagegen stellenweise schon nach 80 Jahren eine beginnende Bleichung der Krume bemerkbar. Auf frisch aus dem Untergrunde aufgewehtem Dünensand bewirkte der von einem etwa 80jährigen Kiefernbestand gebildete Rohhumus eine deutliche Bleichung des Oberbodens bis zu 3 cm Tiefe und die Entstehung einer an den Bleichsand anschließenden, bis 4 cm mächtigen Orterde. Reine Nadelholzbestände schaden den Sandböden im Küstenklima Ostfrieslands also sichtlich, während Eichenbestände den Boden pflegen.

5. Eine Heide mit unverletzter Rohhumusdecke wurde von Laubhölzern noch kaum zurückerorbert, obwohl sie seit etwa einem Jahrhundert gegen weidendes Vieh geschützt war. Voraussetzung für gutes Keimen der Birke und anderer Laubhölzer auf Heidepodsolen ist anscheinend die Verwundung der Oberfläche oder das Abbrennen oder Entfernen der Rohhumusdecke.

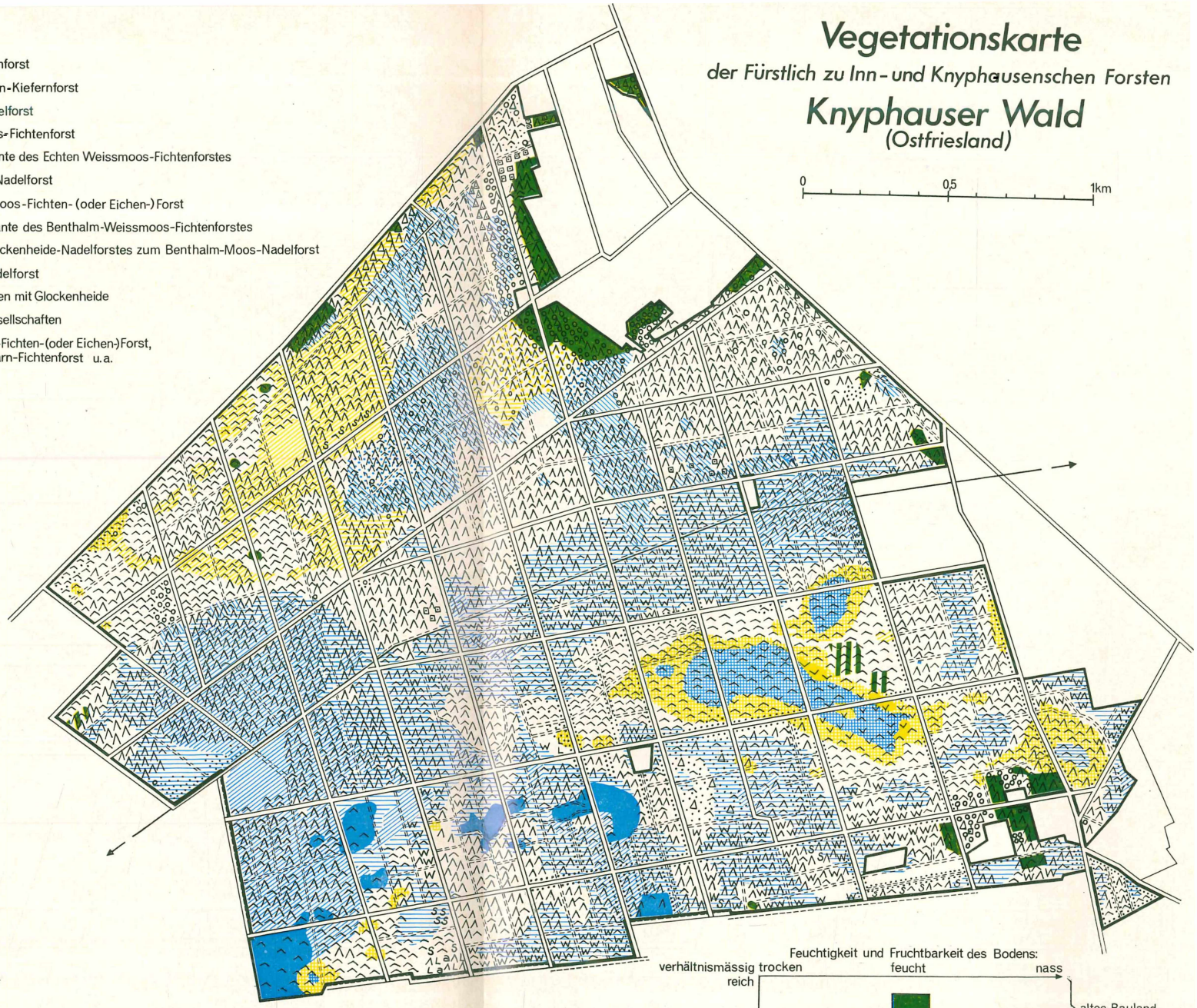
6. Die Rohhumusdecke einer feuchten *Calluna*-Heide wurde unter gepflanzten, jetzt 80jährigen Traubeneichen- und Stieleichen-Beständen noch nicht vollständig abgebaut. Modriger Auflagehumus dagegen, der sich (bei Lütetsburg) auf beackertem Heideboden unter 70jähriger Tanne bildete, wurde bereits unter einem 35jährigen Stieleichen-Bestand nahezu restlos aufgezehrt.
7. Obwohl der Knyphauser Wald erst seit acht Jahrzehnten besteht (1946!) und in einer äußerst waldarmen Heidelandschaft begründet wurde, haben sich in ihm zahlreiche gut unterscheidbare Pflanzengesellschaften ausgebildet. Diese Gesellschaften erwiesen sich zugleich als recht brauchbare Zeiger für ihre Standorte, insbesondere für die Feuchtigkeit und die Fruchtbarkeit des Bodens, die sich auch in den Bodenprofilen mehr oder minder deutlich ausprägen.
8. Nach orientierenden Messungen ist es sehr wahrscheinlich, daß diese Pflanzengesellschaften auch ertragskundliche Einheiten darstellen. Nahezu ertragslos sind z. B. Glockenheide-Gesellschaften auf sehr nassen und sauren, meist torfigen Böden oder auf dem vom Winde bloßgelegten humusfreien Sand des Untergrundes („Ausblasungsfläche"). Als produktionskräftigster Standort hat dagegen im Knyphauser Walde derjenige der Schildfarn-Eichen- und Nadelforsten zu gelten, der sich stets durch einen günstigen, nicht zu hohen und nicht zu tiefen Grundwasserstand, vor allem aber durch eine mehr oder minder mächtige Ackerkrume und einen milden Humus auszeichnet (siehe Abb. 5 u. 6).
9. Selbst Heidepodsole, die sich in dem trockenen Sand einer mächtigen Flugsand-Decke gebildet hatten, wurden durch Beackerung zu fruchtbaren Waldböden. Die Leistung dieser alten Bauland-Böden (gemessen an den Bestandesmassen und an der Höhen-Bonität gleichaltriger und gleichartiger Nadelholzbestände) beträgt bei gleichem Grundwasserstand mehr als das Doppelte von derjenigen der unveränderten Heidepodsole.
10. Auch kurzfristige Beackerung der Heidepodsole wirkt sich deutlich noch heute im Wuchs der Bäume aus und ist an dem Vorkommen anspruchsvollerer Pflanzenarten im Unterwuchs zu erkennen.
11. Durch Ackerkultur wird offensichtlich der untätige Rohhumus so innig mit dem mineralischen Oberboden und zum Teil auch mit der Orterde vermengt, daß er aktiviert und in eine günstigere Form überführt wird. Nach der Bodenflora zu urteilen, ist die Nitratbildung in solchen Böden gleichmäßig, aber nicht sehr stark, also für die Ernährung der Bäume günstig.
12. Zahlreiche Beispiele im Knyphauser Walde und besonders in den ebenfalls untersuchten Revieren bei Lütetsburg sprechen dafür, daß diese durch den Ackerbau erreichte Verbesserung des Humuszustandes unter Wald, besonders unter Eichen, sehr lange Zeit nachwirkt. Aber auch unter 150jährigen Tannen- und 80jährigen Fichten-Reinbeständen erscheint die Fruchtbarkeit des alten Baulandes noch deutlich größer als diejenige des nicht beackerten Heidebodens, obwohl sich unter dem aus der Nadelstreu gebildeten Auflagehumus bereits eine Versauerung des Oberbodens bemerkbar macht.

Vegetationskarte

der Fürstlich zu Inn- und Knyphausenschen Forsten

Knyphauser Wald

(Ostfriesland)



Aufgenommen von DR. H. ELLENBERG unter Leitung von PROF. DR. R. TÜXEN
Sept./Okt. 1946

13. Alle Beobachtungen weisen nachdrücklich darauf hin, daß der Wald-Feldbau schon in wenigen Jahren zu einer entscheidenden Verbesserung ehemaliger Heideböden führt und daß diese günstige Veränderung bei entsprechenden waldbaulichen Maßnahmen über mehrere Baumgenerationen nachwirken wird. Vorübergehende Beackerung und Leguminosen-Anbau ist daher die gegebene Zwischennutzung der großen Kahlschläge, die in den Heide-Revieren entstanden. Sie wird zu einer Steigerung der Produktion in den nach ihr begründeten Wäldern beitragen.

14. Der Wald-Feldbau gewährleistet aber nur dann dauernde Erfolge im Waldbau, wenn nach der Melioration des Bodens der Begründung bodenpfleglicher Wirtschaftswälder besondere Sorgfalt gewidmet wird. Hierbei kann die Pflanzensoziologie wertvolle Hilfe leisten.

15. Schon um das Jahr 1800 bereitete E. M. REICHSFREIHERR ZU INNHAUSEN UND KNYPHAUSEN Heideböden und den stark versauerten Untergrund abgetorfter Moore durch mehrmals wiederholtes Pflügen und Eggen und einige Jahre Ackerbau für die Begründung von Wäldern vor. Er wandte also vermutlich als erster planmäßig den Feldbau zur Vorbereitung eines leistungsfähigen Waldbaues auf armen podsolierten Sandböden in der Praxis an. Er erkannte außerdem klar, daß es mit der Melioration des Bodens allein nicht getan ist, sondern daß erst eine ausgiebige Verwendung bodenpfleglicher Hölzer und wurzelkräftiger Pioniere den waldbaulichen Erfolg gewährleistet.

Die für den Forstbetrieb im Knyphauser Walde wichtigen Ergebnisse wurden in Form einer Tabelle niedergelegt, die zugleich als zusammenfassende waldbauliche Erläuterung zur Vegetationskarte gedacht ist. Diese Übersicht enthält insbesondere Hinweise auf die in den kartierten heutigen Pflanzengesellschaften stockenden Holzarten und auf die entsprechenden natürlichen Waldgesellschaften, auf die heutige Beschaffenheit der Böden und auf die Möglichkeiten, diese zu meliorieren. Außerdem bringt sie Vorschläge für die Zusammensetzung eines bodenpfleglichen Wirtschaftswaldes sowohl für den heutigen Bodenzustand als auch für denselben nach einer durchgreifenden Melioration. Schätzungen der Höhen-Bonität und der Leistungsfähigkeit des Standortes (bezogen auf diejenige des Schildfarn-Fichtenforstes = 1) sollen eine ungefähre Vorstellung von der derzeitigen und von der nach der Melioration zu erwartenden Produktionskraft der Böden geben.

Vervollständigt wird diese Übersicht durch eine Bestimmungstabelle der wichtigsten Pflanzengesellschaften, wie sie bei der Kartierung im Gelände benutzt wurde. Sie enthält nur die für die Unterscheidung der Einheiten geeigneten Arten und ist in Form eines dichotomen Schlüssels aufgebaut. Die übergeordneten Einheiten stehen links, die kleinsten Einheiten, die auf der Karte durch besondere Farben unterschieden wurden, am weitesten rechts. Bei den Pflanzengesellschaften der reicheren Böden könnte die Unterteilung noch verfeinert werden, wenn von diesen mehr Beispiele vorhanden wären; sie spielen aber im Knyphauser Walde flächenmäßig nur eine sehr untergeordnete Rolle.

Beide Tabellen wurden getrennt von dem Text in einem besonderen Heft untergebracht, um sie in handlicher Form neben der Vegetationskarte benutzen und auch mit ins Gelände hinausnehmen zu können. Sie sind in dieser Veröffentlichung nicht enthalten, aber jederzeit bei der Fürstl. zu Inn- und Knyphausenschen Forstverwaltung in Lütetsburg bei Norden/Ostfriesland einzusehen.

XI. Schrifttum

ARENDS, F.: Ostfriesland und Jever in geographischer, statistischer und besonders landwirtschaftlicher Hinsicht. — Bd. **1,** 1818, Bd. **2,** 1819, Bd. **3,** Emden 1822.

BECKER-DILLINGEN, J.: Die Ernährung des Waldes. Handbuch der Forstdüngung. — Berlin 1939.

BERENSCHEER, L.: Siedlungskundliches aus der südlichen Lüneburger Heide. — Schriftenreihe des Niedersächsischen Heimatbundes **20,** Oldenburg 1938.

BUCHWALD, K.: Über Zusammensetzung, Verbreitung und Haushalt der nordwestdeutschen Heidegesellschaften. — Unveröff. Diss. 1940.

DENGLER, A.: Waldbau auf ökologischer Grundlage. — Berlin 1930.

DEWERS, F.: Das Diluvium. In: „Geologie u. Lagerstätten Niedersachsens." **3,** Oldenburg 1941.

DIEPOLD, F.: Fort mit dem Krüppelwald! — Waldsassen 1945.

ELLENBERG, H.: Über die bäuerliche Wohn- und Siedlungsweise in NW-Deutschland in ihrer Beziehung zur Landschaft, insbesondere zur Pflanzendecke. — Mitt. Flor.-soz. Arb.-Gem. Niedersachsens **3,** Hannover 1937.

GERHARDT, W.: Massentafeln für Hochwaldbestands-Mittelstämme. — Frankfurt/M. 1933.

HACKMANN, G.: Die forstlich wichtigsten Klimazahlen von Deutschlands. — Hannover 1931.

HASSENKAMP, W.: Die Umwandlung von Rohhumusböden in Mullböden durch Waldfeldbau und Leguminosenanbau. — Forstarchiv **17,** Hannover 1941.

HELLMERS, M. F.: Das Gulfhaus. Entstehung und Entwicklung. — Oldenburg 1943.

HERMANN: Die Sudetenlärche, ihr natürliches Vorkommen, ihre Ansprüche an Klima und Boden. — Deutscher Forstverein., Jber. **1933,** 185.

HESSELMAN, H.: Om humustäkets beroende av beståndets ölder och sammensättning i den nordiske granskogen av blåbärsrik vaccinium typ etc. — Medd. St. Skogsförs. Anst. **1937.**

JONAS, F.: Klimaschwankungen des Würmglazials und Bodenbildungen des nordwestdeutschen Diluviums. — Niedersächsischer Heimatschutz **4,** Oldenburg 1935.

KRAUSS, G., u. W. WOBST: In: Tharandt. forstl. Jb. 1935.

LAATSCH, W.: Dynamik der deutschen Acker- und Waldböden. — Dresden u. Leipzig 1944.

MÖLLER, A., u. S. HAUSENDORFF: Humusstudien. — Zeitschr. Forst- u. Jagdw. **53,** 789, 1921.

RAMANN, E.: Die Waldstreu und ihre Bedeutung für Boden und Wald. — Berlin o. J.

REICHSAMT FÜR WETTERDIENST: Klimakunde des Deutschen Reiches. Berlin 1939.

REICHSFREIHERR ZU INNHAUSEN UND KNYPHAUSEN, E. M.: Beiträge zur Beförderung der Holzcultur mit Bezug auf den Boden und auf das Klima der Provinz Ostfriesland. — Gemeinnützige Nachr. Prov. Ostfriesland vom Jahre 1807. — Norden 1816.

ROSHOP, U.: Die Entwicklung des ländlichen Siedlungs- und Flurbildes in der Grafschaft Diepholz. — Quellen u. Darst. z. Geschichte Niedersachsens **39,** Hildesheim u. Leipzig 1932.

SWART, F.: Zur friesischen Agrargeschichte. — Leipzig 1910.

TÜXEN, R.: Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. — Mitt. Flor.-soz. Arb.-Gem. Niedersachsens **3,** Hannover 1937.

— Von der nordwestdeutschen Heide. — Natur und Volk **68,** 6. Frankfurt/M. 1938.

— Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. Bremen (Gartenbauamt) 1956.

WERTH, E.: Weitere Untersuchungen zur klimatischen Bedingtheit unserer Forstgehölze II. Die maritime Waldgrenze, die atlantische Heide und die Verbreitung und das Alter der Podsolböden in NW-Deutschland. — Arbeit a. d. biolog. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtsch. **21,** 2. Berlin-Dahlem 1937.

WILDVANG, D.: Karte von Ostfriesland, 1:200 000.

— Die Geologie Ostfrieslands. — Abh. d. Preuss. Geol. Landesanst. N. F. **181,** Berlin 1938.

ZOTZ, L.: Der Aufbau bronzezeitlicher Grabhügel, ein Kriterium zur Altersbestimmung des Ortsteins und zur Rekonstruktion vorgeschichtlicher Vegeation in NW-Deutschland. — Mitt. d. Florist.-soz. Arb.-Gem. Niedersachsens **2,** Osterwieck 1930.

Zur Ergänzung seien empfohlen:

ELLENBERG, H.: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Stuttgart 1963.

TÜXEN, R.: Die Schrift des Bodens. Angew. Pflanzensoziol. **14,** Stolzenau/Weser 1957.