Mitt. POLLICHIA	85	105 – 152	9 Abb.	17 Tab.	Bad Dürkheim 1998
					ISSN 0341-9665

Monika POPKEN & Wolfgang LICHT

Bodenökologische Untersuchungen an wechselfeuchten Wiesen des östlichen Hunsrücks

Kurzfassung

POPKEN, Monika & LICHT, W. (1998): Bodenökologische Untersuchungen an wechselfeuchten Wiesen des östlichen Hunsrücks. – Mitt. POLLICHIA, **85**: 107–154, Bad Dürkheim

Im östlichen Hunsrück existieren noch Reste magerer wechselfeuchter bzw. wechseltrockener Wiesen, über deren bodenökologische Verhältnisse hier berichtet wird: ein „basiphytisches" Molinietum brometosum OBERDORFER 1957, ein acidophytisches Molinietum avenetosum LICHT 1993 sowie ein Arrhenatheretum sanguisorbetosum LICHT 1993. Zusätzlich wurden auch Brachen untersucht. Im einzelnen wurden Wassergehalte, pH, Textur, Lagerungsverhältnisse, organische Substanz, Kalium und Phosphat geprüft. Neben den Beziehungen zwischen Pflanzengesellschaft und Bodenfaktor wurden auch Korrelationen zwischen den Bodenfaktoren berechnet. Molinieten und Arrhenatheretum unterscheiden sich vor allem in den Lagerungsverhältnissen und in der organischen Substanz, die beiden Molinieten hauptsächlich in ihren pH-Werten, wobei allerdings auch beim „basiphytischen" M. brometosum die Werte im sauren Bereich liegen. Deutliche Unterschiede der bodenanalytischen Daten legten zudem eine Teilung des M. avenetosum in zwei Höhenvarianten nahe. Ein entscheidender differenzierender Einfluß der Nährstoffe auf die Pflanzengesellschaft konnte hingegen nicht nachgewiesen werden. Nutzungsaufgabe des Molinietum verändern die Bodenverhältnisse und begünstigen die Ausbreitung von Hochstauden bei gleichzeitiger Artenverarmung.

Abstract

POPKEN, Monika & LICHT, W. (1998): Bodenökologische Untersuchungen an wechselfeuchten Wiesen des östlichen Hunsrücks.

[Soil-ecological investigations of periodically wet meadows in the eastern Hunsrück (SW-Germany)]. – Mitt. POLLICHIA, **85**: 107–154, Bad Dürkheim

Shown are the relations between soil factors and variations in the balance of water to different compounds of plant societies in periodically wet, resp. dry soils of the eastern Hunsrück. In 56 test areas the vegetation was registered plant-sociologically and the soil was examined 2 to 3 times a year soil-ecologically at two different dephts. Following the syntax of LICHT (1993), the societies were assigned to the basiphytical Molinietum brometosum, the acidophytical Molinietum avenetosum and the meager periodically dry shape of the Arrhenatheretum elatioris – the Arrheatheretum sanguisorbetosum. The Molienetum avenetosum was divided into two different variants of altitude. To draw a better comparison, neighbouring fallows were included in the investigation, one part adressed as fallow Molinietum brometosum and the other as *Molinia*. The combined tests of Arrhenatheretes,

Molinietes and fallows appeared helpful because that way it was possible to compare the Molinietum limits either intensively cultivated or lying fallow. The central point of the job was the comparative research of the soil in the Molinietum brometosum location and in the Arrheatheretum sanguisorbetosum location. A different water supply within the plant populations is proven to be true on the basis of the investigation of the current soil water.

It may be pointed out that the locations of Molinietum brometosum and Arrheatheretum sanguisorbetosum differ significantly in density and pore relations as well as in their organic matter. The slight amount of organic matter but higher volume of the matter leads to a higher compactness and therefore to a lower pore volume of the Arrhenatheretum which shows up in reduction of volume of air and water. Another reason is to be seen in the increase of pressure during intensification of cultivation. The expected basic and pH-neutral results concerning the Molinietum brometosum could not be confirmed. Like the ones of the Arrheatheretum they range in a slightly sour area, however, the results of the Molinietum brometosum are strongly sour. The most important difference between these two associations appears to be the pH-value which is explained by the varying geological subsoil and a difference in heights. No effect of the nutrient relations (P & K) to the compound of plants can be verified. Intensification of cultivation as well as leaving the meadows alone leads to a decline of the *Molinia* meadows. Fertilization, early and/or repeated cutting produce oat gras meadows. The end of utilization by the Molinietes promotes the spreading of tall perennial herbs and a decline in the variety of species.

Résumé

POPKEN, Monika & LICHT, W. (1998): Bodenökologische Untersuchungen an wechselfeuchten Wiesen des östlichen Hunsrücks.

[Analyse de la situation écologique des sols des prés semi-humides dans le Hunsrück oriental (Allemagne du sud-ouest)].– Mitt. POLLICHIA, **85**: 107–154, Bad Dürkheim

Dans le Hunsrück oriental existent encore quelques résidus de prés pauvres semi-humides, voici l'analyse de la situation écologique de ces sols: un Molinietum brometosum OBERDORFER 1957 basiphytique, un Molinietum avenetosum LICHT 1993 acidophytique, ainsi qu'un Arrhenatheretum sanguisorbetosum LICHT 1993. De plus les jachères ont aussi fait l'objet de cette étude. La teneur en eau, le pH, la texture, la stratification, la matière organique, le potassium et le phosphate ont été examinés. Outre les relations entre des phytocénoses et des facteurs des sols, la corrélation entre les facteurs des sols mêmes a aussi été calculée. Les Molinietums et Arrhenatheretum se différencient surtout dans leur stratifications et dans la matière organique. Les deux Molinietums se différencient surtout dans leur valeurs pH, bien que le pH du M. bromsetosum basiphytique soit acide. Des différences nettes dans les résultats de l'analyse du sol laisse envisager une différenciation du M. avenetosum en deux variantes spécifiques à la hauteur. En revanche aucune influence selective des substances nutritives sur les phytocénoses n'a pû être constatée. L'abandon du Molinietum transforme la structure du sol et favorise la propagation de grandes plantes herbacées vivaces et parallèlement l'appauvrissement en espèces.

1. Einleitung

Pfeifengraswiesen sind häufig beschriebene (KOCH 1926; PHILIPPI 1960, 1962; BALATOVA-TULACKOVA 1965; KORNECK 1962, 1963, LIEPELT & SUCK 1989 u. v. a.), vielgestaltige, artenreiche Pflanzengesellschaften des extensiv genutzten Wirtschaftsgrünlandes auf wechseltrockenen, -feuchten oder -nassen Standorten. Früher nur als ungedüngte Streuwiesen mit Mahd im Spätsommer oder Herbst beschrieben, treten sie heute überwiegend als Heuwiesen mit einer frühen Mahd im Juni oder Juli in Erscheinung (vgl. NOVAK 1992). Damit ist gleichzeitig ein starker Rückgang der Bestände verbunden (STÖCKLIN & GISI 1989). Aufgrund des starken Rückganges werden heute immer mehr Restflächen unter Naturschutz gestellt. Voraussetzung für einen sinnvollen Naturschutz ist aber die Kenntnis und das Verständnis der Standortsfaktoren, denen die Pflanzengesellschaft ausgesetzt ist, bzw. die Standortsansprüche, die sie stellt.

Die Wiesen des Osthunsrücks sind erst in neuerer Zeit ausführlicher behandelt worden und sind inzwischen ebenfalls in ihrer Artenzusammensetzung und soziologisch gut beschrieben (LICHT 1993, SMOLLICH & BERNERT 1986, BERNERT 1985), doch fehlen weitgehend Untersuchungen zu ihrer Synökologie. Die vorliegende Arbeit befaßt sich daher mit bodenökologischen Untersuchnungen an Molinieten und Arrhenathereten wechselfeuchter bis wechseltrockener Standorte dieser Region.

Ursprünglich war vorgesehen, nur Molinieten zu untersuchen. Die große Anzahl an Arten der Arrhenatheretalia innerhalb der Gesellschaft und die direkte Nachbarschaft zu mageren Ausbildungen des Arrhenatheretum mit seinen Wechseltrockenheitszeigern ließen es als sinnvoll erscheinen, auch Arrhenathereten in die Untersuchungen miteinzubeziehen. Desweiteren wurden zwei Brachen in die Untersuchungen aufgenommen, um auch die Entwicklung bei Nutzungsaufgabe zu protokollieren.

Die typischen Pfeifengraswiesen haben ihren Verbreitungsschwerpunkt in der submontanen bis montanen Region. Sie lassen sich in einen basiphytischen und einen azidophytischen Flügel aufteilen. Diese extensiven Wiesen werden nur einmal jährlich gemäht und nicht oder nur schwach gedüngt. Daher treten sehr viele Magerkeitszeiger auf, die je nach Grad der Vernässung zu den Scheuchzerio-Caricetea, den Festuco-Brometea oder den Nardo-Callunetea vermitteln (OBERDORFER 1983). Typisch ist das Nebeneinander von Nässe- bis Trockniszeigern, die den wechselfeuchten Charakter anzeigen. Die Pfeifengraswiesen können je nach Höhenlage und Standortunterschieden in zahlreiche Subassoziationen und Varianten unterteilt werden.

LICHT (l. c.) beschrieb für den Osthunsrück azidophytische wie auch basiphytische Ausbildungen des Molinietum caeruleae. Danach haben die sauren Pfeifengraswiesen ihren Verbreitungsschwerpunkt in submontaner Höhenlage auf Tonschiefer-Verwitterungsböden, während die basiphytischen Ausbildungen nur in colliner Lage auf Lößlehmböden auftreten. Die feuchtesten, meist ortsfernen Standorte besiedelt innerhalb dieser Gesellschaft das mit dem Juncetum molinietosum nahe verwandte azidophytische Molinietum juncetosum. Das Molinietum avenetosum wird für magere, bodensaure, wechseltrockene, ebenfalls ortsferne Standorte als Vermittler zwischen dem Molinietum juncetosum und dem Molinietum brometosum beschrieben. Das Molinietum brometosum tritt nur auf den mageren, basenreichen und im Sommer austrocknenden Standorten auf, auf denen es mosaikartig mit den Festuco-Brometea verzahnt ist. Charakterarten dieser Gesellschaft differenzieren es gegen die sauren Molinieten ab. Nur im Molinietum juncetosum tritt *Molinia caerulea* noch mit hoher Stetigkeit auf, in den anderen Gesellschaften tritt es dagegen stark zurück.

Die meist zweischürigen, gedüngten Glatthaferwiesen dagegen haben ihren Verbreitungsschwerpunkt in wärmeren, aber relativ niederschlagsreichen Gebieten der großen Tallandschaften in der planar-collinen Stufe. Von dort erstrecken sie sich auf frischen bis mäßig (wechsel-) feuchten Böden bis in die submontan-montane Stufe hinein. Neben den nährstoffreichen intensiv genutzten Glatthaferwiesen treten im östlichen Hunsrück bei nicht allzu intensiver Nutzung artenreiche Gesellschaften der Glatthaferwiesen auf staunässefreien Böden mit mittlerer Nährstoffversorgung auf (vgl. SMOLLICH & BERNERT 1986).

2. Untersuchungsgebiet

2.1 Naturräumliche Lage und Geologie

Der Hunsrück ist der südwestliche Teil des Rheinischen Schiefergebirges, das sich vor allem aus devonischen Schiefern und Quarziten zusammensetzt. Er wird im Norden von der Mosel, im Osten vom Rhein, im Süden von der Nahe und im Westen von Saar und Prim begrenzt.

Das Untersuchungsgebiet (TK25 6012, Stromberg; TK25 5912, Kaub) liegt im südöstlichen Bereich des Hunsrücks (Abb. 1). Es ist dort auf drei naturräumliche Einheiten aufgeteilt. Die südlich gelegenen Flächen bei Waldalgesheim gehören mit der Waldalgesheimer Kalkmulde zum Unteren Naheland. Die etwas nördlicher gelegenen Flächen bei Daxweiler können der Daxweiler Hochfläche, die zum Soonwald gehört, zugerechnet werden. Sie geht südlich bei Warmsroth ohne eindeutige Grenze in das Untere Naheland über. Die im Norden des Untersuchungsgebietes gelegenen Flächen zwischen Oberheimbach und Dichtelbach gehören zum Rhein-Hunsrück, der den Abfall der Hunsrückhochfläche zur Terrassenflur des Mittelrheins bildet und besonders starke Reliefunterschiede zeigt.

Die Waldalgesheimer Kalkmulde ist eine flache, vielfach von Lößlehm über Schleichsand und Rupelton oder Kalk bedeckte Verebnung (HANLE 1992). Die potentiell natürliche Vegetation (SCHREIBER 1988) in diesem ca. 300 m ü. NN gelegenen Gebiet ist ein Eichen-Hainbuchenwald, der heute weitgehend durch Äcker und extensiv genutzte Wiesen verdrängt ist. Hier befinden sich die sog. Holzwiesen, die den Kernbestand der untersuchten Flächen (H1-H7; zur Numerierung vgl. 3.1) ausmachen sowie die nur wenige hundert Meter entfernte Wiese (K8) am Fuße einer kleinen Erhebung, die als Köpfchen bezeichnet wird. Nach Westen wird sie durch die Stromberger Guldenbachenge, nach Süden hin durch einen Quarzithöhenzug, den Horet-Riegel, abgegrenzt.

Sechs Kilometer nordwestlich von den Holzwiesen liegt die nächste Fläche (D16) kurz vor Daxweiler auf anstehendem dunkelgrauem bis schwarzem Hunsrückschiefer. Lokal können Phosphoritknollen, Grauwackebänke oder Kalklinsen eingeschaltet sein.

Zwischen Daxweiler und Rheinböllen dominiert der Taunusquarzit. Er wird ca 1–2 km vor Rheinböllen an einer Verwerfung durch die Hunsrückschiefer abgelöst, der auch das anstehende Gestein der Flächen bei Dichtelbach und Oberheimbach darstellt. Als Ausgangsmaterial der Böden findet sich hier entkalkter Decklehm aus Löß, Staublehm oder Bimsschleier (DÖRHOFER & DÖRHÖFER 1994). Die Rothen Wiesen (R11–R15) bei Dichtelbach liegen in einer Höhe von ca. 450 m ü. NN. Drei Kilometer hangabwärts in Richtung Oberheimbach liegt in etwa 300 m ü. NN in einem Erlen-Eschen-Quellbachwald die Kaltenkellerbach-Wiese (Kk9 und10).

2.2 Klima

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich aufgrund der unterschiedlichen Naturräume auf voneinander abweichende Klimazonen. Die Waldalgesheimer Kalkmulde wird von einem mehr oder weniger sommerwarmen und wintermilden Klima bestimmt, in dem der mittlere jährliche Niederschlag bei 600 mm liegt. Mit einer relativ geringen Höhe von 280 bis 300 m ü. NN liegt sie im Wind- und Regenschatten des SW-NE streichenden Quarzitrückens des Soonwaldes. Die durchschnittliche Temperatur liegt im Juli zwischen 17° und 18°C, im Januar fällt sie mit 0° bis 0,5°C nicht unter den Gefrierpunkt. Diese mäßig hohen Jahresschwankungen kennzeichnen das nur schwach atlantisch getönte kontinentale Klima. Auch die Flächen bei Daxweiler gehören mit einer Höhe von ca. 300 m ü. NN am Rande des Soonwaldes noch diesem Klimatyp an. Die nördlich des Soonwaldes gelegenen Rothen Wiesen bei Dichtelbach können mit ihrer Lage von ca. 400 m ü. NN einem stark gemäßigten Mittelgebirgsklima, das windreicher, relativ sonnenscheinarm und winterkälter ist, zugeordnet werden. Sie sind in stärkerem Maße den regenbringenden Westwinden ausgesetzt, was zu einem mittleren Jahresniederschlag von ca. 655 mm führt. Die mittleren

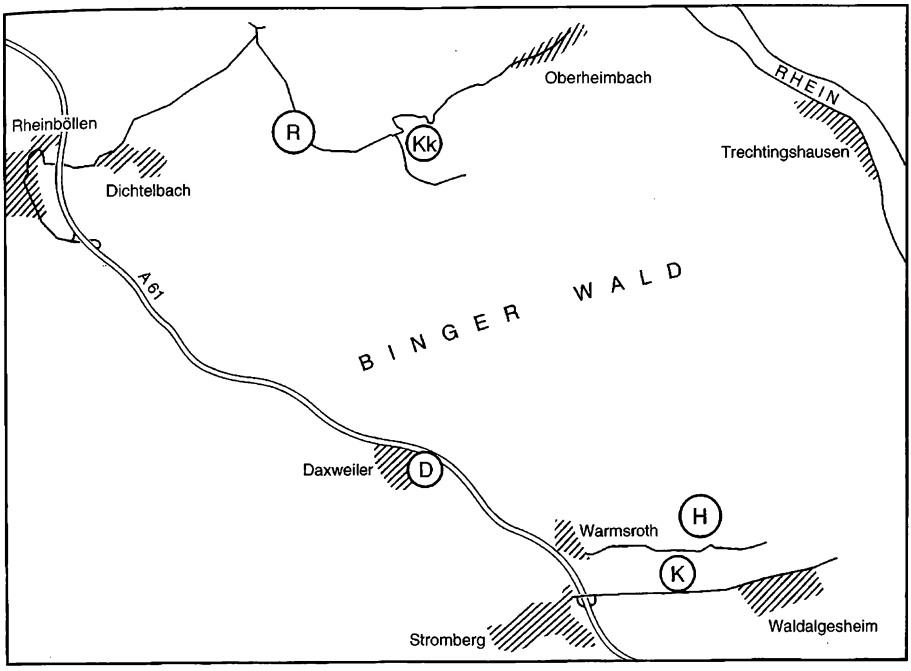

Abb. 1: Lage der Untersuchungsflächen

Julitemperaturen liegen hier zwischen 15° und 16°C, die Januartemperaturen zwischen –1° und –1,5°C und somit unter dem Gefrierpunkt. Die tiefer gelegenen Flächen der Kaltenkellerbach-Wiese erfahren aufgrund der geringeren Höhe von ca. 280 m bis 300 m ü. NN und ihrer ostexponierten Lage hingegen wieder ein eher windgeschütztes, sommermildes Mittelgebirgsklima.

Auffallend ist hier vor allem der große Unterschied der Niederschläge zwischen den Frühjahrsmonaten 1995 und 1996. Der Januar 1995 war der niederschlagsreichste seit 30 Jahren (mündl. Mitteilung von Herrn Gestrich, Wetterstation Trier). Auf den Rothen Wiesen war es auffallend windiger als auf den Flächen bei Stromberg. Die Kaltenkellerbach-Wiesen waren durch höhere Beschattung und Kühle sowie Windstille gekennzeichnet.

Die folgenden Klimadaten derselben Wetterstation beziehen sich auf den Zeitraum von 1961 bis 1990:

jährliche Niederschlagssumme	646 mm
mittlere jährliche Zahl der Frosttage (Temp.min. < 0°C)	94
mittlere jährliche Zahl der Sommertage (Temp.max. > 25°C)	26
mittlerer jährlicher Wert der Lufttemperatur in 2 m über Grund	7,9°C

3. Methoden

3.1 Auswahl und Kennzeichnung der Probeflächen

Als „Fläche" wird im folgenden die von einem Landwirt genutzte Parzelle bezeichnet. Die Flächen werden mit durchlaufenden Nummern von 1 bis 16 dargestellt. „Probeflächen" stellen hingegen die zur pflanzensoziologischen Aufnahme und für die Bodenentnahme abgesteckten Quadrate innerhalb einer Fläche dar. Sie werden ebenfalls mit durchlaufenden Nummern dargestellt. Diese Nummern stehen mit einem Schrägstrich hinter der Flächennummer. Es wurden pro Fläche 2 bis 6 Quadrate abgesteckt.

Zusätzlich zur Nummerierung der Flächen und Probeflächen verdeutlichen vorangestellte Buchstaben deren geographische Lage:

H	Holzwiesen (Flächen Nr. 1-7; 26 Probeflächen)
K	Wiese am Köpfchen (Nr. 8; 3 Probeflächen)
Kk	Kaltenkellerbach-Wiese (Nr. 9 und 10; 7 Probeflächen)
R	Rothe Wiesen (Nr. 11-15; 14 Probeflächen)
D	Wiese vor Daxweiler (Nr. 16; 6 Probeflächen)
Bra Mb	Brache des Molinietum brometosum (auf H2; 2 Probeflächen)
Bra M	*Molinia*-Brache (auf Kk9; 1 Probefläche)

Insgesamt wurden somit im Mai 1995 56 Probeflächen von einer Größe zwischen 4 und 16 qm bearbeitet.

3.2 Pflanzensoziologische Untersuchungen

Die pflanzensoziologischen Aufnahmen wurden von Mitte bis Ende Juni 1995 nach der Methode von Braun-Blanquet (leicht verändert nach WILMANNS 1993) durchgeführt. Die Mahd fand am selben oder nur wenige Tage nach den Aufnahmen statt.

Die herausgearbeiteten Vegetationseinheiten sind in den Tabellen 1 und 2 wiedergegeben. Absolute und relative Stetigkeit sowie die ökologischen Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1992) für Temperatur, Feuchtigkeit, Reaktionszahl und Nährstoffgehalt finden sich rechts in den Tabellen.

3.3 Bodenuntersuchungen

Am 27. 05. 1995, 23. 07. 1995 sowie am 25. 03. 1996 wurden an allen Standorten je 5 Einzelproben aus 0–10 und 10–20 cm Tiefe gezogen und jeweils zu Mischproben vereinigt. Zusätzlich wurden zur Bestimmung der Lagerungsdichte im Juli 1995 pro Standort je 2 Stechzylinderproben aus ca. 10 cm Tiefe gezogen.

- Die aktuelle Feuchte wurde gravimetrisch nach HARTGE & HORN (1989) an Proben aller 3 Entnahmezeitpunkte durchgeführt, um die jahreszeitlich bedingten Unterschiede (Niederschläge, Evapotranspiration) der Wassergehalte zu bestimmen.
- Die Bestimmung der organischen Substanz erfolgte über den Glühverlust nach SCHALLER (1988). Sie wurde an Mai- und an Juli-Proben ermittelt. Anschließend wurde der Kohlenstoff durch Division der organischen Substanz mit dem Faktor 1,742 berechnet.
- Die Textur wurde in leicht abgewandelter Form nach DIN 19683 an Feinboden vom Juli bestimmt.
- Auf 18 Probeflächen wurde mit dem Pürckhauer Bohrstock, den Farbtafeln nach MUNSEL (1992) und der Fingerprobe (Kartieranleitung 1982) der Bodentyp bestimmt.
- Der pH($CaCl_2$)-Wert wurde elektrometrisch mit dem Knick Digital pH-Meter nach SCHALLER (1988) an Mai- und Juliboden gemessen.
- Die Dichte- und Volumenverhältnisse wurden nach HARTGE & HORN (1989) bestimmt:
  - Lagerungsdichte und Wasservolumen gravimetrisch an den Stechzylinderproben (100 ml)
  - Substanzdichte am selben Boden nach der Xylol-Methode.

Substanz- und Lagerungsdichte dienten zur Berechnung des Substanzvolumens. Das Porenvolumen wurde aus der Differenz zwischen Gesamtvolumen und Substanzvolumen berechnet. Das Luftvolumen ergab sich aus der Differenz von Gesamtporenvolumen und Wasservolumen.

- Kalium und Phosphat wurden nach der CAL-Methode nach SCHÜLLER (SCHALLER 1988) an Juli-Boden aus 0–10 cm Tiefe durchgeführt.
- Auf die $CaCO_3$-Bestimmung im Labor wurde verzichtet, da der Schnelltest mit 0,1n HCl am Standort negativ verlief und die pH-Werte größtenteils unter 6,0 lagen, was anzeigt, daß alles reaktionsfähige $CaCO_3$ im Boden aufgebraucht ist.
- Um Nutzungsunterschiede herauszufinden und in die Auswertung miteinzubeziehen, wurden die Besitzer bzw. Pächter der Parzellen gebeten, einen speziell dazu entworfenen Fragebogen auszufüllen.

Es wurde auch der Gesamtstickstoff (Kjehldahl-Methode in Anlehnung an STEUBING & FANGMEIER (1992) ermittelt und daraus die C/N-Verhältnisse errechnet. Die gewonnenen Werte waren jedoch nicht aussagekräftig und werden deshalb hier nicht weiter behandelt.

3.4 Statistische Methoden

Die Mittelwerte, die Standardabweichung sowie die Minimum- und Maximumwerte wurden für die Daten aller gemessenen Bodenparameter ermittelt. Zur statistischen Absicherung der Ergebnisse wurden sämtliche Bodenmessungen vom Juli 1995 am Boden aus 0–10 cm Tiefe paarweise auf Korrelationen untersucht. Für bestimmte Bodenparameter wurde ein Vergleich von Mittelwerten einiger Pflanzengesellschaften oder unterschiedlicher Flächen nach dem t-Test und dem F-Test durchgeführt (KÖHLER et al. 1996).

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Ergebnis und Auswertung der pflanzensoziologischen Aufnahmen

4.1.1 Übersicht

Die pflanzensoziologischen Aufnahmen lassen sich folgenden Syntaxa zuordnen:

- Molinietum brometosum erecti OBERDORFER 1957
- Molinietum avenetosum pratensis LICHT 1993
- Arrhenatheretum sanguisorbetosum LICHT 1993

Das Molinietum avenetosum vermittelt mit seinen recht zahlreichen Arten der Glatthaferwiesen und mit hochstetem Auftreten von *Sanguisorba minor* und *Campanula glomerata* zum Arrhenatheretum sanguisorbetosum (vgl. unten). Es wird deshalb als Übergangsform betrachtet. – Im Laufe der Bodenuntersuchungen wurde deutlich, daß das Molinietum avenetosum der Höhenlage sich in einigen Parametern deutlich vom Molinietum avenetosum der niedrigeren Lage unterscheidet. Aus diesem Grund wurden sie in der Arbeit getrennt behandelt. Die Höhenvariante wird dabei durch das (h) hinter der Assoziationsbezeichnung gekennzeichnet, für die Variante der tieferen Lage wird nur der Assoziationsname verwendet.

Zusätzlich wurden zwei Brachen untersucht, von denen die Brache auf den Holzwiesen als Brache des Molinietum brometosum, die Brache auf der Kaltenkellerbach-Wiese aufgrund des Fehlens der Verbands- und Differentialarten und dem mächtigen Auftreten von *Molinia caerulea* als *Molinia*-Brache angesprochen wird.

Es wurden folgende Kurzbezeichnungen der Pflanzengesellschaften und der Brachen verwendet:

Molinietum brometosum erecti	Mb
Molinietum avenetosum pratensis, Variante der tieferen Lage	Ma
Molinietum avenetosum pratensis, Höhenvariante	Ma (h)
Arrhenatheretum sanguisorbetosum	As
Brache des Molinietum brometosum	Bra Mb
Molinia-Brache	Bra M

4.1.2 Molinietum brometosum erecti

Flächen: H1, H3/14, H4, H5, H6, H7, D16/51-53 (Tab. 1, Lfd. Nr. 4-25)

Das Molinietum brometosum fand sich nur auf Flächen der Waldalgesheimer Kalkmulde und der Wiese vor Daxweiler, damit nur in colliner Lage und vor allem auf Lößlehm. Die Flächen sind durch das hochstete, meist von hoher Mächtigkeit begleitete Auftreten der Basenzeiger *Serratula tinctoria* und *Galium boreale* als Verbandscharakterarten (VC) des Molinion caeruleae gekennzeichnet. Weniger häufig treten noch der Tonzeiger *Silaum silaus* und *Inula salicina* hinzu. Sie können aufgrund des Fehlens von eigenen Assoziationscharakterarten des Molinietum caeruleae territorial als Kennarten desselben betrachtet werden (vgl. OBERDORFER 1983). Die namensgebende *Molinia caerulea*, die auf den Brachen eine Mächtigkeit von 4 erreicht, ist lediglich mit + vertreten. Auf Probefläche H1/6 konnte mit einer Population von *Iris sibirica* eine für den Hunsrück seltene Art nachgewiesen werden. Einige Klassenkennarten der Molinio-Arrhenatheretea (Wirtschaftsgrünland) sind hochstet vertreten. Als Trennarten zu der mehr acidophytischen und in der Regel höher gelegenen Ausbildung mit *Avenochloa pratensis* treten hier die Differentialarten *Bromus erectus* und *Galium boreale* auf. Die von LICHT (1993) ebenfalls als Differentialart erwähnte *Filipendula vulgaris* findet sich in den vorliegenden Aufnahmen in beiden Subassoziationen, kann also nicht als DA verwendet werden. Die *Koeleria*-Arten fehlen ganz. Eine Betrachtung der Feuchtezahlen nach Ellenberg zeigt, daß unter den Begleitern neben Nässe- und Trockniszeigern fast ausschließlich Wechselfeuchtezeiger vertreten sind.

Die Wuchshöhe der regelmäßig gemähten Flächen zum Zeitpunkt der Aufnahmen und damit kurz vor der Mahd schwankte zwischen 65 cm und 120 cm und lag zumeist bei ca. 90 cm. Auffallend waren die Höhenunterschiede auf den unmittelbar aneinander grenzenden Flächen 4 (im Mittel 85 cm) und 5 (im Mittel 120 cm). Die benachbarte Brache wies demgegenüber eine Wuchshöhe von ca. 160 cm (*Arrhenatherum elatius, Cirsium arvense*) auf und zeigte insgesamt ein mastigeres Aussehen. Die Deckung der Flächen durch Kräuter betrug im Mittel 90%, dabei lag der niedrigste Wert von 70% auf Probefläche 1.

4.1.3 Molinietum avenetosum pratensis

Flächen: Kk 9/30 – 32, Kk10, R11, R12, R13, R14, R15 (Tab. 1, Lfd. Nr. 26–45)

Diese Subassoziation des Molinietum caeruleae wurde erstmals von LICHT (1993) für den Osthunsrück als vikariierende Gesellschaft zum Molinietum brometosum beschrieben. Dabei soll *Avenochloa pratensis* in höheren Lagen *Bromus erectus* als Differentialart ersetzen. Von uns wurde das Molinietum avenetosum pratensis allerdings für die Flächen der Kaltenkellerbach-Wiesen und der Rothen Wiesen ermittelt und damit auf Flächen in colliner wie auch submontaner Lage.

Die soziologische Einteilung dieser Flächen bereitete größere Probleme, da eine eindeutige Zuordnung im Vergleich mit der Literatur (KORNECK 1962, PHILIPPI 1960, OBERDORFER 1983, LICHT 1993, LÜHRS 1994) nicht möglich war. Auch SMOLLICH & BERNERT (1986) erklärten die Einordnung der Hunsrückwiesen aufgrund ihres eigenen Charakters als schwierig. Die Zuordnung zum Molinietum avenetosum pratensis ist deshalb unter Vorbehalt geschehen. Zwar zeigen die Bestände mit den Ordnungskennarten *Colchicum autumnale*, *Molinia caerulea* (von KORNECK 1962 sogar als Verbandskennart gewertet),

Lychnis flos-cuculi, Cirsium palustre, Filipendula ulmaria, Dactylorhiza maculata u. a., sowie den Verbandskennarten *Betonica officinalis, Serratula tinctoria, Succisa pratensis* und *Silaum silaus* die Zugehörigkeit zum Molinietum caeruleae; doch treten diese Arten zum Teil nur mit mittlerer bis geringer Stetigkeit auf.

Die Differentialarten zum Molinietum brometosum – *Hypericum maculatum* und *Avenochloa pratensis* – treten hochstet bzw. stet auf, doch kann auf fünf Flächen auch noch *Bromus erectus* verzeichnet werden. Auch tritt die Differentialart des Molinietum brometosum, *Filipendula vulgaris*, hier hochstet auf und verliert daher ihre differenzierende Funktion.

Auffallend ist die Häufigkeit von *Sanguisorba minor* und *Campanula glomerata*, beides Arten der Festuco-Brometea und eigentlich Differentialarten des Arrhenatheretum sanguisorbetosum (LICHT l. c.). Insgesamt leiten diese Aufnahmen zum Arrhenatheretum sanguisorbetosum hin. Charakteristisch für diese Flächen ist das hochstete Auftreten von *Betonica officinalis*, die im Molinietum brometosum nur vereinzelt nachgewiesen werden konnte. *Galium boreale*, kennzeichnend für das M. brometosum, fehlt hingegen ganz. Es scheint fast, als ob die beiden genannten Arten sich gegenseitig ersetzten und demzufolge ebenfalls zur Differenzierung der beiden Gesellschaften herangezogen werden könnten. An Orchideen fanden sich im Gegensatz zum Molinietum brometosum *Listera ovata*, *Platanthera chlorantha* und *Dactylorhiza majalis*. Ein besonders wertvoller Fund gelang mit *Ophioglossum vulgatum* auf Probefläche Kk9/30.

Die Bestandshöhe zum Zeitpunkt der Soziologischen Aufnahmen schwankte zwischen 60 cm und 100 cm, erreichte aber auch hier auf den meisten Flächen ca. 90 cm.

Die Flächen Kk9 und Kk10 fallen durch eine relativ geringe Deckung der Krautschicht (60%–80%) und einen stark bodendeckenden Moosanteil (bis 50%) auf. Die Bestände sind hier in drei deutlich zu unterscheidende Wuchshöhen differenziert. Dabei erreichen die Gräser mit *Avenochloa pratensis* eine maximale Obergrenze von 90 cm, eine mittlere Schicht bis 35 cm läßt sich mit *Achillea millefolium*, *Ranunculus nemorosus* und *R. acris* sowie den Orchideen ausmachen. Die Bodenschicht bis 10 cm wird z.B. von *Potentilla erecta* gebildet.

Die Flächen R11 bis R15 unterscheiden sich von den Flächen Kk9 und Kk10 durch das stete Auftreten von *Phyteuma nigrum*, die als Höhendifferentialart angesehen werden kann und deshalb in Tab. 1 (Lfd. Nr. 32–45) als solche eingeordnet wurde, obwohl sie nach OBERDORFER (1990) auch in tieferen Lagen auftritt. Da sich aber auch die wenig höhenspezifische *Pimpinella saxifraga* nur auf diesen Flächen fand, wurde die Einteilung als Höhenvariante mit einem Fragezeichen versehen.

4.1.4 Brachen mit *Molinia*

Probeflächen: H2/7, H2/8, Kk 9/33 (Tab. 1, Lfd. Nr. 1–3)

Die Brache des Molinietum brometosum wurde auf den Probeflächen H2/7 und H2/8 aufgenommen. Sie unterscheidet sich von den gemähten Flächen neben einer höheren Feuchte durch das Fehlen der meisten Klassenkennarten und dem Auftreten von Brachezeigern. So fallen hier vor allem die schleierbildende *Vicia cracca* und die hochwüchsige Distel *Cirsium arvense* auf. Daß sie trotzdem noch dem Molinietum brometosum zugeordnet wurde, kann mit dem Auftreten der VC *Galium boreale, Serratula tinctoria, Inula salicina* und *Betonica officinalis*, der OC *Molinia caerulea, Lychnis flos-cuculi, Colchicum autumnale, Galium uliginosum, Juncus conglomeratus* und einigen anderen sowie den DA *Galium verum* und *Filipendula vulgaris*, die sich teilweise stark ausbreiten, begründet werden. Auch PHILIPPI (1960) beschrieb Molinieten des Oberrheingebietes, bei denen Klassenkennarten nur in den gepflegten, also gemähten Beständen vorkamen. Eine Abnahme der Molinio-Arrhenatheretea-Arten in Brachestadien stellten auch ZACHARIAS, JANSSEN & BRANDES (1988) an basenreichen Molinieten westlich von Peine fest. Somit scheint das Zurücktreten der KC ein typisches Kennzeichen für brachfallende bzw. brachgefallene Bestände zu sein.

Eine Verkrautung oder Verdichtung durch *Filipendula ulmaria*, die nach OBERDORFER (1983) und PHILIPPI (1960) bei Auflassung des Molinietum oft eintritt (*Filipendula ulmaria*-Stadium), konnte auf den hier bearbeiteten Flächen der Brache noch nicht festgestellt werden; auch die Verbuschung scheint erst langsam einzusetzen.

Die *Molinia*-Brache der Kaltenkellerbach-Wiese (Kk9/33) ist vor allem durch Dauernässe und Artenarmut (13) gekennzeichnet. Die Charakterarten des Molinion sowie der Molinio-Arrhenatheretea fehlen hier ganz. Dafür sind die Molinietalia mit mächtigen Bulten von *Molinia caerulea* und anderen Arten gut vertreten. *Cirsium arvense* stellt den einzigen krautigen Brachezeiger. Die Verbuschung ist in dieser Brache, die wahrscheinlich älter als 15 Jahre ist, etwas fortgeschrittener als bei der oben beschriebenen. So finden sich vereinzelt ca. 80 cm hohe *Ribes*-Sträucher. Die Deckung der Krautschicht erreicht nur 70% und wird vor allem durch die *Molinia*-Bulte, zwischen denen im Frühjahr und stellenweise auch noch im Sommer das Wasser steht, gebildet. Die Wuchshöhe lag hier mit maximal 130 cm niedriger als auf der anderen Brache.

Auffallend für beide Brachen ist die Bildung von Dominanzbeständen von *Molinia caerulea*, die dagegen in den gemähten (und teilweise gedüngten) Wiesen stark zurücktritt und häufig ganz fehlt.

4.1.5 Arrhenatheretum sanguisorbetosum

Probeflächen: H3/9 – 13, K8/27 – 29, D16/54 – 56 (Tab. 2)

LICHT (l.c.) beschrieb vom östlichen Hunsrück eine magere Subassoziation des Arrhenatheretum elatioris wechseltrockener, nährstoffarmer Standorte, die sie mit Hilfe von *Sanguisorba minor, Campanula glomerata* und *Galium verum* agg. von der typischen Subassoziation der Glatthaferwiese differenzierte. Elf unserer Aufnahmen können dieser Gesellschaft zugeordnet werden. Die beschriebenen Trennarten sind alle hochstet vertreten. Sie entstammen den Festuco-Brometea und zeigen eine Tendenz zu eher trockenen bis wechseltrockenen und mageren Standorten. Das namensgebende *Arrhenatherum elatius* ist nur in vier Aufnahmen vertreten ist. Auch LICHT (l. c.) beschrieb ein relativ geringes Vorkommen dieser Art innerhalb der Subassoziation. Ein auffallender Unterschied findet sich allerdings in der Höhenangabe. LICHT (l. c.) beschrieb diese Gesellschaft für submontane Wiesen, die mindestens 340 m hoch liegen. Unsere Aufnahmen stammen dagegen aus dem ca. 270-300 m hoch gelegenen Stromberger Lößgebiet und sind somit der collinen Höhenstufe zuzuordnen. Dies macht sich auch im Fehlen der Höhendifferentialarten *Phyteuma nigrum*, *Alchemilla monticola* und weiterer Alchemillen bemerkbar – Arten, die allerdings auch bei LICHT (l. c.) zum Teil nur geringe Stetigkeit aufweisen. Bei den Begleitern treten die feuchtezeigenden Arten der Molinietalia stark zurück.

LICHT (l. c.) unterteilte die Subassoziation in drei Varianten:

1. Typische Variante, ohne eigene Trennarten
2. Variante von *Pimpinella saxifraga*, mit den weiteren Trennarten *Ranunculus bulbosus* und *Primula veris*
3. Variante von *Succisa pratensis*, mit den weiteren Trennarten *Betonica officinalis, Cirsium palustre, Polygonum bistorta, Selinum carvifolia* u. a.

Wie Tab. 2 zu entnehmen ist, sind nur die ersten beiden Varianten in unserem Aufnahmematerial vertreten.

Theoretisch möglich wäre auch eine Zuordnung der Gesellschaft zum Mesobrometum filipenduletosum vulgaris, das LICHT (l. c.) ebenfalls aus diesem Gebiet beschrieb, da gerade die obigen Trennarten alle zur Klasse Festuco-Brometea gehören bzw. *Ranunculus bulbosus* eine Charakterart des Verbandes Mesobromion ist. Da aber keine OC vertreten sind und nur eine einzige VC auftritt, im Gegensatz zum häufigen Vorkommen der Arten der Glatthaferwiesen, wurde von dieser Zuordnung abgesehen.

Zum Zeitpunkt der soziologischen Aufnahmen lag die Wuchshöhe der Arrhenathereten zwischen 80 und 140 cm, dabei kann eine Abstufung der Wuchshöhe beobachtet werden. Die Wuchshöhe der typischen Variante liegt auffallend über der der Variante von *Pimpinella saxifraga.* Im Mittel erreichen die Arrhenathereten eine höhere Wuchshöhe als die schon besprochenen Molinieten. Die Deckung durch Kräuter liegt zwischen 90 und 100%, Moos spielt kaum eine Rolle.

4.2 Bodenuntersuchungen

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt vorwiegend in Tabellen. Bezugsgröße sind dabei die einzelnen Pflanzengesellschaften (vgl. 4.1.1). Zusätzlich ist ein Gesamt-Durchschnittswert bzw. sind die absoluten Grenzwerte des betreffenden Faktors angegeben. Außerdem sind, um auch topographische Unterschiede deutlich werden zu lassen, die eher südlichen Gebiete H, K, und D unter „Str" („Stromberg") und die eher nördlichen Gebiete R und Kk unter „Rh" („Rheinböllen") zusammengefaßt.

Die Diskussion erfolgt für jeden Faktor gleich im Anschluß an die betreffende Tabelle. Dabei wird besonderer Wert auf Korrelationen zwischen den einzelnen Faktoren wie auch auf Zusammenhänge zwischen Faktor und Pflanzengesellschaft gelegt.

4.2.1 Aktuelle Feuchte

4.2.1.1 Ergebnisse

Tabelle 3a: Mittelwerte der aktuellen Feuchte [Gew.%], gemessen im März 1996 sowie im Mai und Juli 1995 an Boden aus 0-10 und 10-20 cm Tiefe

akt. H_2O	0-10cm				10-20cm			
Vegetation	März 96	Mai 95	Juli 95	Diff.3/96-7/95	März 96	Mai 95	Juli 95	Diff.3/96-7/95
gesamt	56,61	41,11	30,75	25,86	42,35	35,48	25,26	17,09
Str	55,14	38,90	29,00	26,14	42,93	35,48	23,64	19,30
Rh	57,22	42,39	30,50	26,72	41,29	35,05	26,59	14,70
Mb	60,68	41,83	31,79	28,89	45,79	38,22	25,51	20,28
As	44,05	33,05	23,40	20,64	37,23	30,00	19,90	17,33
Ma(h)	61,33	44,73	30,42	30,92	44,39	36,27	25,77	18,61
Ma	47,61	36,93	30,68	16,93	34,06	32,22	28,49	5,57
Bra Mb	68,12	52,99	47,04	21,08	40,43	37,33	35,24	5,18
Bra M	69,87	64,34	61,02	8,85	47,98	40,57	32,11	15,87

4.2.1.2 Diskussion

Bekanntlich spricht man als wechselfeucht (bzw. wechseltrocken) solche Standorte an, deren Pflanzenbestände starke jahreszeitliche Unterschiede der Wasserversorgung erkennen lassen (KLAPP 1965). Neben Bodenuntersuchungen wird auch die Vegetation zur Feststellung des wechselfeuchten Charakters herangezogen. Dabei dienen Arten, die erfahrungsgemäß nur auf Standorten mit wechselnder Feuchte auftreten wie auch das Nebeneinander von Trockenheits- und Feuchtezeigern als Kriterium. Durch intensive Nutzung kann der Pflanzenbestand den Zeigercharakter jedoch verlieren.

Um einen Eindruck über den jahreszeitlichen Gang des Bodenwassers auf den unterschiedlichen Standorten bzw. bei unterschiedlichen Pflanzengesellschaften zu erhalten, wurde zu drei verschiedenen Zeitpunkten der Wassergehalt in zwei Tiefen ermittelt. Dies

Tab. 3b: Tatsächlicher Verlauf der Mittelwerte (aktuelle Feuchte), angegeben in % der Ab- bzw. Zunahme. „%-Σ": Summe der jeweiligen Prozentwerte

akt. H_2O	0-10 cm				10-20 cm				0-20 cm
	Mai 1995 Gew.-%	Juli 1995 Abnahme gegenüber Mai in %	März 1996 Zunahme gegenüber Juli in %	„%-Σ"	Mai 1995 Gew.-%	Juli 1995 Abnahme gegenüber Mai in %	März 1996 Zunahme gegenüber Juli in %	„%-Σ"	„%-Σ" gesamt
gesamt	41,11	25,20	84,10	109,30	35,48	28,80	67,66	96,46	205,76
Str.	38,90	25,45	90,14	115,59	35,48	33,37	81,64	115,01	230,60
Rh.	42,39	28,05	87,61	115,67	35,05	24,14	55,28	79,42	195,09
Mb	41,83	24,00	90,88	114,88	38,22	33,25	79,50	112,75	227,63
As	33,05	29,20	88,21	117,41	30,00	33,67	87,09	120,76	238,97
Ma(h)	44,73	32,00	101,64	133,64	36,27	28,95	72,21	101,16	234,80
Ma	36,93	16,92	55,18	72,10	32,22	11,58	19,55	31,13	103,23
Bra Mb	52,99	11,23	44,81	56,04	37,33	5,60	14,70	20,30	76,34
Bra M	64,34	5,16	14,50	19,66	40,57	20,85	49,42	70,27	89,93

ist für eine Isoplethendarstellung des Wassergehaltes natürlich nicht ausreichend (eine solche war auch nicht beabsichtigt), die Unterschiede zu bestimmten Zeitpunkten können aber zusammen mit den Zeigerpflanzen zur Einteilung in wechseltrockene bzw. wechselfeuchte Standorte herangezogen werden.

Die Ergebnisse zeigen, daß der Wassergehalt auf allen Flächen im März, Mai und Juli in der oberen Bodenschicht etwas höher ist, als in der direkt darunter liegenden. Dies läßt darauf schließen, daß die Wasserzufuhr überwiegend durch die Niederschläge und nicht durch das Grundwasser erfolgt. Zu keinem der drei Entnahmezeitpunkte war die Witterung dauerhaft trocken. Es hatte jeweils an den vorangegangenen Tagen mehr oder weniger stark geregnet. Solche Regengüsse können zwar den austrocknenden Boden oberflächlich wieder auffüllen, doch kann eine trockene Zwischenschicht erhalten bleiben (WILMANNS 1993). Stößt andererseits die Befeuchtungszone in den oberen Schichten auf einen verdichteten Horizont, so kommt es zum Wasserstau. Dieser Fall tritt bei Pseudogleyen auf. Somit kann auf die obere feuchtere eine trockenere und darauf wieder eine feuchtere bzw. nasse Zone folgen. Bei stichprobenartig durchgeführten Bodentypenbestimmungen konnte an den meisten Standorten dieser feuchtere Horizont nachgewiesen werden, dem im Profil wiederum ein stark verdichteter trockenerer Horizont folgte. Da das Wasser an diesen Standorten nicht ins Grundwasser versickern kann, wird es in den obersten Schichten angereichert, aus welchen es in den heißen Sommermonaten rasch verdunstet bzw. von den Pflanzenwurzeln aufgenommen wird.

Dies erklärt auch die großen Wassergehaltsunterschiede zwischen den Monaten. Im März 1996 lagen die Werte erheblich über denen vom Juli 1995, obwohl der Zeitraum von Herbst 1995 bis Frühjahr 1996 relativ niederschlagsarm war, Frühjahr und Sommer 1995 dagegen zum Teil sehr hohe Niederschläge aufwiesen (Abb. 2). Nach feuchteren Wintern sind die Unterschiede sicher noch deutlicher. So zeigt Abb. 2 z.B. auch, daß die Niederschläge von Januar bis März 1995 viel höher waren als in den gleichen Monaten 1996 (der Januar 1995 war der niederschlagsreichste seit 30 Jahren, vgl. 2.2). Da das Bodenwasser vor allem von Niederschlägen gespeist wird, müssen zwischen Juli 1994 und März 1995 noch größere Unterschiede angenommen werden.

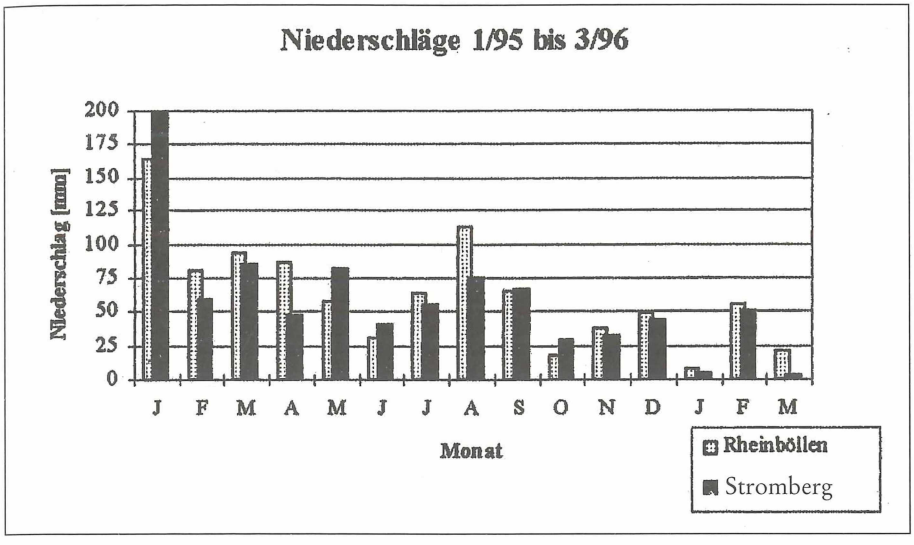

Abb. 2: Monatssummen der Niederschläge für die Monate Januar 1995 bis März 1996 der Wetterstationen Rheinböllen und Stromberg (nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes Trier)

Nach verschiedenen Autoren (z.B. KLAPP 1971) liegt der notwendige Niederschlag für guten Bewuchs einer Wiese zwischen 1500 und 600 mm pro Jahr. Die Niederschlagssummen für die untersuchten Gebiete liegen zwischen 811,3 und 855,8 mm und somit eher im unteren bis mittleren Bereich.

Was nun die Schwankungen des Wassergehaltes betrifft, so zeigen sich hier beträchtliche Unterschiede. Dies wird vor allem aus der Tab. 3b deutlich, wo die Schwankungen als Prozentwerte wiedergegeben sind. Zunächst verhält sich der Horizont 0–10 cm auch hier anders als der Horizont 10–20 cm. Während aber die Wassergehalte der oberen Bodenschicht durchweg höher lagen als der unteren, erwiesen sich die Wassergehaltsschwankungen – der Einfachheit halber ausgedrückt als Summe der Prozentpunkte – als uneinheitlich; dies zeigt vor allem ein Vergleich der beiden Brachen. Bemerkenswerter sind jedoch die Unterschiede zwischen den Gesellschaften; vgl. 4.2.1.4.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß die Vegetation der Mähwiesen einem ausgeprägten Wechsel von Nässe im Frühjahr und Trockenheit im Sommer ausgesetzt ist. Dies führt dazu, daß die oberen Bodenschichten zeitweise überfeucht sind und Luftmangel erleiden, bei Trockenheit dagegen Wassermangel herrscht. Die Wechselfeuchte der Standorte der Molinieten ist damit bestätigt, aber auch das Arrhenatheretum zeigt einen nicht minder ausgeprägten Wechsel des Bodenwassergehaltes.

4.2.1.3 Zusammenhang zwischen aktueller Feuchte und anderen Standortfaktoren

Als wichtigste Faktoren sind hier der Bodentyp, die Körnung, die Porenverhältnisse, die Lagerungsdichte und der Humusgehalt zu nennen.

Auf die Abhängigkeit des aktuellen Bodenwassers vom Bodentyp wurde oben schon kurz eingegangen. Ein Vergleich der bestimmten Bodentypen mit dem Wassergehalt zeigt für den Monat März, daß die Pseudogleye bzw. pseudovergleyten Böden höhere Wasser-

gehalte aufweisen als die Parabraunerden. Eine Ausnahme bildet Probefläche H7/24, eine Parabraunerde mit hohen Wassergehalten. Bei diesem Boden läßt sich der hohe Wassergehalt mit dem sehr hohen Ton- und Humusgehalt erklären, die beide die Wasserkapazität erhöhen. Im Mai ergibt sich ein entsprechendes Bild, nur daß hier der Wert auf Fläche K8/28 (Parabraunerde) vergleichbar ist mit den niedrigsten Werten der Pseudogley-Böden. Im Juli weisen die Parabraunerden zwar immer noch die niedrigsten Wassergehalte auf, doch sind die Unterschiede nur noch geringfügig. Die größten Wassergehaltsunterschiede zwischen März und Juli können auf Fläche H4/17, einer tiefgründigen, schwach pseudovergleyten Parabraunerde, festgestellt werden. Eine Betrachtung der restlichen Flächen zeigt dagegen eine starke Streuung. Ein tendenzieller Zusammenhang zwischen Bodentyp und Wassergehalt ist also feststellbar, doch ist dieser Zusammenhang nicht durchgängig.

Nach KLAPP (1971) ist der Bodenwasservorrat abhängig von dem Wasserhaltevermögen des Bodens, das neben anderen Parametern von den Körnungsverhältnissen und vom Ton-Humusanteil (Kolloidgehalt des Bodens) abhängig ist. Eine Korrelation zwischen aktuellem Wasser und Tongehalt bzw. dem Schluff-Tonanteil konnte rechnerisch nicht nachgewiesen werden. Doch zeigen einzelne Probeflächen, daß eine Beziehung zwischen diesen Parametern existiert. So weist die schon oben erwähnte Fläche H7/24 (sehr hoher Wassergehalt) neben dem hohen Humusgehalt auch einen so hohen Tongehalt auf, daß sie als Tonboden angesprochen werden muß. Die Probeflächen, auf denen niedrigere Wassergehalte ermittelt wurden, weisen im allgemeinen einen niedrigeren Tongehalt auf. Bei dichter Lagerung sind Tonböden infolge geringer Wasserdurchlässigkeit in humiden Klimaten häufig vernäßt. Lehm- u. Schluffböden mittleren Tongehaltes besitzen bei nicht zu dichter Lagerung ein hohes Speichervermögen für nutzbares Wasser (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Daß hier keine Korrelationen berechnet werden konnten, ist einerseits auf das komplexe Zusammenspiel der Parameter zurückzuführen, die sich zum Teil überlagern können. Andererseits wurden überwiegend Lehmböden festgestellt, die sich nur geringfügig in ihrer Zusammensetzung unterscheiden, so daß sich die minimalen Unterschiede nicht nachweisbar auswirken. Eine enge Korrelation konnte aber zwischen Wassergehalt und Organischer Substanz berechnet werden (Abb. 3). Denn einerseits hemmen hohe Wassergehalte des Bodens aufgrund von Sauerstoffmangel den mikrobiellen Abbau der Streu, so daß es zur Humusakkumulation kommen kann, andererseits besitzt Humus selbst eine hohe Wasserkapazität. Die niedrigsten Wassergehalte wurden deshalb auch meist auf Flächen mit relativ niedrigem Anteil an organischer Substanz bestimmt (H3, D16/54–56, K8). Von dieser Regelhaftigkeit weicht allerdings die *Molinia*-Brache ab. Hier hat der hohe Wassergehalt offenbar andere Ursachen (vgl. 4.2.5.4).

Eine enge Korrelation wurde auch zur Lagerungsdichte festgestellt. Für alle Probeflächen wurden zwar geringe Lagerungsdichten bestimmt, doch konnten innerhalb der niedrigen Bereiche zwei Gruppen gebildet werden. Es zeigte sich, daß die dichter gelagerten Probeflächen den geringeren Wassergehalt aufweisen. Dies kann allerdings auch im Zusammenhang mit der organischen Substanz, die dort ebenfalls niedriger liegt, gesehen werden.

4.2.1.4 Zusammenhang zwischen aktueller Feuchte und Vegetation

Die Aussage von WILMANNS (1993) u.a., daß der Unterschied zwischen den Ordnungen Arrhenatheretalia und Molinietalia im Bodenwasserhaushalt liegt, wird durch die vorliegenden Ergebnisse bestätigt. Es ist zwar für die Molinieten ebenso wie für das Arrhenatheretum im Verlauf des Jahres eine stufenweise Abnahme erkennbar, doch liegen die Werte des Arrhenatheretum auch im Juli deutlich unter denen der Molinieten (Tab. 3a); darin – und nicht in der Schwankungsbreite im Jahresgang – liegt der Unterschied zwischen diesen beiden Assoziationen (vgl. unten).

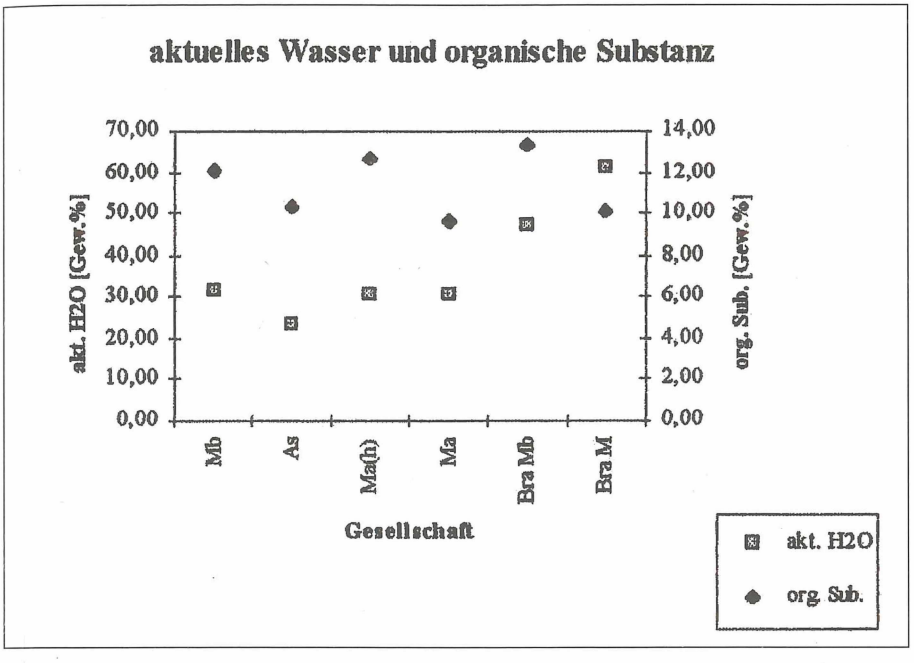

Abb. 3: Zusammenhang zwischen aktuellem Wasser und organischer Substanz bezogen auf die Pflanzengesellschaften

Auffällig ist der beträchtliche Unterschied zwischen den beiden doch nah verwandten Gesellschaften Ma und Ma(h). Die relativ niedrigen Werte, die im März auf den Flächen des tiefer gelegenen Molinietum avenetosum ermittelt wurden, sind dabei möglicherweise auf geringere aktuelle Niederschläge infolge der geschützteren Lage zurückzuführen. Die Wassergehaltsbestimmungen im Mai und im Juli zeigen auch für diese Gesellschaft höhere Werte, die zum Teil noch über denen der anderen Molinieten liegen. Vielleicht steht dies im Zusammenhang mit der niedrigeren Evaporation der stärker beschatteten luftfeuchten Waldwiese.

Beträchtliche Unterschiede zeigen sich im Jahresgang der Bodenwassergehalte (Tab. 3b). Insbesondere fällt auf, wie ähnlich die Werte des Molinietum brometosum und des Arrhenatheretum sind, während sich die beiden Ausprägungen des Molinietum avenetosum auch hier deutlich voneinander unterscheiden. Unter Berücksichtigung des Horizontes 0–20 cm kann man die einzelnen Gesellschaften zu drei Gruppen zusammenfassen: Mb, As und Ma(h) mit einer Schwankungsbreite von ca. 230%, Ma mit ca. 100% und die beiden Brachen mit deutlich geringeren, aber im Vergleich der Horizonte sehr unterschiedlichen Schwankungen. Dabei wird man die dort errechneten Horizontwerte von ca. 20% bereits als „dauerfeucht" bzw. „-naß" bezeichnen dürfen (vgl. 5.2.5).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Molinieten inklusive der Brache (BraMb) aufgrund ihrer Artenkombination und ihres stark schwankenden Wasserhaushaltes im Laufe des Jahres – im Juli sehr trocken, im März und Mai dagegen von Nässe charakterisiert – als wechselfeucht, das Arrhenatheretum eher als wechselfrisch bis wechseltrocken angesprochen werden können. Die *Molinia*-Brache dagegen stockt auf einem dauernassen Standort.

4.2.2 Boden-pH

4.2.2.1 Ergebnisse

Tabelle 4: Mittelwerte des Boden-pH, gemessen im Mai und Juli 1995 in 0–10 und 10–20 cm Tiefe

pH-Wert	0-10cm			10-20cm		
Vegetation	Mai 95	Juli 95	Diff.	Mai 95	Juli 95	Diff.
ges	5,12	5,02	0,10	5,18	5,12	0,06
Str	5,31	5,22	0,09	5,35	5,30	0,05
Rh	4,74	4,63	0,11	4,83	4,76	0,07
Mb	5,32	5,22	0,10	5,35	5,24	0,11
As	5,28	5,20	0,08	5,36	5,43	-0,07
Ma (h)	4,74	4,61	0,13	4,81	4,74	0,07
Ma	4,74	4,67	0,07	4,88	4,82	0,06
Bra Mb	5,91	5,77	0,14	6,04	5,88	0,16
Bra M	4,86	4,73	0,13	4,98	4,84	0,14

4.2.2.2 Diskussion

Unsere pH-Werte sind, wie heute weithin üblich, in einer $CaCl_2$-Lösung ermittelt. Dies hat in diesem speziellen Fall jedoch den Nachteil, daß die Schwankungen, die im Laufe des Jahres bei höheren bzw. niedrigeren Wassergehalten auftreten, abflachen, die Unterschiede also weniger deutlich hervortreten.

Nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992) lassen sich unsere Böden nach ihrem pH ($CaCl_2$) -Wert folgendermaßen gruppieren:

schwach sauer	pH 6,9-6,0
mäßig sauer	pH 5,9-5,0
stark sauer	pH 4,9-4,0

Auch für die Flächen der Waldalgesheimer Kalkmulde konnten nicht die erwarteten basischen oder neutralen pH-Werte nachgewiesen werden, wenn auch auf diesen Flächen die höchsten Werte bestimmt wurden. Dies kann auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein.

1. Durch die Bestimmung in $CaCl_2$-Lösung liegen die Werte bekanntlich um ca. 0,6 Einheiten niedriger als bei einer Bestimmung in H_2O (vgl. z.B. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL l.c.). Eine Messung in H_2O hätte somit für einige Probeflächen einen pH-Wert im neutralen bis schwach basischen Bereich ergeben.
2. Der Löß ist weitgehend entkalkt und somit als Lößlehm zu bezeichnen. Mit der Entkalkung geht gleichzeitig eine pH-Senkung einher. Daß die Werte dennoch höher liegen als auf den anderen zum Teil ebenfalls aus Löß entstandenen Böden, kann auf den anstehenden Kalk zurückzuführen sein, der die Entkalkung durch Erniedrigung des Konzentrationsgefälles verlangsamte.

Die meisten Werte liegen in einem optimalen Bereich. SCHLICHTING, BLUME & STAHR (1995) nannten für einen optimalen pH-Wert von Lehm- und Tonböden unter Grünland bei einem Humusgehalt von 8 bis 15% einen Bereich zwischen 5,5 und 5,0 und bei einem Humusgehalt von 15 bis 30% zwischen 5,0 und 4,5. Nach KLAPP (1971) beschrieb die Mehrzahl der Autoren das pH-Optimum bei 5,5–6,6. Bei pH-Werten unter 5,0 nimmt die Ertragsfähigkeit deutlich ab. Andererseits mindern Werte über pH 6 oft die Verfügbarkeit von Phosphat und Kalium sowie von Spurennährstoffen. Aber auch KLAPP (l.c.) bezeichnete für humusreiche Böden pH-Werte von 4,3–4,7 noch als optimal.

Die Zusammensetzung der Bodenlösung und somit auch der pH-Wert schwankt mehr oder weniger deutlich im Jahresverlauf. Im Juli, also bei geringstem Wassergehalt des Bodens, ist das pH meist etwas niedriger als im Mai. Auch nach EGGLER (1949) liegen die pH-Werte in der trockeneren Jahreszeit niedriger. Er schreibt dies dem niedrigeren Wassergehalt und der entsprechend geringeren Verdünnung zu. Mit der Austrocknung ist dann eine Verringerung der Pufferung verbunden.

Das Boden-pH ist auf allen Probeflächen in den oberen 10 cm niedriger als in den darauffolgenden. Dies läßt sich einerseits mit den sauren Niederschlägen erklären, die sich vor allem in der obersten Bodenschicht auswirken; nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992) liegen die pH-Werte der Niederschläge in der BRD im Jahresmittel bei 4,3 und somit im stark sauren Bereich. Weitere Gründe sind der Abbau der organischen Substanz, die in den oberen Schichten die höchsten Werte erreicht, ferner die Ausscheidung von Säuren durch die Pflanzenwurzeln sowie der Basenverlust infolge von Mahd.

4.2.2.3 Zusammenhang zwischen pH-Wert und anderen Standortfaktoren

SCHACHTSCHABEL (1952) zeigte in Laborversuchen an unterschiedlichen Böden, daß in pH-Bereichen von 4,7 bis 8,3 die Mineralisierung der organischen Substanz mit Zunahme des pH-Wertes ansteigt, der Humusanteil demnach abnimmt. Somit wäre zu erwarten, daß auf den hier untersuchten Probeflächen solche mit niedrigem pH den höchsten Anteil an organischer Substanz haben.

Dieser Zusammenhang läßt sich jedoch kaum nachweisen. So finden sich niedrige pH-Werte bei hoher als auch bei geringerer organischen Substanz. Auch bei der statistischen Auswertung konnte keine Korrelation berechnet werden. Das gleiche Ergebnis zeigen die Werte von STEUP (1995) und BOEKER (1957). KLAPP (1965) konnte ebenfalls anhand von Bodenuntersuchungen unter Grünlandvegetation diesen Zusammenhang nur als „lose" beschreiben. Offenbar überlagern Standorteinflüsse, wie sie im Freiland auftreten, sowie Nutzung und Düngung die im Labor gefundene Regelhaftigkeit.

Der pH-Wert gilt auch als eine Kenngröße zur Beurteilung der Basensättigung (V-Wert). In der Literatur wird die Beziehung zwischen pH-Wert und V-Wert im allgemeinen als linear beschrieben (vgl. KLAPP 1971 und SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). KLAPP (1965) zeigte jedoch an zwei verschiedenen Ausprägungen der Weidelgrasweiden, daß auch bei unterschiedlichen pH-Werten (hier: 6,7 bzw. 5,4) gleiche V-Werte auftreten können. Das bedeutet, daß auch ein saurer Boden basenreich sein kann. Da das Molinietum brometosum durch eine Vielzahl von Basenzeigern charakterisiert ist, kann somit angenommen werden, daß es sich bei den entsprechenden Standorten trotz niedrigen pH-Wertes um einen relativ basenreichen Boden handelt. Diese Frage wurde von uns aber nicht analytisch geprüft.

4.2.2.4 Zusammenhang zwischen pH und Vegetation

Ein Blick auf Abb. 4 läßt eine Aufteilung der pH-Werte des Molinietum brometosum in zwei Gruppen erkennen. Ein Vergleich der Mittelwerte dieser beiden Gruppen nach dem t-Test bestätigte diese Unterschiede als signifikant. Auffallend ist hier vor allem, daß diese Aufteilung im großen und ganzen einer Aufteilung in die verschiedenen Parzellen entspricht, was als Hinweis auf den Nutzungseinfluß angesehen werden kann.

Die niedrigen pH-Werte der Fläche H7 können mit dem sehr hohen Humusgehalt (ca. 15% im Oberboden) zusammenhängen (s. o.). Der hohe Tongehalt dieser Fläche scheint sich dabei nicht puffernd auf die Bodenreaktion auszuwirken. Im übrigen fehlt auf dieser Fläche und auf Fläche H6 *Silaum silaus* ganz, obwohl er nach Landolt (1977) ein Tonzeiger ist.

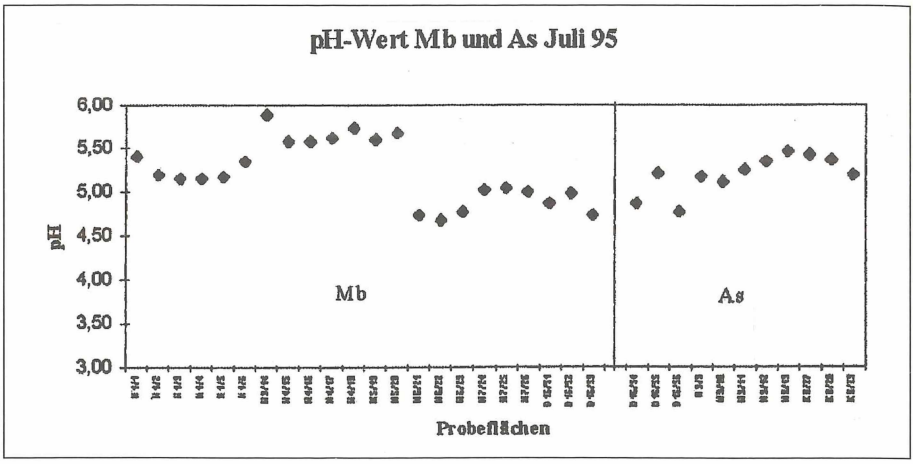

Abb. 4: pH-Werte von Molinietum brometosum und Arrhenatheretum sanguisorbetosum, Juli 1995, 0-10 cm Tiefe

Homogener verlaufen die Werte beim Arrhenatheretum. Sie streuen zwischen 5,12 und 5,45, mit zwei Ausreißern unter 5,0 auf der Fläche bei Daxweiler. Ein Vergleich der Werte aus verschiedenen Bodentiefen zeigt, daß die pH-Zunahme auf den Flächen des Arrhenatheretum sanguisorbetosum mit zunehmender Tiefe schneller verläuft als auf den Flächen des Molinietum brometosum, bei denen der Unterschied vernachlässigbar gering ist.

Bemerkenswerte Unterschiede der Bodenreaktion zwischen den beiden Gesellschaften können jedoch nicht festgestellt werden. Anders sind die Verhältnisse bei Betrachtung des Molinietum avenetosum (Abb. 5).

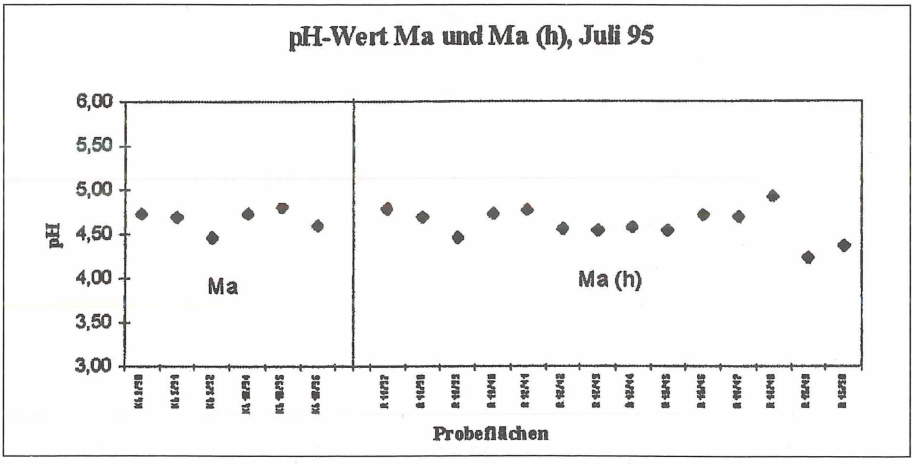

Abb. 5: pH-Werte des Molinietum avenetosum beider Höhenlagen, Juli 1995, 0-10 cm Tiefe

Hier liegen die pH-Werte aufgrund des anstehenden Hunsrückschiefers zumeist unter denen des Molinietum brometosum und des Arrhenatheretum sanguisorbetosum, die vor allem auf Lößlehm über Kalk stocken. Sie streuen mit nur geringer Standardabweichung um einen mittleren Wert von 4,63. Dieses homogenere Verhalten unterstützt obige Vermutung, daß die pH-Unterschiede des Molinietum brometosum auf unterschiedliche Nutzung zurückzuführen sind, denn die Flächen des Molinietum avenetosum werden von weniger Landwirten und somit einheitlicher genutzt.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß sich die beiden Pflanzengesellschaften Molinietum brometosum und Arrhenatheretum sanguisorbetosum hinsichtlich der Boden-pH-Werte nur dahingehend unterscheiden, daß die Werte des Molinietum brometosum einer stärkeren Streuung unterliegen, während für das Arrhenatheretum sanguisorbetosum relativ einheitliche Boden-pH festgestellt wurden. Beide Gesellschaften haben ihren Schwerpunkt im mäßig sauren Bereich. Die beiden Varianten des Molinietum avenetosum sind dagegen durch homogene, stark saure pH-Werte charakterisiert.

4.2.3 Textur und Bodentypen

4.2.3.1 Ergebnisse

Tabelle 5: Tonfraktion: Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum- und Maximumwerte

Vegetation	T ges [%]	Min	Max	Stabw.
gesamt	32,82	16,07	59,67	7,92
Str	34,20	16,07	59,67	8,79
Rh	30,33	24,20	41,84	5,40
Mb	34,83	16,07	59,67	10,01
As	32,27	27,06	43,46	6,43
Ma(h)	31,76	24,20	41,84	5,74
Ma	27,55	23,11	29,52	2,25
Bra Mb	40,94	38,88	43,01	2,92
Bra M	24,65			

Tabelle 6: Schlufffraktion: Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum- und Maximumwerte

Vegetation	U ges [%]	Min	Max	Stabw.
gesamt	52,16	30,92	73,73	7,72
Str	51,29	30,92	73,73	8,01
Rh	53,72	41,10	65,28	7,10
Mb	50,37	30,92	73,73	9,57
As	53,28	47,57	56,96	3,36
Ma(h)	50,84	41,10	63,40	6,37
Ma	60,10	57,32	65,28	2,72
Bra Mb	45,91	44,18	47,63	2,44
Bra M	62,47			

Tabelle 7: Sandfraktion: Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum- und Maximumwerte

Vegetation	S ges [%]	Min	Max	Stabw.
gesamt	15,03	8,50	23,29	3,39
Str	14,51	8,50	22,11	3,38
Rh	15,95	12,41	23,29	3,29
Mb	14,80	9,40	21,87	3,14
As	14,45	8,50	22,11	4,22
Ma(h)	17,40	12,41	23,29	2,85
Ma	12,35	11,61	13,16	0,62
Bra Mb	13,15	12,81	13,49	0,48
Bra M	12,88			

4.2.3.2 Diskussion

Nach SCHALLER (1988) können Böden mit mehr als 25% Ton als schwere Böden bezeichnet werden. In diese Gruppe gehören alle hier untersuchten Proben. Die Texturanalyse im Labor ergab allgemein (bei 3/4 der Probeflächen) eine leichte Abnahme des Tonanteils mit zunehmender Tiefe, was zum Teil mit der Abnahme der organischen Substanz zusammenhängt. Da Humusbestandteile mit den Tonteilchen organo-mineralische Verbindungen bilden, werden diese weniger leicht ausgewaschen. Dementsprechend konnte eine enge Korrelation zwischen Ton- und Humusgehalt berechnet werden. Ein weiterer Grund für die höheren Tongehalte der oberen 10 cm kann in der dort intensiveren Verwitterung zu sehen sein (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Bei der Bodentypenbestimmung konnte allerdings festgestellt werden, daß der Tongehalt mit weiter zunehmender Tiefe oft wieder zunimmt. Hier hat offensichtlich eine Tonverlagerung aus dem Al- in den Bt-Horizont des Unterbodens stattgefunden, wie das für Parabraunerden kennzeichnend ist.

Es treten auf den untersuchten Standorten vier verschiedene Bodentypen auf:
1. stark vernäßter, von vielen Staunässezeichen gekennzeichneter Pseudogley
2. relativ trockene Pseudogley-Parabraunerde bzw. Parabraunerde-Pseudogley mit einem mittleren bis geringen Anteil an Staunässezeichen
3. Parabraunerde
4. stark vernäßtes Kolluvium mit wenigen Staunässezeichen und daher eventuell auf Pseudogley

Staunässekennzeichen wie Mn- und Fe-Konkretionen oder -Gänge und Ausbleichungen konnten bei den Pseudogleyen und pseudovergleyten Böden häufig bis in den Oberboden hinein beobachtet werden. Die stark verdichteten Staunässehorizonte begannen erst in einer Tiefe von 46–79 cm.

Auf den Flächen H1 und H3 konnte im Bereich des Stauhorizontes ein auffallend hoher Sandanteil festgestellt werden. Die Profile auf den Rothen Wiesen und der Kaltenkellerbach-Wiese zeichneten sich im Unterboden durch einen hohen Gehalt an silbernen Schieferplättchen, sowie durch einen hohen Skelettanteil in den tieferen Horizonten aus. Dagegen war der Skelettanteil, der auf den Flächen der Holzwiesen bestimmt wurde, vernachlässigbar gering.

4.2.3.3 Zusammenhang zwischen Bodentypen und Vegetation

Es wurden überwiegend Profile der Standorte bei Stromberg untersucht, um eventuell vorhandene Unterschiede zwischen den wechseltrockenen Arrhenathereten und den wechseltrockenen bis wechselfeuchten Molinieten aufzuzeigen.

Ausschlaggebend für den Einfluß der Staunässeböden auf die Vegetation ist der Flurabstand des stauenden Horizontes. Die Staukörper der untersuchten Pseudogleye weisen einen relativ großen Flurabstand von bis zu 68 cm (H2/7) auf. Hochliegende Staukörper von nur 20 cm unter Flur, wie sie STEUP (1995) teilweise unter den von ihr untersuchten Gesellschaften fand, konnten hier nicht nachgewiesen werden.

Auf den echten Pseudogleyen stocken Molinieten (Bra Mb, H1/1) mit einem höheren Anteil an Nässezeigern, wie *Molinia caerulea, Epilobium palustre* und den *Juncus*-Arten. Die pseudovergleyten Parabraunerden tragen nur Molinieten, die vor allem durch den großen Anteil an Wechselfeuchtezeigern, sowie an Frische- und Trockniszeigern charakterisiert sind. Starknässezeiger treten hier nicht auf. Auf den Parabraunerden finden sich das wechseltrockene Arrhenatheretum (H3/9, D16/55, K8/28), aber auch das wechselfeuchte Molinietum (H3/14). Es handelt sich hier um dicht benachbarte Probeflächen. Das Kolluvium konnte unter einem sehr stark vernäßten Molinietum mit geringer Artenzahl (H5/20) bestimmt werden. Somit kommen Molinieten über alle festgestellten Bodentypen verteilt vor, während für das Arrhenatheretum nur Parabraunerden nachgewiesen werden konnten. Da aber nur drei Stichproben auf den Flächen des Arrhenatheretum gezogen wurden, kann ein Vorkommen des Arrhenatheretum auf staunässebeeinflußten Böden nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. So beschrieb KLAPP (1965) Bodenprofile unter verschiedenen dicht benachbarten Ausbildungen von Glatthaferwiesen (trockene, wechseltrockene, frische, wechselfeuchte) sowie unter zwei Naßwiesen. Dabei zeigte er, daß die Unerreichbarkeit des Grundwassers und geringes Speichervermögen ebenso zur Austrocknung führen, wie ein geringes Speichervermögen über einem hochliegenden Staukörper. Somit können Standorte mit grundverschiedenem Wasserhaushalt nahezu den gleichen Pflanzenbestand tragen. BOEKER (1957) schließlich beschreibt saure Pfeifengraswiesen, die sowohl auf grundwasserbeeinflußten als auch auf Staunässeböden vorkommen, solange der Wechsel von zeitweiser Vernässung und Austrocknung gegeben ist. Glatthaferwiesen konnte er auf sechs verschiedenen Bodentypen nachweisen.

4.2.4 Lagerungsverhältnisse

4.2.4.1 Ergebnisse

Tabelle 8: Lagerungsdichte (dB) in 0-10 cm Tiefe: Mittelwert, Standardabweichung, Minimum- und Maximumwerte

Vegetation	dB [g/cm³]	Min	Max	Stabw.
gesamt	1,13	0,90	1,36	0,12
Str	1,13	0,90	1,30	0,12
Rh	1,14	0,96	1,36	0,12
Mb	1,08	0,90	1,25	0,09
As	1,26	1,22	1,30	0,02
Ma(h)	1,10	0,96	1,34	0,10
Ma	1,26	1,17	1,36	0,08
Bra Mb	0,96	0,95	0,97	0,01
Bra M	1,12			

Tabelle 9: Substanzdichte (dF) in 0-10 cm Tiefe: Mittelwert, Standardabweichung, Minimum- und Maximumwerte

Vegetation	dF [g/cm³]	Min	Max	Stabw.
gesamt	2,38	2,24	2,45	0,05
Str	2,37	2,24	2,45	0,05
Rh	2,38	2,29	2,45	0,05
Mb	2,36	2,24	2,45	0,06
As	2,39	2,34	2,44	0,03
Ma(h)	2,36	2,29	2,43	0,04
Ma	2,43	2,42	2,45	0,01
Bra Mb	2,32	2,32	2,33	0,01
Bra M	2,43			

Tabelle 10: Substanzvolumen (SV) in 0-10 cm Tiefe: Mittelwert, Standardabweichung, Minimum- und Maximumwerte

Vegetation	SV [%]	Min	Max	Stabw.
gesamt	47,71	37,62	55,90	4,50
Str	47,66	37,62	54,08	4,68
Rh	47,81	41,11	55,90	4,30
Mb	45,59	37,62	52,21	3,78
As	52,58	50,59	54,08	1,30
Ma(h)	46,33	41,11	55,90	3,60
Ma	51,80	48,23	55,74	3,35
Bra Mb	41,33	40,83	41,82	0,70
Bra M	46,18			

Tabelle 11: Porenvolumen (PV) in 0-10 cm Tiefe: Mittelwert, Standardabweichung, Minimum- und Maximumwerte

Vegetation	PV [%]	Min	Max	Stabw.
gesamt	52,29	44,10	62,38	4,50
Str	52,34	45,92	62,38	4,68
Rh	52,19	44,10	58,89	4,30
Mb	54,41	47,79	62,38	3,78
As	47,42	45,92	49,41	1,30
Ma(h)	53,67	44,10	58,89	3,60
Ma	48,20	44,26	51,77	3,35
Bra Mb	58,67	58,18	59,17	0,70
Bra M	53,82			

Tabelle 12: Wasservolumen (WV) in 0-10 cm Tiefe: Mittelwert, Standardabweichung, Minimum- und Maximumwerte

Vegetation	WV [vol %]	Min	Max	Stabw.
gesamt	24,97	15,00	48,40	6,39
Str	25,11	15,00	45,57	6,47
Rh	24,73	17,54	48,40	6,41
Mb	24,91	19,04	33,05	4,58
As	21,89	15,00	28,96	4,39
Ma(h)	22,83	17,54	27,19	2,94
Ma	25,73	19,06	28,31	3,47
Bra Mb	43,57	41,56	45,57	2,84
Bra M	48,40			

Tabelle 13: Luftvolumen (LV) in 0-10 cm Tiefe: Mittelwert, Standardabweichung, Minimum- und Maximumwerte

Vegetation	LV [%]	Min	Max	Stabw.
gesamt	27,32	5,42	39,15	6,86
Str	27,23	12,61	39,15	6,33
Rh	27,46	16,65	37,46	7,88
Mb	29,50	17,99	39,15	5,69
As	25,53	17,53	34,14	4,98
Ma(h)	30,84	16,92	37,46	5,05
Ma	22,46	16,65	27,72	3,86
Bra Mb	15,11	12,61	17,61	3,54
Bra M	5,42			

4.2.4.2 Diskussion

Für die Lagerungsdichte (Dichte des ofentrockenen Bodens einschließlich aller Hohlräume; vgl. Tab. 8) der Mineralböden werden in der Literatur Werte von 1,1–1,8 g/cm^3 (SCHROEDER 1978) angegeben. Die hier bestimmten Werte von 0,9 g/cm^3 bis 1,36 g/cm^3 können somit als niedrig angesprochen werden, was darauf zurückzuführen ist, daß es sich um die Lagerungsdichte der Ah-Horizonte handelt, die durch sehr hohe Humusgehalte und starke Durchwurzelung charakterisiert sind und zusätzlich einen vernachlässigbar niedrigen Skelettanteil aufweisen. Bei der Bestimmung der Bodentypen wurde festgestellt, daß sich der lockere, krümelige Oberboden der meisten Böden auf mehrere Dezimeter Tiefe erstreckt, daß aber der folgende Horizont in der Regel verdichtet bis stark verdichtet ist (s. o.). Entsprechend den niedrigen Werten für die Lagerungsdichte wurden hohe Werte für das Porenvolumen (PV: 44,1–62,38 %) und geringe für Substanzdichte (dF: 2,24–2,45 g/cm^3) bzw. -volumen (SV: 37,62–55,9%) bestimmt. Nach KLAPP (1971) haben Wiesenböden im Vergleich mit Äckern und Parkrasen das geringste Substanzvolumen und entsprechend das höchste Porenvolumen. Auch BOEKER (1957) erklärt die

von ihm gefundenen hohen Werte der Porenvolumina von 57,9 bis 79% mit der hohen organischen Substanz und einer Anhäufung von unzersetzten Wurzelresten. Die gefundenen Ergebnisse werden durch enge Korrelationen zwischen den genannten Parametern bestätigt.

Wichtiger als das Porenvolumen (Tab. 11) ist jedoch die Aufteilung in Wasser- und Luftvolumen (Tab. 12 und 13). Nach SCHROEDER (1978) ist ein Verhältnis von Substanz- und Porenvolumen von 1:1 günstig. Für die Beziehung zwischen Luft- zu Wasservolumen gab er ein Verhältnis von 2:3 an. KLAPP (1971) hingegen gab für das Porenvolumen von Wiesenböden einen Mittelwert von 59% an, von denen insgesamt 52,9% der Wasserkapazität und somit nur 6,1% der Luftkapazität zufallen. Natürlich variieren die Verhältnisse entsprechend den jahreszeitlichen Bedingungen. Unsere Messungen (Abb. 6) wurden am relativ trockenen Juliboden durchgeführt.

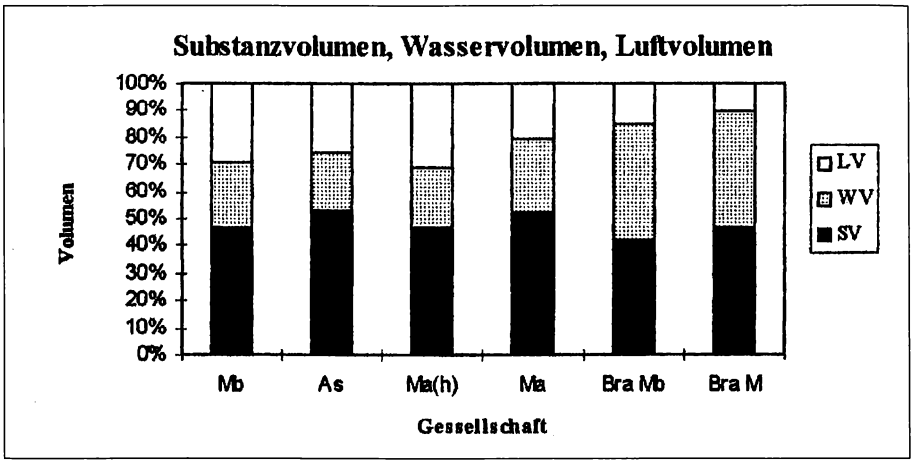

Abb. 6: Volumenverhältnisse (0–10 cm Tiefe, Juli 1995): Substanz- (SV), Wasser- (WV) und Luftvolumen (LV)

Das durchschnittliche Substanzvolumen (Tab. 10) nimmt im Mittel ungefähr die geforderte Hälfte des Gesamtvolumens ein und schwankt zwischen insgesamt 46,33 (Ma(h)) und 52,58% (As). Wasser- und Luftvolumen des Molinietum brometosum und des Arrhenatheretum sanguisorbetosum zeigen ein Verhältnis von 3:3,6, beim Molinietum avenetosum (h) herrscht ein größeres Luft-, bei dem Molinietum avenetosum der tieferen Lage und bei den Brachen ein größeres Wasservolumen vor, was in allen Fällen die vorher besprochenen Wasserverhältnisse des Juli bestätigt. Anhand der für den Juli gewonnenen Werte läßt sich zumindest für die Brachen ableiten, daß die Luftverhältnisse bei der Frühjahrsfeuchte so ungünstig sind, daß mikrobielle Tätigkeit und Wurzelatmung nicht mehr gewährleistet sind.

Die Substanzdichte (Tab. 9), also die Dichte der ofentrockenen Bodensubstanz ohne Hohlräume, schwankt in Abhängigkeit von Humus- und Tongehalt. Hohe Humusgehalte können zu einer Verringerung, Tonminerale dagegen zur Erhöhung oder Erniedrigung führen, da ihre eigene Substanzdichte je nach Art der Tonminerale zwischen 2,2 und 2,8 g/cm^3 liegt.

POPKEN & LICHT: Bodenökologische Untersuchungen
an wechselfeuchten Wiesen des östlichen Hunsrücks

Tabelle 1: Molinietum caeruleae – Subassoziation Molinietum brometosum erecti (Lfd. Nr. 4–25)
Subassoziation Molinietum avenetosum pratensis (Lfd. Nr. 26–45)
sowie zwei Brachen (Lfd. Nr. 1–3)

Lfd. Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Fläche	9	2	2	4	3	5	16	5	1	1	7	1	6	4	4	1	6	1	6	7
Probefläche	33	7	8	15	14	20	53	19	5	6	26	3	21	17	18	2	23	4	22	24
Gebietsbezeichnung	Kk	H	H	H	H	H	D	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
m²	16	16	16	4	20	9	9	8	4	12	4	4	9	9	4	4	9	4	9	4
% Kräuter	70	100	100	90	85	90	80	95	85	85	80	80	95	85	95	70	95	85	100	90
% Moos	5	20	20	-	-	5	10	5	30	-	-	30	-	20	20	-	-	30	-	-
Artenzahl	13	22	24	47	51	25	29	19	35	37	34	38	34	34	33	39	36	39	39	37
? Höhenvariante von *Phyteuma nigrum*																				
Phyteuma nigrum																				
Pimpinella saxifraga																				
DA Molinietum avenetosum pratensis																				
Hypericum maculatum	1																			
Avenochloa pratensis				+	1												1			
DA Molinietum brometosum erecti																				
Galium boreale		3	2b	2a	2b	+	1		2b	1	3	3	1	2a	2b	1	3	2a	3	2b
Bromus erectus				1	2m				+	2m		1		r				+		
VC Molinion caeruleae																				
Serratula tinctoria		2b	2b	2a	3	1	+	2a	2a	2b	3	2b	4	2a	2a	2a	4	2a	3	3
Betonica officinalis		1	+		1															r
Inula salicina		+	1																	1
Succisa pratensis															r					
Genista tinctoria																				
Ophioglossum vulgatum																				
OC Molinietalia																				
Colchicum autumnale	1	1	1	+	1							+			+		+		+	r
Lychnis flos-cuculi				r	+	+	1	r		+	1	r	1	+	r	+	1	r	1	+
Silaum silaus				+		1		2b		+		r		1	1	2a				
Molinia caerulea	4	4	4												+	+				
Achillea ptarmica		+	1				2a									2				
Cirsium palustre																				
Juncus conglomeratus	1	1	1	+	2m								1			1				
Galium uliginosum	1																			
Iris sibirica										1										
Dactyloriza majalis																				
Platanthera chlorantha																				
Filipendula ulmaria	+																			+
Juncus acutiflorus	1	2m	1		1											1				
Myosotis palustris agg.				+	1	+	1	1	1	2m	1	1	2b	1	1	2m	1	+	2m	+
Crepis paludosa					+															
Lotus uliginosus																				
KC Molinio-Arrhenatheretea																				
Holcus lanatus			+	1	2m	2b	2m	2b	1	1	1	1	2m	2m	1	2m	1	1	2m	1
Rumex acetosa				+	1	+	+	1	+	+	+	1	+	+	1	r	1	r	1	+
Plantago lanceolata				r	1				r	1	+	r	+		+	r	1		1	1
Prunella vulgaris							1				1					1		+	+	
Cerastium holosteoides				1	1	1		1	1	1	1	1	1	2m	1	1	1	+	+	1
Ranunculus acris				1			+	+	+	1	+	1	1	1	+	1	1	r	+	1
Trifolium pratense				1	1		+	r	1	1	+	r	+	1	1	+		r	+	1
Rhinanthus minor				1	2a		2a							+	+					
Poa pratensis		1	1	+	+		+	+							+		1		1	
Alopecurus pratensis				+	+	+		+	+	1	r	1		1	+	+		1		r
Lathyrus pratensis		r	r		1		+	+				1	+		+		r	r	r	
Festuca pratensis				1	1	1				1	1	+		1	1					
Poa trivialis					+			+									+		+	
Sanguisorba officinalis							4													
Begleiter																				
VC Arrhenatherion																				
Trifolium dubium					+		1		1	1	1	1				r		1	+	r
Arrhenatherum elatius				1	1				r	1	+					+	1		r	1
Galium album							+													
Crepis biennis				r							r									
Pimpinella major										r										
OC Arrhenatheretalia																				
Leucanthemum vulgare	+			1	1				+	1		+	+	+			1		r	
Trisetum flavescens	1								r	r		+		+			1	+		1
Achillea millefolium			1	1	1	r		r					1	r			r		+	1
Saxifraga granulata				+	+	+	1	+	+	1	1	+	+	1	+	r	1	+	+	1
Avenochloa pubescens				+	+				+	1	+	+				1	1	+		
Festuca nigrescens				1	1	1	1				1	+		1	1	1		1		
Cynosurus cristatus				+	2m	+	1	2m	1	2m		1	1	2m	2m	1		1		
Bellis perennis					1	+	+	+	1	1	+	1	+		+	+	1	+	1	1
Trifolium repens					+															

Lfd. Nummer	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	Stet.	Ökologie abs.	rel.	T	F	R	N
Fläche	7	16	1	16	4	9	10	10	10	9	9	11	12	11	11	11	12	12	14	15	12	15	13	13	14							
Probefläche	25	52	1	51	16	30	34	35	36	31	32	37	42	40	38	39	43	44	47	49	41	50	45	46	48							
Gebietsbezeichnung	H	D	H	D	H	Kk	Kk	Kk	Kk	Kk	Kk	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R							
m²	4	9	4	9	4	9	9	9	9	9	9	9	12	9	9	16	16	16	6	12	16	16	9	9	6							
% Kräuter	80	75	70	90	90	65	60	75	85	75	80	95	90	90	90	90	90	85	90	100	85	100	100	95	90							
% Moos	-	25	2	-	10	40	20	15	20	50	50	-	5	-	-	-	5	-	20	25	-	25	25	25	20							
Artenzahl	38	37	41	43	45	39	33	43	37	38	37	40	43	44	48	47	46	40	42	46	47	42	48	45	38							
? Höhenvariante von *Phyteuma nigrum*																																
Phyteuma nigrum												+		+	+	+	+	+	+	1	r	+			+	11	24	4	5	5	4
Pimpinella saxifraga												+	r		+	r	r	r				r	+	r		9	20	x	3	x	2
DA Molinietum avenetosum pratensis																																
Hypericum maculatum						2a	1	2m	2a	+	1	1	1	2b	2b	1	+	+	1	1	1	+	2a	1		20	44	x	6~	3	2
Avenochloa pratensis				+		1				1	+	1	1	1		+	1	1		1	1	1	1		1	18	40	6	3~	x	2
DA Molinietum brometosum erecti																																
Galium boreale	1	+	2m	+	2b																					23	51	6	6~	8	2
Bromus erectus		+	1	1	+	1	1					1						1					r			16	36	5	3	8	3
VC Molinion caeruleae																																
Serratula tinctoria	4		1	1	1							1		2a	2a	2a	1	1			+					30	67	6	x	7	3
Betonica officinalis				1		1	2a	1	1	1	2a	2a		1	2a	2a			1	2b		1	3	2a	1	21	47	6	x~	x	3
Inula salicina																										3	7	6	6~	9	3
Succisa pratensis													1	+	1				+	3		2a	1	1	+	10	22	5	7	x	2
Genista tinctoria																				1		1				2	4	6	6~	6	1
Ophioglossum vulgatum						r																				1	2	6	7	7	2
OC Molinietalia																																
Colchicum autumnale	+			r	+	1	r	+	1	1	1	r	1	r	+	+	+	+			+	r	r	r		31	69	5	6~	7	x
Lychnis flos-cuculi	1		r		+						r	r		r	r	1	+			r		r	r	r		29	64	5	7~	x	x
Silaum silaus			1		+	1	1	r	1	1	1	+		r	+	r							+			21	47	6	x~	7	3
Molinia caerulea			+			1	1	+	1	+	+															12	27	x	7	x	2
Achillea ptarmica		+	1	1						+	+														1	10	22	6	8	4	2
Cirsium palustre				+		r	+	r	+	1	r											r	r	r		10	22	5	8	4	3
Juncus conglomeratus			1	r																				1		10	22	5	7~	4	3
Galium uliginosum														1	1								1	1		5	11	6	8~	x	2
Iris sibirica																										1	2	6	8~	6	2
Dactyloriza majalis								+	+	r	+												3	1		6	13	5	8~	7	3
Platanthera chlorantha																r										1	2	x	7~	7	x
Filipendula ulmaria		1		1		+	r		2m			+		+	+	+					r					12	27	5	8	x	5
Juncus acutiflorus			1																							6	13	6	8	5	3
Myosotis palustris agg.	1	+	1	1	+																		+	2b		24	53	x	8~	x	5
Crepis paludosa																										1	2	x	8~	8	6
Lotus uliginosus						+																				1	2	5	8	6	4
KC Molinio-Arrhenatheretea																																
Holcus lanatus	1	1	1	2m	2m	2m	2m	2m	1	2m	2m	2m	1	1	2m	2m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	43	96	6	6	x	5
Rumex acetosa	r	r	r	1	1	1	1	1	+	1	r	1		+	+	1	r		+	+	+	1	+	+	+	40	89	x	x	x	6
Plantago lanceolata	+		1	+	r		1	1	+	+	1	1	+	2a	2a	1	1	1	1	+	2a	2a	1	1	+	35	78	x	x	x	x
Prunella vulgaris					1																		1	1	+	9	20	x	5	7	x
Cerastium holosteoides	+	r	1	r	1			+		r		1		+	+		+	+	1		1		1	1	+	33	73	x	5	x	5
Ranunculus acris	r		1	+	1	+		+	+	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	+	1	1	38	84	x	6	x	x
Trifolium pratense	1	1	1	1	1		1	2m	1							1	1	1					1	1	+	29	64	x	5	x	x
Rhinanthus minor		2a		2a	1	r	1	1	1	1		+	1	1	1	1	2a	2a	1	1	1	2a	+	1	1	27	60	5	4	x	3
Poa pratensis		r			+	1	1			1	+		+	1	+		+									19	42	x	5	x	6
Alopecurus pratensis	r	r	1		r									+	r			r						+		21	47	x	6	6	7
Lathyrus pratensis	r				+							+	1		+	+										17	38	5	6	7	6
Festuca pratensis	2m		1	1	1														+		+				2m	15	33	x	6	x	6
Poa trivialis		+			+									1												7	16	x	7	x	7
Sanguisorba officinalis		2		3		r					r					+										6	13	5	6~	x	5
Begleiter																																
VC Arrhenatherion																																
Trifolium dubium	1	1	+	1		r	1	2a	1			2a	2a	1	+	2a	1	1	2a		2a		1		1	29	64	6	4	6	4
Arrhenatherum elatius	+		r	1	+		1	1				2m	1	1	1	1	1	1		+	1	+	+		+	27	60	5	x	7	7
Galium album		1		+								1	+	1	1	1	1									9	20	x	5	7	5
Crepis biennis				+	r							1	r		1	1					r					9	20	5	6	6	5
Pimpinella major																	+									2	4	5	5	7	7
OC Arrhenatheretalia																																
Leucanthemum vulgare		+		2m	1	+	1	2m	1		1	2b	2a	2b	2a	2a	2a	2b	2b	2a	2a	1	2a	2a	2a	32	71	x	4	x	3
Trisetum flavescens	1	1		+	+	1	+				+	1	1		1	1	1	1	1		1		1	1	1	27	60	x	x	x	5
Achillea millefolium	r			2	+			+		1	+	+	+	+	1	1		r	1	+	1	+	1	+	1	29	64	x	4	x	5
Saxifraga granulata	+	1		1	+	+	+	+	+	+	+	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	40	89	6	4	5	3
Avenochloa pubescens	1		+		+	1	1			1	+															16	36	x	3	x	4
Festuca nigrescens		1	1	1	1	2m	1	2m	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1		1			1	29	64	2	5	7	6
Cynosurus cristatus	r	2m	2m	1	1														1				1	+		21	47	5	5	x	4
Bellis perennis	1	+	+	+			+	1				1	1		1	1	1	1		1	+	1	1	1	1	33	73	x	5	x	6
Trifolium repens		r						+				r		+		r	1	1	+			1	+			11	24	x	5	6	6

Tragopogon orientalis																																
Senecio jacobaea																																
Knautia arvensis																																
Nässezeiger																																
Epilobium palustre	1																															
Juncus articulatus	1																															
Carex pulicaris																																
Viola palustris											r					+		+		1												
Feuchtezeiger																																
Ajuga reptans		2a	2a	1	1	+		+	1		+	1	+	1	+	1	+	1	1	+	+	1	1	1		33	73	x	5	6	4
Deschampsia cespitosa		1	1	1	1	1		1				1	1	1	+	1		1	1	1	+		1	1		17	38	x	7~	x	3
Lysimachia nummularia				1		1		1						1	1	+		+								9	20	6	6~	x	x
Carex panicea									+			1						1								3	7	x	8~	x	4
Carex nigra										1				+		+		1								4	9	x	8~	3	2
Carex leporina																	+									1	2	x	7~	3	3
Carex pallescens																										1	2	4	6~	4	3
Dactylorhiza maculata																										4	9	x	8~	x	2
Trockniszeiger																																
Galium verum s. l.		1	1	1	1	1		1	+	1	1	r	1	1	1	1	1	1	1	1												
Euphorbia cyparissias																																
Ranunculus bulbosus																																
Heliathemum num.																																
Dianthus delthoides																																
Magerkeitszeiger																																
Potentilla erecta			+																													
Filipendula vulgaris		1	+	2a	1		1	r	1	1	+	1	r	+	1		+	+	+	1												
Campanula glomerata				+									r																			
Sanguisorba minor				r	r		1																									
Briza media				1	1				1	r		+	+			+		r	1													
Campanula rotundifolia							r						+																			
Myosotis discolor									1		1																					
Polygala vulgaris											+																					
Erophila verna															1			+														
Viola canina agg.																	r															
Hieracium umbellatum																																
Lathyrus linifolius																																
Genistella sagittalis																																
Nardus stricta																																
Danthonia decumbens																																
übrige Begleiter																																
Stellaria graminea	1			+		1		+			1		1	2m	+																	
Agrostis tenuis		+		2m	2m	2m	1	2m	1	2m		2m	2a	1	2m	1	1	1	2m	2m		1										
Centaurea jacea		+		1	2a	2a	1	2a	1	1	+	1	1	2a	2a	2m	1	1	+	r												
Ranunculus nemorosus			1	+			r		r	1	+		+				1	r	+	1												
Anthoxanthum odoratum				2m	2m	2m	2m	2m	2m	1	2a	1	2m	1	1	1	1	2m	2m	2a												
Lotus corniculatus				1	1	1		r	+	r	r	1	r	1		1	r	r	+	+												
Veronica chamaedrys					1	+		+									1		1													
Anemone nemorosa		+	+	1			1				r		1				1			1	+											
Festuca ovina agg.				+			1							+																		
Cardamine pratensis				+	+			1	+	1	+	+	+	r		1	+	+	+	+												
Luzula campestris				+	1				1		+	+	1			+	2m	+	1	1												
Dactylis glomerata				r	r				r				r					r	r													
Primula veris									1	1		+				+		r		1												
Carex hirta									r							r																
Carex flacca					+					+		+							+													
Leontodon hispidus					1										+																	
Festuca rubra agg.																1																
Vicia villosa																	1		+													
Luzula multiflora																																
Hypochoeris radicata					1																											
Myosotis nemorosa																																
Vicia angustifolia				1																												
Plantago media					1																											
Trifolium campestre																																
Vicia sepium																																
Vicia hirsuta																																
Brachezeiger																																
Cirsium arvense	+	2m	+																													
Vicia cracca		1	+																													
Heracleum spondylium		+	1																													
Ribes sp.	+																															

einmalig vorkommende Klassenkennarten: *Leoptoden autumnalis* 21:+, *Lolium perenne* 29:r
einmalig vorkommende Begleiter: *Carex ovalis* 9:+, *Trifolium medium* 31:r, *Listera ovata* 33:r, *Orchis ustulata* 39:r, *Thesium pyrenaicum* 43:1, *Sonchus asper* 7:r

Tabelle 2: Arrenatheretum sanguisorbetosum minoris
mit der typischen Variante und der Variante von *Pimpinella saxifraga*

Fläche	3	3	3	8	3	3	8	8	16	16	16				
Probefläche	12	13	11	27	10	9	29	28	55	56	54				
Gebietsbezeichnung	H	H	H	K	H	H	K	K	D	D	D				
m²	4	4	4	4	4	4	4	4	12	9	9				
Kräuter (%)	95	95	90	90	95	100	90	90	90	90	90				
Moos (%)	-	-	-	-	10	-	-	-	10	5	10				
Artenzahl	37	33	33	45	30	37	44	46	35	34	32	T	F	N	R
DA Variante von *Pimpinella saxifraga*															
Ranunculus bulbosus	1	1	+	+	+	1						6	3	7	3
Pimpinella saxifraga		r	+		r	+						x	3	x	2
Primula veris		+							+	+	+	x	4	8	3
DA Arrhenatheretum sanguisorbetosum															
Sanguisorba minor	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	1	2a	2m	6	3	8	2
Galium verum agg.	1		1	1		1	r	r	2a	1	r	6	4~	7	3
Campanula glomerata	+	+	1	1		+		r	r	1	r	x	4	7	3
VC Arrhenatherion															
Trifolium dubium	4	2b	4	+	4	4	+	+	2m	+	1	6	4	6	4
Galium album				2m		r	1	1	1	1	1	x	5	7	5
Crepis biennis				r			+	r	+	r	+	5	6	6	5
Arrhenatherum elatius					+				1	1	1	5	x	7	7
OC Arrhenatheretalia															
Tragopogon orientalis	1	1	1	+	+	+	+	r	+	+		x	5	7	6
Knautia arvensis	1	1	1		1	1		+	1	+	1	6	4	x	4
Trisetum flavescens	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	x	x	x	5
Saxifraga granulata	1	r	1	1	1	1	+	+	1	+	1	6	4	5	3
Achillea millefolium	1	r	1	+	1	+	+	2	+		+	x	4	x	5
Bellis perennis	+	+	+	+			+	+	+		+	x	5	x	6
Leucanthemum vulgare	1	1	+	1			1	1	+	1	1	x	4	x	3
Avenochloa pubescens	1		1		1	1			1			x	3	x	4
Festuca nigrescens	+	+			1	1			1			2	5	7	6
Cynosurus cristatus	1	1	1	r			r	r				5	5	x	4
Trifolium repens						r						x	5	6	6
KC Molinio-Arrhenatheretea															
Holcus lanatus	1	+	+	2m		r	2m	2m	1	2m	2a	6	6	x	5
Rumex acetosa	1	1	1	+	1	+	r	+	1	1	+	x	x	x	6
Cerastium holosteoides	+	1	1	2m	1	1	1	1	+	+	+	x	5	x	5
Trifolium pratense	+	+		+	1	1	2a	+	1			x	5	x	x
Plantago lanceolata	1	1	2a	2a	2a	1	1	1	1	1	1	x	x	x	x
Rhinanthus minor	1	1	1		1	1						5	4	x	3
Poa trivialis	+			1	+		1	1				x	7	x	7
Poa pratensis			+	+	+	+	r	+	1	+	+	x	5	x	6
Alopecurus pratensis				+			+	+	+	1		x	6	6	7
Ranunculus acris				+				+				x	6	x	x
Colchicum autumnale				r				r		r	1	5	6~	7	x
Festuca pratensis										r		x	6	x	6

POPKEN & LICHT: Bodenökologische Untersuchungen
an wechselfeuchten Wiesen des östlichen Hunsrücks

Lathyrus pratensis				+			+	r				5	6	7	6
Vicia cracca											+	5	6	x	x
Begleiter															
OC Molinieatalia															
Lychnis flos-cuculi	r								+			5	7~	x	x
Crepis paludosa	+	+				r						x	8~	8	6
Silaum silaus				+		r	+					6	x~	7	3
Galium uliginosum				+			+	+				6	8~	x	2
Juncus acutiflorus									+	+	+	6	8	5	3
Filipendula ulmaria				1			+	1				5	8	x	5
Feuchtezeiger															
Deschampsia cespitosa						1	2a	2a				x	7~	3	
Hypericum maculatum										+	1	x	6~	3	2
Frischezeiger															
Dactylis glomerata	+	r	1		+		1	+	+	1		x	5	x	6
Leontodon hispidus	+	r	+	+			r	+				x	5	7	6
Veronica chamaedrys				1			+	+	1	1	1	x	5	x	x
Anemone nemorosa				1			+	+	+		+	x	5	x	x
Taraxacum officinale				+			+	+				x	5	x	8
Vicia sepium				+			r	r				x	5	6	5
Ranunculus nemorosus				+			r	+				x	5	6	x
Hypochoeris radicata					r							5	5	4	3
Ajuga reptans							+					x	5	6	4
Trockniszeiger															
Bromus erectus	1	2m	2m	2m	2m	2m	2a	2a	1	+	1	5	3	8	3
Filipendula vulgaris	1	2a	+	+	+	+	+	+	1	1	+	o	3~	8	2
Campanula rapunculus	r	+	+		1	r						7	3	7	4
Avenochloa pratensis				2m			1	1	1	+		o	3~	x	2
Magerkeitszeiger															
Campanula rotundifolia	1	r	+	1	+		r	r	r			5	x	x	2
Myosotis discolor	1	1				1						7	4	4	2
Danthonia decumbens					r	r						x	x	3	2
übrige Begleiter															
Agrostis tenuis	1	+	1	2m	1	2m	2a	2a		1	2m	x	x	4	4
Anthoxanthum odoratum	2a	1	2m	1	1	2m	1	1		2m	1	x	x	5	x
Centaurea jacea	1		1	2a			1	1	1	1	1	x	x	x	x
Lotus corniculatus	+	1	1	1		+	+	+		+	1	x	4	7	3
Plantago media	+	+	1		+	+	+	+				x	4	7	3
Bromus hordeaceus	+			1	+		1	1				6	x~	x	3
Luzula campestris		+		+		+	+	+	+	+	+	x	4	3	3

einmalig vorkommende Begleiter: *Festuca ovina* agg. 55:r, *Festuca rubra* agg. 9:1, *Viola palustris* 9:+

4.2.4.3 Beziehungen der Lagerungsverhältnisse zu anderen Bodenparametern

Ein hoher Ton- und Feinschluffanteil ruft ein hohes Porenvolumen hervor, das allerdings überwiegend aus Feinporen besteht. Die organische Substanz bewirkt ebenfalls ein höheres Porenvolumen. Entsprechend konnten enge Korrelationen der vier Strukturparameter Lagerungsdichte, Substanzdichte, Substanzvolumen sowie Porenvolumen zur organischen Substanz berechnet werden. Eine enge Korrelation wurde auch für Tongehalt und Substanzdichte, sowie für Gesamtschluff und Substanzdichte berechnet.

4.2.4.4 Zusammenhang zwischen den Lagerungsverhältnissen und der Vegetation

Die beiden Gesellschaften Molinietum brometosum und Arrhenatheretum sanguisorbetosum zeigen einen deutlichen Unterschied in der Lagerungsdichte. Die Werte liegen beim Arrhenatheretum um durchschnittlich 0,32 g/cm³ höher. Dies veranschaulicht die Abb. 7 der Einzelwerte. Möglicherweise liegt dies an der intensiveren Nutzung. Alle Flächen des Arrhenatheretum werden entweder zweimal gemäht oder einmal gemäht und zusätzlich im Spätsommer bis Herbst beweidet. Die höhere Trittbelastung bzw. Belastung durch den Kreiselmäher führen hier offensichtlich zu einer (allerdings immer noch geringen) Verdichtung, die ein etwas höheres Substanzvolumen hervorruft.

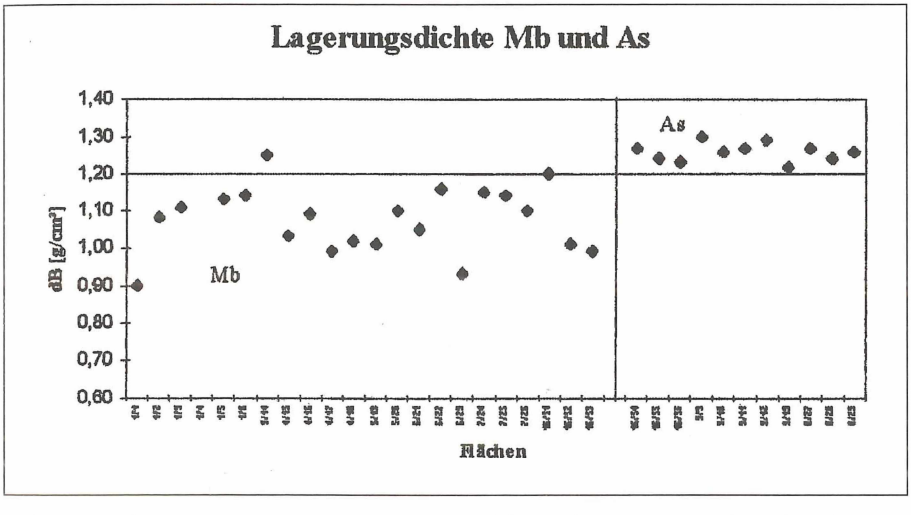

Abb. 7: Einzelwerte der Lagerungsdichte von Molinietum brometosum und Arrhenatheretum sanguisorbetosum, Juli 1995

Ob die Unterschiede in der Lagerungsdichte signifikant sind, konnte mit dem t-Test nicht berechnet werden, da der vorher durchzuführende F-Test signifikant verschiedene Varianzen nachwies; dies läßt eine weitere Berechnung mit dem t-Test nicht mehr zu. Signifikante Unterschiede wurden dagegen für die Substanzdichte dieser beiden Gesellschaften berechnet.

Ein ähnliches Bild liefert der Vergleich zwischen dem Molinietum avenetosum der höheren und der tieferen Lage. Hier liegen die Flächen auf der Kaltenkellerbach-Wiese (Ma) mit Werten zwischen 1,17 und 1,36 g/cm³ tendenziell höher als die Flächen der

Rothen Wiesen (Ma(h)), die mit einer Ausnahme zwischen 0,96 und 1,20 g/cm³ streuen. Auf der Kaltenkellerbach-Wiese wird die dichtere Lagerung ebenfalls durch den geringeren Anteil an organischer Substanz und die höhere Substanzdichte hervorgerufen. Für diese beiden Gesellschaften konnten die Unterschiede in der Lagerungsdichte und des Porenvolumens als signifikant bestätigt werden.

BALÁTOVÁ-TULÁCKOVÁ (1965) ermittelte an einer Pflanzengesellschaft, die sie als Vermittler zwischen Arrhenatheretalia und Molinietalia ansprach (Succiseto-Festucetum commutatae) in den oberen 20 cm des Bodens eine Lagerungsdichte von 1,045 und 1,125 g/cm³, was in etwa dem Bereich unserer Werte (1,08-1,10 g/cm³) für das Molinietum brometosum und das Molinietum avenetosum (h) entspricht. Auch die Porenvolumina sind mit Werten von durchschnittlich 54,41 und 53,67 Vol% noch gut mit den von BALÁTOVÁ-TULÁCKOVÁ (1965) gemessenen Werten von 56,06 und 60,16 Vol% vergleichbar. Dagegen liegen die von ihr gemessenen Werte der Substanzdichte von 2,5-2,64 g/cm³ weit über den hier für die genannten Gesellschaften bestimmten (2,36 g/cm³), was wahrscheinlich auf unterschiedliche Anteile an organischer Substanz sowie Körnungdifferenzen zurückzuführen ist. ESKUSCHE (1955) konnte bei Untersuchungen der Volumenverhältnisse an Böden unter verschiedenen Pflanzengesellschaften für Pfeifengraswiesen ein Substanzvolumen von 12,6%, ein Luftvolumen von 23,1% und ein Wasservolumen von 64,3% bestimmen. Für verschiedene Glatthaferwiesen ermittelte er Substanzvolumina von 16,3–42,3%, für das Luftvolumen 27,1%–12,3% und für das Wasservolumen 56,6–45,4%. Diese Werte sind jedoch schwer zu vergleichen, da keine Daten über den Untersuchungszeitpunkt vorliegen. Das hohe Wasservolumen der Glatthaferwiesen läßt aber darauf schließen, daß die Messungen an Frühjahrsböden vollzogen wurden. Die von uns gemessenen Volumina wurden dagegen am Juliboden ermittelt. Aus den Daten geht jedoch deutlich hervor, daß auch hier entsprechend unseren Messungen die Werte des Substanzvolumens der Pfeifengraswiesen unter dem der Glatthaferwiesen liegen, die Werte des Wasservolumens sich dagegen umgekehrt verhalten.

4.2.5 Organische Substanz

4.2.5.1 Ergebnisse

Tabelle 14: Mittelwerte der organischen Substanz, gemessen im Mai und Juli 1995 in 0-10 und 10-20 cm Tiefe

org. Sub	0-10cm			10-20cm		
Vegetation	Mai 95	Juli 95	Diff.	Mai 95	Juli 95	Diff.
ges	12,39	11,61	0,78	9,78	8,77	1,01
Str	12,38	11,58	0,80	9,64	8,59	1,04
Rh	12,40	11,66	0,75	10,01	9,07	0,94
Mb	12,85	12,07	0,79	10,15	8,83	1,32
As	11,05	10,29	0,76	8,87	8,26	0,61
Ma (h)	13,47	12,64	0,83	11,05	9,81	1,25
Ma	10,23	9,63	0,59	8,29	7,92	0,37
Bra Mb	14,58	13,31	1,26	8,21	7,78	0,42
Bra M	10,54	10,08	0,46	5,75	5,63	0,12

4.2.5.2 Diskussion

Abb. 8 veranschaulicht die Jahresschwankungen, denen die organische Substanz unterliegt. Gleichzeitig liefert sie einen Eindruck über den Zusammenhang mit den Pflanzengesellschaften.

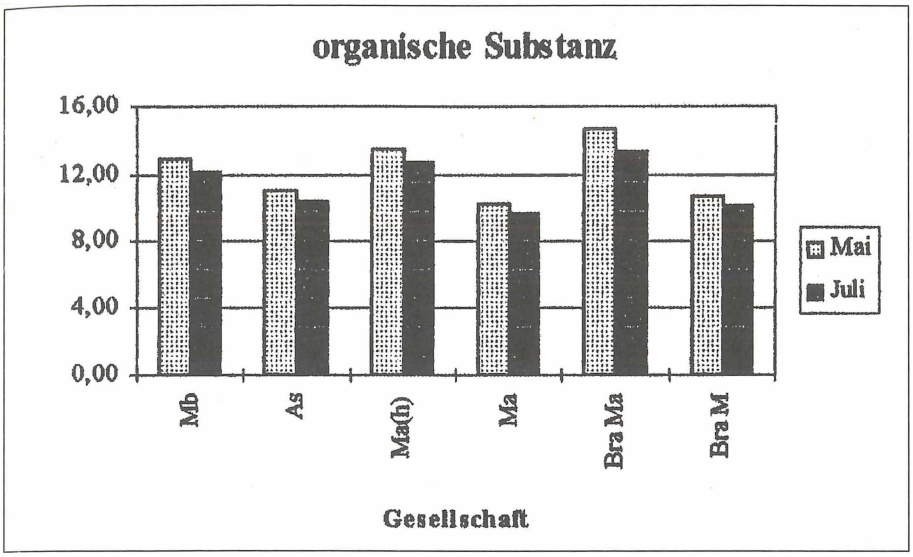

Abb. 8: Organische Substanz der Monate Mai und Juli in 0-10 cm Tiefe

Nach der Einteilung von SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992) sind die Böden als sehr stark humos (Humusgehalt 8-15 %) bis humusreich (15-30 %) zu bezeichnen.

Eine ausführliche Arbeit über die Humusgehalte von Böden lieferte BOEKER (1957). Die von ihm untersuchten 601 Grünlandböden wiesen einen mittleren Humusgehalt von 8,03% auf. Dabei lagen die vergleichbaren Böden mit 10,8% (saure Pfeifengraswiesen) und 23,2% (Ried mit *Schoenus ferrugineus,* das laut Autor aufgrund seines Pflanzenbestandes und auftretender Übergänge mit dem basiphytischen Molinietum vergleichbar ist) teilweise weit über dem Durchschnitt. In der gleichen Arbeit besprach er Auswertungen von MÜLLER, der Werte von 9,8% nachweisen konnte. STEUP (1995) erzielte Ergebnisse zwischen 10,24 und 37%, schloß aber bei den hohen Werten mögliche Fehlerquellen nicht aus. Nach KLAPP (1965) schwanken die Humusgehalte von Grünlandböden zwischen 3 und 25%, wobei Werte zwischen 12 und 15% für feuchte bis nasse, basenarme Standorte angegeben werden. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992) gaben für obere Horizonte und Böden unter Dauergrünland Werte bis gegen 15% an. KAPFER & PFADENHAUER (1986) schließlich nannten für ihre beiden untersuchten Molinieten auf Moorböden 79% bzw. 62%. Insgesamt variiert der Gehalt an organischer Substanz also in weiten Grenzen. Die hier ermittelten Werte von Boden aus 0-10 cm Tiefe von durchschnittlich 12,3 (Mai) bzw. 11,61% (Juli) können innerhalb dieser Spanne (unter Ausschluß der Moorböden) als hoch, aber doch typisch eingestuft werden. Die Werte aus 10-20 cm Tiefe liegen immer niedriger. Sie können hier nur mit den Ergebnissen von STEUP (l.c.) verglichen werden, da die Messungen aller anderen Autoren, wenn Angaben zur Tiefe gemacht wurden, sich auf Boden aus maximal 10 cm Tiefe beziehen. Die Werte von STEUP (l.c.) liegen in der tieferen Bodenschicht mit einem Durchschnitt von 11,77% zwar auch niedriger als in den höheren Schichten, doch liegen sie immer noch deutlich über den unsrigen (Mittel Mai: 9,78; Juli: 8,77), was bei dem insgesamt höheren Humusgehalt der von STEUP (1995) untersuchten Böden nicht erstaunt.

Der Gehalt an organischer Substanz unterliegt einem jahreszeitlichen Rythmus. Dies zeigt sich in einem mittleren Unterschied von 0,78% (0-10 cm Tiefe) bzw. 1,01% (10-20 cm Tiefe) zwischen den Ergebnissen von Mai und Juli (Tabelle 14). Dies stimmt mit

Ergebnissen von SCHEFFER (1953) überein, der bei 12-monatigen Laborversuchen an verschiedenen Böden Abbauraten von 0,2 bis 1,1% innerhalb der ersten zwei Monate ermittelte. Er konnte feststellen, daß zunächst bei allen Böden eine relativ schnelle Mineralisierung der leicht zersetzlichen Streu erfolgte, die nach drei Monaten abnahm und sich auf einen konstanten Wert einstellte, da nun die schwerer zu mineralisierenden Bestandteile abgebaut wurden.

4.2.5.3 Zusammenhang zwischen organischen Substanz und anderen Standortfaktoren

Neben der Nährstoffabgabe beruht die Wirkung der organischen Substanz vor allem auf der Strukturverbesserung des Bodens, insbesondere auf der Bildung und Festigung der Krümel. Damit werden Porenvolumen, Wasserkapazität und Durchlüftung des Bodens erhöht. Zudem ist aus der Literatur ein linearer Anstieg des C-Gehaltes der Böden mit zunehmendem Tongehalt bekannt (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Die untersuchten Böden weisen einen mittleren bis sehr hohen Gehalt an Ton auf. Korrelationsberechnungen unterstützen die zitierte Aussage.

Ein häufiger Wechsel von Befeuchtung und Austrocknung des Bodens fördert den Abbau organischer Substanz. Da nur zu drei Zeitpunkten der Wassergehalt bestimmt wurde, können solche Verhältnisse für die von uns untersuchten Wiesen nur vermutet werden, was aber im Vergleich der wechsel-feuchten (-trockenen) Flächen mit der dauernassen Brache bestätigt wird.

Einen großen Einfluß hat die organische Substanz auf die Bildung und Stabilität eines grobporigen Aggregatgefüges, was vor allem bei Ton- Schluff- und Lehmböden wichtig ist; sie wirkt sich somit entscheidend auf die Lagerungsdichte eines Bodens aus. Die entsprechenden Berechnungen ergaben denn auch enge Korrelationen mit der Lagerungsdichte (vgl. 4.2.4.3), dem Ton- und dem Schluffanteil. Zwischen pH-Wert und organischer Substanz besteht hingegen allenfalls eine indirekte Beziehung. So kann bekanntlich in stark sauren Böden die Mineralisierung eingeschränkt sein, so daß es zu einer Streuakkumulation kommt. Nun weist zwar die Fläche H7 einen hohen Humusgehalt und niedrige pH-Werte auf, das Gegenteil zeigt sich aber auf der Brache (Bra MB), wo neben hohen Humusgehalten die höchsten pH-Werte gemessen wurden. Die niedrigsten Werte der organischen Substanz fanden sich auf den Probeflächen bei Daxweiler. Dort wurden auch die niedrigsten pH-Werte ermittelt, doch scheint der niedrige Humusgehalt hier eher auf die Nutzung zurückzuführen zu sein (vgl. unten). Trotz kaum verschiedener Mittelwerte der organischen Substanz zwischen den Flächen bei Stromberg („Str" in Tab. 14) und Rheinböllen („Rh") unterscheiden sich die entsprechenden pH-Werte um ca. 1 Einheit.

4.2.5.4 Zusammenhang zwischen organischer Substanz und Vegetation

Ein Vergleich zwischen dem Molinietum brometosum und dem Arrhenatheretum sanguisorbetosum zeigt für das Arrhenatheretum bei allen Messungen signifikant niedrigere Humuswerte. Dieses niedrigere Ergebnis ist wahrscheinlich auf die stärkere Nutzung des Arrhenatheretum zurückzuführen. So werden die Probeflächen bei Daxweiler, wo die niedrigsten Werte ermittelt wurden, neben der Mahd noch beweidet. Die übrigen Flächen des Arrhenatheretum werden zweimal gemäht, so daß auch hier ein höherer Streuentzug stattfindet. Auch eine Betrachtung der Einzelwerte zeigt für die Probeflächen D16/54-56 sehr wenig organische Substanz (8,3-8,97%).

Die Gehalte an organischer Substanz der beiden Varianten des Molinietum avenetosum erwiesen sich ebenfalls als signifikant verschieden. Die niedrigere organische Substanz des Molinietum avenetosum der tieferen Lage ist wahrscheinlich auf die geringere Deckung der Krautschicht innerhalb dieser Gesellschaft und somit geringerer Nachlieferung zurückzuführen.

Die Brache des Molinietum brometosum weist die höchsten Humusgehalte auf. Hier zeigt sich deutlich die Humusanreicherung, die bei mangelndem Entzug durch Mahd entsteht. Auch scheinen hier aufgrund des hohen Wasservolumens schlechtere Mineralisationsverhältnisse zu bestehen. Ein weiterer Grund kann in dem hochsteten Auftreten von *Molinia caerulea* gesehen werden, da dieses Gras reich an schwer abbaubaren Stoffen wie Lignin ist. Andererseits konnte auf der *Molinia*-Brache trotz hochstetem Auftreten von *Molinia caerulea*, fehlender Mahd und zersetzungshemmender Dauernässe nur ein relativ niedriger Gehalt an organischer Substanz nachgewiesen werden. Möglicherweise steht dieser unerwartete Befund im Zusammenhang mit der relativ lückigen Bodendeckung (max. 70%).

4.2.6 Kalium

4.2.6.1 Ergebnisse

Tabelle 15: Kalium (K_2O), Juli 1995, 0-10 cm [mg/100g Boden]: Mittelwert, Standardabweichung, Minimum- und Maximumwerte

Vegetation	K_2O	Min	Max	Stabw.
gesamt	6,02	2,00	19,00	2,59
Str	4,96	2,00	7,80	1,43
Rh	7,00	3,60	19,00	1,99
Mb	5,10	2,00	7,80	1,66
As	4,69	3,00	5,60	0,83
Ma(h)	7,63	4,20	11,20	1,87
Ma	5,52	3,60	8,20	1,50
Bra Mb	7,25	6,90	7,60	0,49
Bra M	19,00		19,00	

4.2.6.2 Diskussion

Im Untersuchungsgebiet wurden ausschließlich schwere Böden nachgewiesen, für die nach SCHALLER (1988) Kaliumgehalte von 10-25 mg/100 g Boden als „mittel" eingestuft werden. Als „niedrig" gelten Werte unter 10 mg/100 g. Die nachgewiesenen Mengen an Kalium zwischen 2,0 und 9,4 mg/100 g Boden liegen somit im niedrigen, der hohe Einzelwert der *Molinia*-Brache dagegen im mittleren Bereich.

Die gewonnenen Ergebnisse müssen mit Vorbehalt betrachtet werden, da der Anteil der K(CAL)-Werte am gesamten austauschbaren Kalium mit zunehmendem Tongehalt von ca. 100 auf 50% sinkt (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992). Bei gleicher Kaliumkonzentration ist bei tonreichen Böden die Kaliumfixierung mit 22% etwa doppelt so hoch wie im Boden mit nur 13% Ton. Trocknet der Boden stark aus, wird nicht nur gelöstes, sondern auch austauschbares Kalium fixiert. Dieses geht erst nach einer längeren Feuchtperiode wieder in die austauschbare, d.h. mit der CAL-Methode nachweisbaren Form über. Die Pflanzen können nun austauschbares und nichtaustauschbares Kalium aufnehmen, also auch solches, das bei der CAL-Methode nicht erfaßt wird. Und dies nicht nur bei Kaliummangel, sondern auch bei Sättigung. Diese Aufnahme nimmt jedoch bei Abnahme des Kaliumvorrates im Boden zu (vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL l. c.).

Erschwerend kommt hinzu, daß die Tonminerale nicht nur Kalium fixieren und somit der Meßmethode entziehen, sondern daß Ton durch Kaliumfreisetzung aus den Schichten und Verwitterung auch als Kaliumlieferant wirkt. Da alle untersuchten Böden einen hohen Tongehalt aufweisen, kann mit den erzielten Ergebnissen der CAL-Methode keine eindeutige Aussage über die Kaliumversorgung der Vegetation getroffen werden.

4.2.6.3 Zusammenhang zwischen Kalium und anderen Standortfaktoren

Aus diesem Grund überrascht es auch nicht, daß keine Korrelation zwischen Ton- und Kaliumgehalt besteht. Eine enge Korrelation konnte aber zwischen Kaliumgehalt und pH-Wert berechnet werden. Je niedriger der pH-Wert, desto mehr Kalium wird durch den Angriff der Protonen aus den Tonmineralen (und Humusteilchen) freigesetzt (AMBERGER 1988), was aber langfristig auch zu einer erhöhten Auswaschung führt.

4.2.6.4 Zusammenhang zwischen Kalium und Vegetation

Eine Betrachtung der Einzelwerte zeigt vor allem für die Molinieten eine starke Streuung im niedrigen Bereich, das Arrhenatheretum weist dagegen etwas homogenere Werte auf. Ein Vergleich der Mittelwerte zeigt für das Arrhenatheretum sanguisorbetosum geringere Werte als für das Molinietum brometosum und das Molinietum avenetosum. Die relativ hohen Werte des Molinietum avenetosum (h) sind eventuell auf die niedrigeren pH-Werte zurückzuführen. Sie unterscheiden sich signifikant von den Werten des Molinietum brometosum. KLAPP (1965), BOEKER (1957) und SPEIDEL (1956) konnten in zum Teil jahrzehntelangen Untersuchungen keine eindeutigen Beziehungen zwischen dem Kaliumgehalt des Bodens und der Pflanzengesellschaft feststellen. Es können aber Rückschlüsse auf den Kaliumentzug durch die Gesellschaft getroffen werden. So wurden unter ertragreichen Pflanzenbeständen niedrige, unter ertragarmen dagegen höhere Kaliumwerte gemessen. Dem entsprechen auch die von BALÁTOVÁ-TULÁCKOVÁ (1993) an Kennarten verschiedener Pflanzengesellschaften durchgeführten chemischen Analysen, bei denen die Arten der Molinietalia die niedrigsten Gehalte an Kalium und Phosphat aufwiesen.

Die Brachen – insbesondere die *Molinia*-Brache – weisen die höchsten Kaliumgehalte auf, was nach dem oben Gesagten ein Hinweis auf einen geringeren Entzug sein kann, der wahrscheinlich durch das hochstete Auftreten von *Molinia* (nach chemischer Analyse sehr niedriger K-Gehalt) und die fehlende Nutzung zustande kommt. Da eine Kaliumauswaschung bei feinkörnigen Böden wegen der hohen Affinität zum Ton kaum stattfindet, kann sich Kalium nach Düngung und bei geringem Entzug anreichern.

4.2.7 Phosphat

4.2.7.1 Ergebnisse

Tabelle 16: Phosphat (P_2O_5), Juli 1995, 0-10 cm [mg/100g Boden]: Mittelwert, Standardabweichung, Minimum- und Maximumwerte

Vegetation	P_2O_5	Min	Max	Stabw.
gesamt	5,29	1,76	10,60	2,20
Str	4,79	1,76	9,23	1,89
Rh	6,30	2,53	10,60	2,44
Mb	5,37	1,76	9,23	1,96
As	3,64	2,23	5,46	1,10
Ma(h)	7,33	3,04	10,60	2,03
Ma	3,90	2,53	5,79	1,43
Bra Mb	3,13	2,46	3,80	0,95
Bra M	5,90			

4.2.7.2 Diskussion

Nach den in SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992) angegebenen Standardwerten für Phosphat streuen die gemessenen Ergebnisse im „niedrigen" Bereich. Nach SCHALLER (1988) fallen Werte an pflanzenverfügbarem Phosphat zwischen 7-14 mg/100 g Boden bei mittelschweren und schweren Böden in die Gehaltsklasse „mittel", Werte von weniger als 7 mg/100 g Boden in die Gehaltsklasse „niedrig". Der größte Teil der gemessenen Phosphatwerte kann somit auch nach dieser Einteilung als „niedrig" eingestuft werden, doch liegen insgesamt elf Probeflächen im „mittleren" Bereich. Fünf dieser Probeflächen (alle H6, H7/24, D16/52) finden sich bei Stromberg, die übrigen auf den Rothen Wiesen bei Rheinböllen (R11/38, R12/42-42, R13/45-46). Es zeigt sich, daß die höheren Werte meist auf bestimmte Flächen konzentriert sind und nur die Molinieten betreffen.

Ebenso wie für Kalium haben KLAPP (l. c.), BOEKER (l. c.) und SPEIDEL (l. c.) auch für Phosphat feststellen können, daß höhere Werte eher auf geringeren Entzug durch die Pflanzengesellschaft als auf hohen Phosphatvorrat des Bodens zurückzuführen sind. Eine Betrachtung der Mittelwerte zeigt für die gemähten Flächen die gleiche Verteilung wie beim Kalium. Auffallend ist jedoch der große Unterschied zwischen Kalium- und Phosphatwert auf beiden Brachen. Es wäre zu erwarten gewesen, daß aufgrund von Anreicherung und geringerem Entzug hier ebenfalls höhere Werte gemessen würden.

Adsorbiertes Phosphat kann aber auch unter Einwirkung von Staunässe und Grundwasser in Eisenkonkretionen mechanisch eingeschlossen werden. Gebundenes bzw. eingeschlossene Phophat ist für die Pflanzen nicht oder nur schwer verfügbar und mit den üblichen Meßmethoden nicht nachweisbar. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (l.c.) gingen allerdings davon aus, daß alles diffusionsfähige und bei starkem Phosphatmangel ein Teil des schwer löslichen Phosphats pflanzenverfügbar ist. Dies erschwert die Deutung der Befunde.

4.2.7.3 Zusammenhang zwischen Phosphat und anderen Standortfaktoren

Da es sich hier überwiegend um Pseudogley-Standorte mit Staunässezeichen bis in den obersten Horizont handelt, ist zu erwarten, daß ein Teil des Phosphats in den Eisenkonkretionen gebunden ist. Die starke Streuung der Werte steht wahrscheinlich im Zusammenhang mit dem vielfältigen Einfluß anderer Bodenparameter (Tongehalt, pH-Wert, Humusgehalt, Bodentyp), ohne daß wir dies hier im einzelnen belegen könnten. Eine Kor-

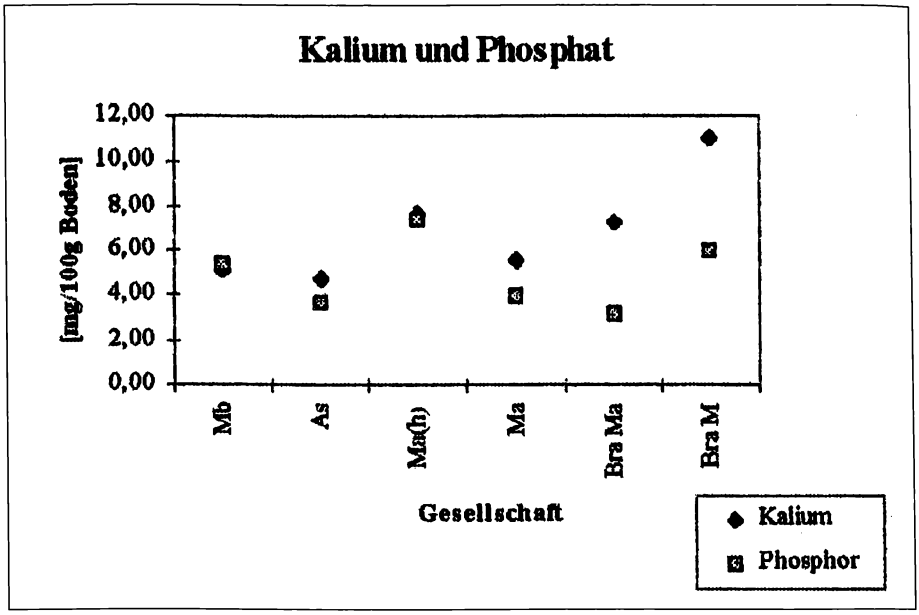

Abb. 9: Die gemittelten Kalium- und Phosphatwerte der Pflanzengesellschaften im Vergleich, Juli 1995, 0-10 cm Tiefe

relation mit dem Tongehalt zumindest lag nicht vor. Dagegen wurde eine enge Korrelation zum pH-Wert nachgewiesen: Höhere Phosphatgehalte treten in der Regel bei niedrigerem pH-Wert auf. Das zeigt sich deutlich bei einer Betrachtung des Molinietum brometosum. Hier liegen die Phosphatwerte der Flächen H6 und H7, die die niedrigsten pH-Werte dieser Gesellschaft aufweisen, deutlich über den Werten der anderen Flächen. Auch der Zusammenhang zwischen organischer Substanz und Bodenphosphat ist eng. Nach AMBERGER (1988) kann in humusreichen Böden der organische Phosphor 50-75% erreichen.

4.2.7.4 Zusammenhang zwischen Phosphat und Vegetation

Ein direkter Zusammenhang mit der Vegetation scheint nicht zu bestehen und kann nur über zusätzliche Parameter, vor allem dem pH-Wert, gesehen werden (vgl. oben). Entsprechend den niedrigen oder höheren pH-Werten verhalten sich auch die Phosphatwerte. So zeigt die Brache des Molinietum mit den höchsten pH-Werten die niedrigsten Phosphatwerte, das Molinietum avenetosum (h) mit den niedrigsten pH-Werten die höchsten Phosphatwerte. Doch ist dieser Zusammenhang nicht durchgängig. Das Molinietum avenetosum der niedrig gelegenen Kaltenkellerbach-Wiese weist neben niedrigen pH-Werten auch niedrige Phosphatwerte auf. Hier scheinen andere Parameter diesen Zusammenhang zu überdecken. Auch darf nicht vergessen werden, daß es sich insgesamt um niedrige Werte handelt, die lediglich in diesem Bereich stark streuen. Der von SCHREIBER (1988) unter einem Arrhenatheretum gemessene Phosphatwert von 5,6 mg/100 g Boden entspricht in etwa dem Mittelwert dieser Untersuchungen. BOEKER (1953) ermittelte für dem Molinietum vergleichbare Flächen im Mittel 2,2 mg/100 g Boden und liegt somit noch unter unseren Werten. Noch geringere Zahlen (0,5 bzw. 1,1 mg/100 ml Boden) nannten KAPFER & PFADENHAUER (1986), doch stocken deren Molinieten auf Moorböden, sind von anderer Artenzusammensetzung und deshalb mit den unseren nicht vergleichbar.

5. Zusammenfassende Diskussion

5.1 Statistische Beziehungen zwischen den Bodenfaktoren

Im Kap. 4.2 wurde bereits vielfach auf bestehende Korrelationen zwischen den einzelnen Bodenfaktoren hingewiesen. Sie seien hier – neben einigen weiteren – tabellarisch zusammengestellt (Tab. 17). Diese Zusammenhänge gelten nur für den untersuchten Biotoptyp. Auf Rohböden beispielsweise haben MÜCKSCHEL & LICHT (1996) zum Teil ganz andere Ergebnisse errechnet.

5.2 Beziehungen zwischen Vegetation und Standortsfaktoren

5.2.1 Molinietum brometosum

Das Molinietum brometosum besiedelt wechselfeuchte bis wechseltrockene Böden, die überwiegend durch Stauhorizonte gekennzeichnet sind. Vereinzelt sind mit den Pseudogleyen oder pseudovergleyten Parabraunerden reine Parabraunerden dicht vergesellschaftet. Wahrscheinlich sind diese grundwasserbeeinflußt, da zumindest für die Parabraunerde von Fläche H4/17 hohe Werte der aktuellen Feuchte gemessen wurden. Im Frühjahr konnte teilweise starke Vernässung, im Sommer dagegen unterschiedlich ausgeprägte Austrocknung des Oberbodens festgestellt werden. Diese wechselfeuchten bzw. -trockenen Verhältnisse spiegeln sich im Auftreten vieler Wechselfeuchtezeiger neben (Wechsel-) Trockenheitszeigern wider und können als entscheidender ökologischer Faktor angesehen werden. Die Bodenart ist meist schluffiger bis tonig-schluffiger Lehm, in Einzelfällen auch schluffiger Ton. Es handelt sich somit ausschließlich um schwere Böden. Der Skelettanteil der Böden ist meist vernachlässigbar gering. KOCH (1926), OBERDORFER (1983) und KLAPP (1965) beschrieben alle einen gut durchlüfteten, humosen Oberboden des Molinietum caeruleae. Dies wird mit den vorliegenden Untersuchungen bestätigt. Die stark humosen Oberböden reichen bis in eine Tiefe von 50 cm. Eine niedrige Lagerungsdichte (1,08 g/cm^3) und ein hohes Porenvolumen (54,41%) führen zu guten Durchlüftungsverhältnissen mit durchschnittlich 27,32%, doch kann die hohe Luftkapazität der trockenen Monate mit einem Wassermangel einhergehen. Die stärkste Durchwurzelung findet in den oberen 10 cm statt und nimmt dann rapide ab, feinste Wurzelmasse konnte aber bis in die Stauhorizonte hinein beobachtet werden.

Der pH-Wert schwankt zwischen schwach und mäßig sauer, was zunächst irritiert, da das Molinietum brometosum in der Literatur mit pH-Werten im basischen bis neutralen Bereich angesiedelt wird und sehr viele Basenzeiger auftreten. Dabei muß jedoch beachtet werden, daß die meiste Literatur älteren Datums ist und angenommen werden kann, daß der Boden-pH durch den sauren Regen im Laufe der Jahre abgenommen hat. Auch die Düngung kann zu niedrigeren pH-Werten führen. Somit liegt die Vermutung nahe, daß sich das Molinietum brometosum zu einer Zeit auf den untersuchten Flächen etabliert hat, in der die pH-Werte noch im basischen oder neutralen Bereich lagen. Dabei stellt sich gleichzeitig die Frage, wie lange es sich noch auf diesen Standorten wird halten können. KLAPP (1965) beschrieb neben einem typischen basiphytischen Molinietum (pH-Wert >7) eine Gruppe von schwach bis mäßig sauren Molinieten auf humosen staunassen Mineralböden, in der sich alle Übergänge von basiphytischen Molinieten bis zu denen des mäßig bis stark sauren Bereichs befinden. Seine pflanzensoziologische Liste ist nicht in die einzelnen Übergangsformen untergliedert, so daß ein direkter Vergleich nicht möglich ist; doch zeigt das Vorkommen einer Reihe von basiphytischen Verbandskennarten (z. B. *Galium boreale, Serratula tinctoria*), die auch auf den hier untersuchten Flächen auftreten, wie auch die dazugehörigen Klassenkennarten und Begleiter, gewisse Parallelen. Die von KLAPP (l. c.) gemessenen pH-Werte liegen zwischen 5,0 und 5,4 und somit eher in dem von uns gemessenen Bereich (Mittel 5,32). Insofern ließe sich unser Molinietum brometosum auch den von KLAPP (l. c.) beschriebenen Übergangsformen zuordnen.

Tab. 17: Korrelationskoeffizienten (r) für die Korrelationen zwischen den verschiedenen Bodenparametern. – Für [r] > 0,2732 korrelieren die Parameter mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% (normal gedruckte Zahlen) – Für [r] > 0,3541 korrelieren die Parameter mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% (fett gedruckte Zahlen) – Für [r] < 0,2732 korrelieren die Parameter nicht (klein gedruckte Zahlen)

Parameter	H_2O	dB	PV	dF	SV	org.Sub.	T ges.	Uges.	S ges.	nFK	K_2O	P_2O_5	pH	Nges.	C	C/N	WV	LV
H_2O		**-0,4388**	**0,4020**	-0,3348	**-0,4020**	**0,4222**	0,2307	-0,1497	-0,1968	0,1848	**0,4225**	0,0646	0,1678	**0,3697**	**0,4054**	0,0110	**0,7099**	**-0,3974**
dB	**-0,4388**		**-0,9794**	**0,4851**	**0,9794**	**-0,5420**	-0,2621	0,2914	-0,0511	-0,2383	-0,1022	**-0,3525**	-0,1138	**-0,5577**	**-0,5355**	0,1361	-0,2249	**-0,4332**
PV	**0,4020**	**-0,9794**		-0,2992	**-1,0000**	**0,3944**	0,0793	-0,1226	0,0931	0,3181	0,1037	**0,3001**	0,0767	**0,4162**	**0,3877**	-0,1261	0,2439	**0,4291**
dF	-0,3348	**0,4851**	-0,2992		0,2992	**-0,8641**	**-0,8985**	**0,8547**	0,1501	0,2542	-0,0270	**-0,3675**	-0,2087	**-0,8445**	**-0,8618**	0,1012	-0,0148	-0,1826
SV	**-0,4020**	**0,9794**	**-1,0000**	0,2992		**-0,3944**	-0,0793	0,1226	-0,0931	-0,3181	-0,1037	**-0,3001**	-0,0767	**-0,4162**	**-0,3877**	0,1261	-0,2439	**-0,4291**
org. Sub	**0,4222**	**-0,5420**	**0,3944**	**-0,8641**	**-0,3944**		**0,6321**	**-0,6211**	-0,0805	0,0705	0,0497	**0,3966**	0,1584	**0,9426**	**0,9889**	-0,0417	0,1057	0,1604
T ges.	0,2307	-0,2621	0,0793	**-0,8985**	-0,0793	**0,6321**		**-0,9058**	-0,2701	**-0,5327**	-0,0548	0,2148	0,2152	**0,6225**	**0,6399**	-0,0637	-0,0291	0,0791
Uges.	-0,1497	0,2914	-0,1226	**0,8547**	0,1226	**-0,6211**	**-0,9058**		-0,1832	**0,4120**	0,0477	**-0,3478**	-0,0883	**-0,6042**	**-0,6376**	0,0022	0,1460	-0,2165
S ges.	-0,1968	-0,0511	0,0931	0,1501	-0,0931	-0,0805	-0,2701	-0,1632		**0,3043**	0,0179	**0,2900**	**-0,2985**	-0,0765	-0,0413	0,1428	-0,2636	**0,3066**
nFK	0,1848	-0,2383	**0,3181**	0,2542	**-0,3181**	0,0705	**-0,5327**	**0,4120**	**0,3043**		0,1932	0,0722	-0,2131	0,0031	0,0591	0,1819	0,1204	0,0966
K_2O	**0,4225**	-0,1022	0,1037	-0,0270	-0,1037	0,0497	-0,0548	0,0477	0,0179	0,1932		**0,3196**	**-0,4254**	-0,0162	0,0551	0,1790	**0,3379**	-0,2468
P_2O_5	0,0646	**-0,3525**	**0,3001**	**-0,3675**	**-0,3001**	**0,3966**	0,2148	**-0,3478**	**0,2900**	0,0722	**0,3196**		**-0,4379**	**0,4281**	**0,4064**	-0,1232	-0,1650	**0,3506**
pH	0,1678	-0,1138	0,0767	-0,2087	-0,0767	0,1584	0,2152	-0,0883	**-0,2985**	-0,2131	**-0,4254**	**-0,4379**		0,1561	0,1188	-0,1284	**0,3943**	**-0,3169**
Nges.	**0,3697**	**-0,5577**	**0,4162**	**-0,8445**	**-0,4162**	**0,9426**	**0,6225**	**-0,6042**	-0,0765	0,0031	-0,0162	**0,4281**	0,1561		**0,9373**	**-0,3481**	0,1088	0,1720
C	**0,4054**	**-0,5355**	**0,3877**	**-0,8618**	**-0,3877**	**0,9889**	**0,6399**	**-0,6376**	-0,0413	0,0591	0,0551	**0,4064**	0,1188	**0,9373**		-0,0049	0,0859	0,1744
C/N	0,0110	0,1361	-0,1261	0,1012	0,1261	-0,0417	-0,0637	0,0022	0,1428	0,1819	0,1790	-0,1232	-0,1284	**-0,3481**	-0,0049		-0,0904	0,0015
WV	**0,7099**	-0,2249	0,2439	-0,0148	-0,2439	0,1057	-0,0291	0,1460	-0,2636	0,1204	0,3379	-0,1650	**0,3943**	0,1088	0,0859	-0,0904		**-0,7714**
LV	**-0,3974**	**-0,4332**	**0,4291**	-0,1826	**-0,4291**	0,1604	0,0791	-0,2165	**0,3066**	0,0966	-0,2468	**0,3506**	**-0,3169**	0,1720	0,1744	0,0015	**-0,7714**	

Die große Anzahl an Magerkeitszeigern korreliert gut mit den gemessenen Kalium- und Phosphatgehalten, die mit mittleren Werten von 5,1 g/cm³ bzw. 5,37 g/cm³ sehr niedrig liegen. Hier wurden die niedrigsten Werte beider Meßreihen bestimmt.

Die Nutzung der Wiesen als Heuwiesen, die mit schwacher Düngung bzw. Güllezufuhr verbunden ist, kann trotzdem in der Artenzusammensetzung abgelesen werden. Die dünge- und mahdempfindliche *Molinia caerulea* fehlt fast ganz, dafür hat sich eine Vielzahl von Arrhenatheretalia-Arten (*Leucanthemum vulgare, Bellis perennis, Achillea millefolium* u.a.) bzw. Arten des Arrhenatherion elatioris (*Arrhenatherum elatius, Galium album, Crepis biennis, Trifolium dubium*) ausgebreitet. Weitere Arten, die einen Wandel hin zu anspruchsvolleren Gesellschaften anzeigen, stammen aus dem Cynosurion (*Cynosurus cristatus, Trifolium repens*) und dem Calthion (*Myosotis palustris* agg.). Daß trotz der niedrigen Nährstoffwerte anspruchsvollere Arten auftreten, kann an analytisch nicht erfaßtem, weil fixiertem (aber für die Pflanze verfügbarem) Kalium bzw. Phosphat liegen. Denkbar ist aber auch eine umgekehrte Kausalität: gerade weil die genannten Arten relativ anspruchsvoll sind, sind die Reserven an Kalium und Phosphat im Boden erschöpft, wie wir das auch für das Arrhenatheretum sanguisorbetosum für möglich halten (s. d.).

Eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Standorte des Molinietum brometosum zeigt, daß zwischen den verschiedenen Standorten teilweise erhebliche Unterschiede bestehen: Insbesondere die Flächen H6 und H7 (diese beiden Flächen werden nicht regelmäßig jedes Jahr gemäht) unterscheiden sich von den anderen Flächen des Molinietum brometosum durch auffallend niedrige pH-Werte, einen sehr hohen Tongehalt und relativ hohe Nährstoffwerte (vgl. oben). Die organische Substanz auf Fläche H7 erreicht die höchsten Werte, Fläche H6 liegt dagegen im Mittel. Entsprechend wurde auf H7 im Juli eine Wasserkapazität von 33,89 bis 37,25% im Oberboden gemessen, auf Fläche H6 dagegen nur 24,34 bis 31,09%. *Serratula tinctoria* und *Galium boreale* sind nicht nur hochstet, sondern auch mit einer meist hohen Mächtigkeit vertreten. *Silaum silaus* fehlt, obwohl ein Tonzeiger, ganz. Auch *Bromus erectus* fehlt in diesen Aufnahmen. Fläche H7 ist zudem die einzige gemähte Fläche, auf der *Inula salicina* auftritt.

Stärkere und länger anhaltende Vernässung sowie das Auftreten der beiden Binsen, *Juncus acutiflorus* und *Juncus conglomeratus,* die im Molinietum brometosum nur mit geringer Stetigkeit vertreten sind, und die im Untersuchungsgebiet eher seltene *Molinia caerulea* verleihen den Probeflächen H1/1 und H1/2 eine etwas andere Physiognomie als den benachbarten Probeflächen H1/3-6. Diese Probeflächen H1/3-6 machen einen sehr homogenen Eindruck. Hier wurden die niedrigsten Wassergehalte des Molinietum brometosum gemessen. Wie auf den Flächen H6 und H7 sind hier *Serratula tinctoria* und *Galium boreale* hochstet vertreten. Auf Fläche H1/6 wurde als einzigem Standort eine Population von *Iris sibirica* gefunden. Außerhalb der Probefläche H1/3 wurde eine Population von *Cirsium tuberosum* entdeckt.

Auch die Fläche H4, obwohl in direkter Nachbarschaft zu Fläche H5 gelegen, unterscheidet sich von dieser schon physiognomisch durch ihr magereres Aussehen, dem auch die niedrigeren Nährstoffwerte entsprechen, und in der auffallend höheren Artenzahl. Fläche H5 ist zudem viel feuchter.

Die Probeflächen D16/51-53 bei Daxweiler sind im allgemeinen durch sehr stark streuende Werte, die sich schwer zuordnen lassen, gekennzeichnet. Die sehr niedrigen pH-Werte liegen unter 5 und weichen somit ebenfalls stark vom Mittelwert des Molinietum brometosum ab.

5.2.2 Molinietum avenetosum der höheren Lage

Das Molinietum avenetosum (h) stockt im Gegensatz zum Molinietum brometosum auf stark saurem Boden (Mittel 4,74), bei dem es sich überwiegend um Pseudogley, aber auch um Gley handelt. Auch hier liegen nur schwere schluffige oder tonig-schluffige Lehmböden vor. Der Skelettanteil ist auffallend höher als in den Böden des Molinietum brome-

tosum. Er nimmt vor allem mit der Tiefe stark zu, dabei wurden Werte bis zu 70% erreicht. Somit sind diese Böden weniger tiefgründig als die Böden des Molinietum brometosum. Die mittleren Werte der organischen Substanz liegen mit 13,47% auf diesen Flächen höher als beim Molinietum brometosum, allerdings wurden hier neben den höchsten auch die niedrigsten Werte bestimmt. Insgesamt sind die physikalischen Verhältnisse mit einem Porenvolumen von 53,67% und einem Substanzvolumen von 46,33% sehr ähnlich, so daß ebenfalls von guten Durchlüftungsverhältnissen gesprochen werden kann, die jedoch im Sommer zu Wassergehalten unter der nutzbaren Feldkapazität und noch stärkerer Austrocknung als beim Molinietum brometosum führen können. Das Wasservolumen entspricht im Sommer etwa dem des Arrhenatheretum sanguisorbetosum. Im Frühjahr wurden dagegen sehr hohe Wassergehalte ermittelt, die noch über denen des Molinietum brometosum liegen. Die Schwankungen sind demnach auf diesen Flächen stärker ausgeprägt. Dies zeigt sich in der Zusammensetzung der Vegetation auch daran, daß neben den vielen Wechselfeuchtezeigern mehr Trockenheitszeiger auftreten als in der anderen Assoziation. Die Kalium- und Phosphatwerte liegen mit 7,63 bzw. 7,33 mg/100g Boden auffallend höher als bei allen anderen Gesellschaften, ausgenommen der Molinia-Brache, auf der die Kaliumwerte höher ausfallen.

5.2.3 Molinietum avenetosum der tieferen Lage

Ein Unterschied zwischen den beiden Gesellschaften liegt im Wasserhaushalt. Im März liegen die Werte des aktuellen Wassergehaltes beim Molinietum avenetosum weit unter denen des Molinietum avenetosum (h), im Mai sind sie angenähert und im Juli sogar höher. Dieses Ergebnis läßt auf einen ausgeglicheneren Wasserhaushalt schließen. In der Tat verändert sich die aktuelle Feuchte im Jahresgang erheblich weniger als bei allen anderen Gesellschaften außer den Brachen. Die Vermutung wird unterstützt durch das Fehlen oder geringstete Auftreten einiger Wechselfeuchtezeiger wie *Serratula tinctoria* oder *Succisa pratensis.* Weitere Unterschiede zum Molinietum avenetosum (h) liegen in den physikalischen Verhältnissen. Eine geringere organische Substanz (Mittel 9,63%) und höheres Substanzvolumen (Mittel 51,8%) führen zur dichteren Lagerung des Bodens (Mittel 1,26 g/cm^3), entsprechend der des Arrhenatheretum sanguisorbetosum. Diese beiden Gesellschaften weisen demnach auch fast entsprechende Poren- (48,2 bzw. 47,42. Vol%) und Substanzvolumina (51,8 bzw. 52,58 Vol%) auf, wodurch sie sich von den beiden anderen Molinieten abgrenzen. Dichtere Lagerung als Nutzungsfolge kann auf diesen Flächen ausgeschlossen werden. Zumindest in der jüngeren Vergangenheit wurden sie von den Besitzern nur noch im Rahmen einer Pflegemaßnahme einmal jährlich gemäht. Die Durchwurzelung dieser Böden ist entsprechend der geringeren Kräuterdeckung und der niedrigeren Wüchsigkeit, die beide den Wasserbedarf der Pflanzengesellschaft verringern, schwächer als bei den anderen Assoziationen und erklärt gleichzeitig den geringeren Wasserverbrauch im Juli.

Auch im Kalium- und Phosphatgehalt unterscheiden sich die beiden Varianten. So liegen die Werte beim Molinietum avenetosum mit 5,52 bzw. 3,9 mg auffallend unter denen des Molinietum avenetosum (h) mit 7,63 bzw. 7,33 mg.

In den übrigen Parametern ähneln sich die beiden Ausprägungen des Molinietum avenetosum.

5.2.4 Arrhenatheretum sanguisorbetosum

Das Arrhenatheretum sanguisorbetosum besiedelt Standorte, die aufgrund von Stichproben als tiefgründige humose Parabraunerden angesprochen werden können. Sie sind insgesamt trockener als die Molinieten, in ihrem Jahresgang schwanken sie aber keineswegs weniger als die des Molinietum brometosum und des Molinietum avenetosum (h). Die Flächen waren im Frühjahr höchstens feucht, im Sommer lagen die Wassergehalte

unter der nutzbaren Feldkapazität (Mittel 25,0%). Offensichtlich sinkt dann der Grundwasserspiegel soweit ab, so daß der kapillare Wasseraufstieg unterbrochen wird. Der Wasserhaushalt dieser Böden spiegelt sich in der Pflanzengesellschaft im gemeinsamen Auftreten von Frischezeigern (*Ranunculus nemorosus, Ajuga reptans, Hypochoeris radicata* u.a.) und (Wechsel-) Trockenheitszeigern (*Ranunculus bulbosus, Sanguisorba minor, Campanula glomerata, Filipendula vulgaris, Avenochloa pratensis* u.a.) wider. Die Wechselfeuchtezeiger der Molinietalia (*Lychnis flos-cuculi, Silaum silaus*) treten dagegen etwas zurück. Auch hier liegen mit schluffigem Lehm und tonig schluffigem Lehm nur schwere Böden vor. Der Humusgehalt ist zwar immer noch hoch, doch liegt er unter dem Gehalt der vorigen Gesellschaft. Dies äußert sich in einer höheren Lagerungsdichte (1,26 g/cm^3), verbunden mit einem niedrigeren Porenvolumen (47,42%) und somit geringerem Wasser- und Luftvolumen. Die höhere Lagerungsdichte wurde wahrscheinlich durch intensivere Nutzung in Form von Nachweide, zweimaliger Mahd und Freizeitnutzung der Wiesen hervorgerufen. Der mittlere Gehalt an pflanzenaufnehmbarem Kalium und Phosphat ist noch geringer als beim Molinietum brometosum, was aber nicht unbedingt einen mageren Standort anzeigt, sondern auch auf einen höheren Verbrauch dieser anspruchsvolleren Gesellschaft hinweisen kann (vgl. oben). Außerdem werden dem Boden durch die intensivere Nutzung mehr organisches Material und somit auch mehr Nährstoffe entzogen.

Das Molinietum brometosum und das Arrhenatheretum sanguisorbetosum unterscheiden sich somit hinsichtlich der physikalischen Bodenparameter Lagerungsdichte, Substanzdichte, Porenvolumen, Wasser- und Luftvolumen sowie der organischen Substanz, die in gegenseitiger Abhängigkeit voneinander stehen und entscheidend den Wasserhaushalt und damit den Pflanzenbewuchs beeinflussen.

Die beiden Varianten des Arrhenatheretum sanguisorbetosum (vgl. 4.1.5) wurden wegen der geringen Aufnahmezahlen in den Bodenuntersuchungen nicht getrennt behandelt. Durchgängige bodenökologische Unterschiede zwischen den beiden Varianten konnten nicht festgestellt werden.

5.2.5 Die Brachen

Die Brachen weisen bei allen Messungen sehr hohe bis ausreichende Wassergehalte auf, die die nutzbare Feldkapazität (Br Mb 26,0%; Br M 32,0%) nicht unterschreiten. Sie schwanken innerhalb des Jahres nicht so stark wie die der Mähwiesen, wobei sich die Horizonte 0-10 cm und 10-20 cm jeweils sehr unterschiedlich verhalten. Die folgenden Ausführungen beziehen sich hauptsächlich auf den oberen Horizont, dessen Verhältnisse die Artengarnitur offenbar in besonderem Maße prägen.

Die Brache des Molinietum brometosum stockt auf Pseudogley aus stark tonigem Lehm mit humusreichem Oberboden. Übergänge von extremer Nässe im Frühjahr bis Frische im Sommer sowie eine Artenkombination aus Nässe-, Wechselfeuchte- und wenigen Trockenheitszeigern erlauben eine Beschreibung als wechselnaß. Die Porenverhältnisse sind relativ ungünstig. Bei einer sehr niedrigen Substanzdichte liegt zwar ein hohes Porenvolumen vor, doch entfallen davon auf das Luftvolumen nur 15,11%. Die auf der Brache gemessene Bodenacidität (Mittel 5,91 im Mai, Oberboden) ist unter allen gemessenen die höchste. Das pflanzenverfügbare Kalium liegt mit 7,25 mg im oberen Bereich, das Phosphat weist dagegen mit 3,13 mg einen sehr niedrigen Wert auf.

Die *Molinia*-Brache stockt auf Gley aus stark tonigem Lehm mit humosem Oberboden. Sie weist in der Regel höhere Werte der aktuellen Feuchte auf als die Brache des Molinietum brometosum und zeigt im Oberboden nur geringfügige Schwankungen, weshalb sie als dauernaß angesprochen wird. Der aktuelle Wassergehalt spiegelt sich in der Pflanzengesellschaft wider, in der neben Feuchtezeigern nur Nässezeiger auftreten, die Trockenheitszeiger fehlen ganz. Das Luftvolumen ist hier mit 5,9% noch ungünstiger als in der anderen Brache. Der pH-Wert liegt entsprechend dem anstehenden Hunsrückschiefer im stark sauren Bereich. Wie bei der Brache des Molinietum brometosum wurde auch hier ein

hoher Kaliumwert (19 mg), der auf Anreicherung durch die hochstet auftretende *Molinia caerulea* und fehlende Mahd (kein Nährstoffentzug!) zurückgeführt werden kann, sowie ein relativ niedriger Phosphatwert (5,9 mg) bestimmt. Insgesamt liegen die genannten Werte jedoch über denen der anderen Brache. Es kann demnach angenommen werden, daß es sich um ein älteres Brachestadium handelt. Es fällt auf, daß auf beiden Brachen die Kaliumwerte weit über den Phosphatwerten liegen. Diese Divergenz unterscheidet die Brachen von allen anderen hier untersuchten Gesellschaften.

5.3 Einfluß der intensiveren Nutzung und der Nutzungsaufgabe

Aus dem Ergebnis der Umfrage und eigenen Beobachtungen werden alle bewirtschafteten Parzellen als Heuwiesen genutzt. Die Mahd findet je nach Witterung auf den tiefer gelegenen Flächen Mitte bis Ende Juni, auf den höher gelegenen Anfang Juli mit dem Kreiselmäher statt. Der Zeitpunkt hat sich seit vielen Jahren nicht geändert. Die Flächen H6 und H7 (die auch edaphisch abweichen, vgl. 5.2.1) werden nicht regelmäßig jedes Jahr gemäht. Die Wiese bei Daxweiler wird zusätzlich nach der Mahd beweidet. Fläche K8 wird zudem je nach Wachstum ein zweites Mal im August oder September gemäht. Nur die Flächen H1, H4 und H5 werden gedüngt. Dabei wird Fläche H1 dreimal im Jahr gegüllt, die beiden anderen Flächen mineralisch mit 4 dt/ha NPK 131321 gedüngt. Diese beiden Flächen wurden vor 1976 ca. zwei Jahre lang als Acker genutzt. Fläche H3 dient im Sommer als Festplatz für Veranstaltungen des benachbarten Modellflugplatzes. Insgesamt bestehen bezüglich Mahd und Nutzung also erhebliche Unterschiede auf den zum Teil dicht benachbarten Wiesen.

Nun sind zahlreiche Arten der Pfeifengraswiesen gegenüber Kulturmaßnahmen hoch empfindlich (vgl. z.B. EGLOFF 1986). Dabei spielt neben der frühen Mahd (zu deren Auswirkung vgl. KAPFER & PFADENHAUER 1986) auch der Tiefschnitt der Kreiselmäher eine selektierende Rolle. So konnte z. B. *Molinia caerulea* mit ihrer Nährstoffspeicherung im verdickten Halmgrund auf den gemähten Flächen nur selten und nur mit geringer Mächtigkeit aufgenommen werden. Auf den Brachen dagegen erweist sie sich als außerordentlich konkurrenzkräftig. Nach GÖRS (1974, zitiert in EGLOFF l. c.) tritt bei frühem Schnitt *Bromus erectus* an die Stelle von *Molinia caerulea*. LICHT (1993) konnte in den Molinieten des Stromberger Lößgebietes ebenfalls ein starkes Zurücktreten von *Molinia caerulea* zugunsten von *Bromus erectus* feststellen. Diese Art fehlt denn auch der Brache, ist aber für die gemähten Flächen des Molinietum brometosum charakteristisch.

Einige Kennarten der Pfeifengraswiesen treiben nach der Mahd noch einmal aus, neben *Molinia* selbst z.B. *Iris sibirica, Succisa pratensis, Inula salicina* oder *Galium boreale*. Vor allem *Serratula tinctoria* scheint die vorgezogene Mahd wenig auszumachen; sie ist auf den Holzwiesen bei Waldalgesheim durch häufiges Auftreten vor und nach der Mahd gekennzeichnet.

Was die Düngung betrifft, so konnte EGLOFF (1986) durch entsprechende Versuche zeigen, daß durch Düngung anfangs auch die Magerkeitszeiger, wie *Molinia caerulea* und *Inula salicina,* gefördert werden, infolge einer Ausbreitung der konkurrenzstärkeren Arten dann aber ein Rückgang der Magerkeitszeiger einsetzt. Dies würde erklären, wieso unsere Flächen des Molinietum brometosum durch eine Vielzahl von Arten der Arrhenatheretalia gekennzeichnet sind. Bemerkenswert ist allerdings, daß ausgerechnet die Flächen des Arrhenatheretum sanguisorbetosum (auch wenn es sich um eine magere Ausbildung handelt) laut Angaben der Besitzer nicht gedüngt werden. Dies scheint aber zumindest für Fläche K8 zweifelhaft. Diese Fläche wurde von LICHT (1993 und mdl. Auskunft) als Pfeifengraswiese beschrieben. Eventuelle Düngung und zweimaliger Schnitt haben hier offensichtlich eine Umwandlung zum Arrhenatheretum bewirkt. Endgültig ließe sich dies jedoch nur durch eine längerfristige Beobachtung klären, zumal SCHREIBER (1985) anläßlich einer Untersuchung gedüngter und ungedüngter Wiesengesellschaften einen auffallend hohen Anteil an Arrhenatheretalia-Kennarten auf den ungedüngten Flächen feststellen konnte.

Auf der Brache treten dagegen mit *Cirsium arvense* und *Heracleum sphondylium* Nährstoffzeiger auf, die begleitenden Magerkeitszeiger fehlen zum großen Teil. Auf Brachen ist ja in der Regel mit einem relativ hohen Nährstoffgehalt zu rechnen, da kein Nährstoffaustrag durch Mahd entsteht und Düngernährstoffe aufgrund der Speicherung noch viele Jahre der Vegetation zur Verfügung stehen. Dem entsprechen die etwas höheren Kaliumwerte; bei der Phosphatbestimmung allerdings wurden die niedrigsten Werte gemessen (vgl. 4.2.7.2). – Stickstoff schließlich bewirkt nach Klapp (1965) eine bessere Ausnutzung des Bodenwassers durch die Pflanzen, so daß Naßwiesen in Feuchtwiesen übergehen können („Biologische Entwässerung"). Wird der Boden gegüllt, so wird ihm überwiegend Stickstoff und Kalium zugeführt und nur ein Minimum an Kalzium und Phosphat. Deshalb werden nach KLAPP (l. c.) diese beiden Nährstoffe mit der Zeit zu Minimumfaktoren, was sich in einer verstärkten Ausbreitung von Umbelliferen äußert. Dieser Aspekt konnte auf der dreimal jährlich gegüllten Fläche H1 allerdings (noch?) nicht festgestellt werden. Aus landespflegerischer Sicht ist der Einsatz von Gülle jedenfalls bedenklich.

Die Flächen H4 und H5 waren schon bei der ersten Begehung dadurch aufgefallen, daß sie sich offensichtlich in ihrem Nährstoffhaushalt unterscheiden, und das, obwohl sie direkt nebeneinander liegen und vom selben Landwirt in gleicher Weise genutzt werden. Beide werden mit NPK-Dünger einmal jährlich gedüngt. Eine Erklärung für die Unterschiede konnten wir nicht finden. Anzumerken ist allerdings, daß diese beiden Flächen vor 20 Jahren für einige Zeit zu Ackerland umgebrochen waren, das möglicherweise unterschiedlich genutzt wurde.

Zur Sukzession aufgelassener Pfeifengraswiesen können nur einige allgemeine Angaben gemacht werden. Mit fortschreitender Brachedauer nehmen die schnitt- und düngeempfindlichen Charakterarten der Molinietalia zum Nachteil der Arrhenatheretalia zu. Dies führt auch zu einer starken Verringerung der Artenzahl (13 bzw. 23). An Gehölzkeimlingen trat nur in der *Molinia*-Brache *Ribes* auf, in der Brache des Molinietum fanden sich im untersuchten Bereich keinerlei Verbuschungszeiger. Daß sich Gehölze nur mit Schwierigkeiten auf vergrasten Brachen etablieren können, ist bekannt.

6. Zusammenfassung

Es werden die Beziehungen zwischen Bodenfaktoren und Schwankungen im Wasserhaushalt zur unterschiedlichen Zusammensetzung von Pflanzengesellschaften wechselfeuchter bis wechseltrockener Standorte im östlichen Hunsrück beschrieben. Von 56 Probeflächen wurde die Vegetation pflanzensoziologisch aufgenommen und 2 bzw. 3 mal im Jahr bodenökologische Untersuchungen in zwei verschiedenen Bodentiefen durchgeführt. Der Syntaxonomie von LICHT (1993) folgend, wurden die Gesellschaften dem basiphytischen Molinietum brometosum, dem acidophytischen Molinietum avenetosum und der mageren, wechseltrockenen Ausbildung des Arrhenatheretum elatioris – dem Arrheatheretum sanguisorbetosum – zugeordnet. Das Molinietum avenetosum wurde in zwei Höhenvarianten aufgeteilt, die sich ökologisch deutlich unterscheiden. Zusätzlich wurden zum Vergleich zwei benachbarte Brachen in die Untersuchungen miteinbezogen, von denen die eine als Brache des Molinietum brometosum und die andere als *Molinia*-Brache angesprochen werden. Die kombinierten Untersuchungen an Arrhenathereten, Molinieten und Brachen erscheinen als sinnvoll, da somit die Grenzbereiche des Molinietum bei Nutzungsintensivierung bzw. -aufgabe verglichen werden können.

Im Mittelpunkt der Arbeit stehen die vergleichenden Bodenuntersuchungen der Standorte des Molinietum brometosum und des Arrhenatheretum sanguisorbetosum. Die unterschiedliche Wasserversorgung der Pflanzengesellschaften wird anhand der Untersuchungen des aktuellen Bodenwassers bestätigt.

Es kann gezeigt werden, daß sich die Standorte von Molinietum brometosum und Arrhenatheretum sanguisorbetosum vor allem in den Dichte- und Porenverhältnissen sowie der organischen Substanz signifikant unterscheiden. Die geringere organische Sub-

stanz und das höhere Substanzvolumen führen beim Arrhenatheretum zu einer höheren Lagerungsdichte und somit einem niedrigeren Porenvolumen, das sich in einer Verringerung des Luft- und des Wasservolumens äußert. Eine weitere Ursache für die dichtere Lagerung wird in der Druckbelastung durch die intensivere Nutzung gesehen. Die niedrigere organische Substanz kann auf den höheren Entzug bei Nutzungsintensivierung zurückgeführt werden.

Die erwarteten basischen bis neutralen pH-Werte für das Molinietum brometosum konnten nicht bestätigt werden. Sie liegen ebenso wie die des Arrhenatheretum im mäßig sauren Bereich, die des Molinietum avenetosum dagegen im stark sauren Bereich. Der wichtigste Unterschied zwischen den beiden Assoziationen des Molinietum caeruleae liegt somit im pH-Wert, der auf den unterschiedlichen geologischen Untergrund und die Höhendifferenz zurückgeführt wird. Ein Einfluß der Nährstoffverhältnisse (P & K) auf die Unterschiede in der Pflanzenzusammensetzung kann nicht nachgewiesen werden. Sowohl Intensivierung als auch Aufgabe der Nutzung führen zum Rückgang der Pfeifengraswiesen. Düngung, frühe und/oder mehrmalige Mahd führen zur Ausbildung von Glatthaferwiesen. Die Nutzungsaufgabe der Molinieten begünstigt die Ausbreitung von Hochstauden und Artenrückgang.

7. Danksagungen

Diese Untersuchungen wurden im Rahmen einer Diplomarbeit durchgeführt. Dem Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz sei an dieser Stelle für ein gewährtes Stipendium gedankt. Desweiteren möchten wir uns bei der Verbandsgemeinde Rhein-Nahe in Bingerbrück, dem Katasteramt in Bingen, dem Wetteramt in Trier und nicht zuletzt dem geomorphologischen Labor der Universität Mainz für wertvolle Unterstützung bedanken.

8. Literaturverzeichnis

AMBERGER, A. (1988): Pflanzenernährung. – Stuttgart.

Arbeitsgruppe Bodenkunde (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 3. Aufl., Hannover.

BALÁTOVÁ-TULÁCKOVÁ, Emilia (1965): Die Sumpf- und Wiesenpflanzengesellschaften der Mineralböden südlich des Zabreh bei Hlucin. – Vegetatio, **13**: 1-51, Den Haag.

BALÁTOVÁ-TULÁCKOVÁ, Emilia (1993): Beitrag zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der auf Feuchtwiesen wachsenden Arten. – Phytocoenologia, **23**: 227-256, Berlin & Stuttgart.

BERNERT, U. (1985): Zur Vegetation des mittleren Hunsrück. – Mainzer naturwiss. Arch., **23**: 21-48, Mainz.

BOEKER, P. (1953): Bodenphysikalische und bodenchemische Werte einiger Pflanzengesellschaften. – Mitt. florist. -soziol. Arbeitsgemeinsch. N.F., **4**: 235-246, Stolzenau.

BOEKER, P. (1957): Basenversorgung und Humusgehalte von Böden der Pflanzengesellschaften des Grünlandes. – Decheniana, Beiheft **4**:1-110, Bonn.

DÖRHÖFER, P. & DÖRHÖFER, M. (1994): Landschaftsplan Rhein-Nahe im Auftrag der Verbandsgemeinde Bingerbrück. – Unveröff.

EGGLER, J. (1949): Pflanzenwelt und Bodensäure. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **77/78**: 21-51, Graz.

EGLOFF, B. (1986): Auswirkungen und Beseitigung von Düngungseinflüssen auf Streuwiesen. Eutrophierungssimulation und Regenerationsexperimente im nördlichen Schweizer Mittelland. – Veröff. geobot. Inst. ETH Rübel, **89**, Zürich.

ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – 2. Aufl., Scripta Geobotanica, **18**, Göttingen.

ESKUSCHE, E. (1955): Vergleichende Standortuntersuchungen an Wiesen im Donauried bei Herbertingen. – Jh.Ver. vaterländische Naturkunde in Württemberg, **109** (2).

HANLE, A. (1990) (Hrsg.): Hunsrück. – Meyers Naturführer, 117 S., Mannheim

HARTGE, H. & HORN, R. (1989): Die physikalische Untersuchung von Böden. – 2. Aufl., Stuttgart.

KAPFER, A. & PFADENHAUER, J. (1986): Vegetationskundliche Untersuchungen zur Pflege von Pfeifengras-Streuwiesen. – Natur und Landschaft, **61**: 428-432, Stuttgart.

KLAPP, E. (1965): Grünlandvegetation und Standort. – Berlin & Hamburg.

KLAPP, E. (1971): Wiesen und Weiden. – Berlin & Hamburg.

KOCH, W. (1926): Die Vegetationseinheiten der Linthebene unter Berücksichtigung der Verhältnisse in der Nordostschweiz. – Jb. St. Gallische naturwiss. Ges., **61** (2), St. Gallen

KÖHLER, W., SCHACHTEL, G. & VOLESKE, P. (1996): Biostatistik. – 2. Aufl., Berlin, Heidelberg & New York

KORNECK, D. (1962): Die Pfeifengraswiesen und ihre wichtigsten Kontaktgesellschaften in der nördlichen Oberrheinebene und im Schweinfurter Trockengebiet. – I. Das Molinietum medioeuropaeum. – Beitr. naturk. Forsch. SW-Deutschl., **21** (1): 55-77, Karlsruhe

KORNECK, D. (1963): Die Pfeifengraswiesen und ihre wichtigsten Kontaktgesellschaften in der nördlichen Oberrheinebene und im Schweinfurter Trockengebiet. – III. Die wichtigsten Kontaktgesellschaften. – Beitr. naturk. Forsch. SW.-Deutschl., **22** (1): 3-18, Karlsruhe

LANDOLT, E. (1977): Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. – Veröff. geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, **64**, Zürich

LICHT, Ulrike (1993): Vegetationskundliche Studien an gefährdeten Grünlandgesellschaften des östlichen Hunsrück. – Diss. Univ. Mainz, 198 S. + Anhang

LIEPELT, S. & SUCK, R. (1989): Die Stromtalwiesen und ihre charakteristischen Arten in Rheinland-Pfalz – ein Schutz- und Pflegekonzept. – Beitr. Landespflege Rheinland-Pfalz, **12**: 77-176, Oppenheim

LÜHRS, H. (1994): Die Vegetation als Indiz der Wirtschaftsgeschichte. – In: AG Freiraum und Vegetation (Hrsg.): Notizbuch der Kasseler Schule, **32**, Kassel

MÜCKSCHEL, C. & LICHT, W. (1996): Vegetationsökologische Untersuchungen in aufgelassenen Basaltsteinbrüchen im Niederwesterwald. – Mitt. POLLICHIA, **83**: 127-176, Bad Dürkheim

MUNSEL SOIL COLOR CHARTS (1992): Macbeth, Division of Kollmorgon Instruments Corp. Munsel Color, Newburgh & New York.

NOVAK, B. (1992): Beiträge zur Kenntnis der Vegetation des Gladenbacher Berglandes. II. Die Wiesengesellschaften der Klasse Molinio-Arrhenatheretea. – Botanik und Naturschutz in Hessen, **6**: 5-71, Frankfurt a. M.

OBERDORFER, E. (Hrsg.) (1983): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil III. – 2. Aufl., Stuttgart & New York.

OBERDORFER, E. (1990): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. – 6. Aufl., Stuttgart.

PHILIPPI, G. (1960): Gliederung der Pfeifengraswiesen im südlichen und mittleren Oberrheingebiet. – Beitr. naturk. Forsch. SW-Deutschl., **19** (2): 138-187, Karlsruhe.

PHILIPPI, G. (1962): Die Pfeifengraswiesen und ihre wichtigsten Kontaktgesellschaften in der nördlichen Oberrheinebene und im Schweinfurter Trockengebiet. – Beitr. naturk. Forsch. SW.-Deutschl., **21** (2): 165-190, Karlsruhe.

SCHACHTSCHABEL, P. (1953): Die Umsetzung der organischen Substanz des Bodens in Abhängigkeit von der Bodenreaktion und der Kalkform. – Z. Pflanzenernährung Düngung Bodenkunde, **61**, Weinheim/Bergstr. & Berlin.

SCHALLER, K. (1988): Praktikum der Bodenkunde und Pflanzenernährung. – Geisenheimer Berichte, **2**, Geisenheim.

SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (1992): Lehrbuch der Bodenkunde. – 13. Aufl., Stuttgart.

SCHLICHTING, E., BLUME, H. P. & STAHR, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum. – Berlin & Wien.

SCHREIBER, B. (1988): Der Artenrückgang der Spermatophyten und Pteridophyten im Nahe-Hunsrück-Gebiet – Eine pflanzensoziologisch-ökologische Ursachenanalyse. – Heimatkundl. Schr. R. Landkreis Bad Kreuznach, **25/1** und **/2**, Bad Kreuznach

SCHREIBER, K.-F. (Hrsg.) (1985): Sukzession auf Grünlandbrachen. – Vorträge Symposium AG „Sukzessionsforschung auf Dauerflächen" der IVV in Stuttgart-Hohenheim 1984. – Münstersche geogr. Arb., **20**: 81-99, Paderborn.

SCHROEDER, D. (1978): Bodenkunde in Stichworten. – 3. Aufl., Kiel.

SMOLLICH, M. & BERNERT, U. (1986): Beiträge zur Vegetation des östlichen Hunsrück. – Mainzer naturwiss. Arch., **24**: 277-312, Mainz

SPEIDEL (1956): Die Borstgras-Pfeifengraswiesen auf dem Vogelsberg. – Veröff. Landesstelle f. Natursch. u. Landsch.pflege Baden-Württemberg, **24**: 508-522

STEUBING, L. & FANGMEIER, A. (1992): Pflanzenökologisches Praktikum. – Stuttgart.

STEUP, C. (1995): Vergleichende Untersuchungen von Bodenwasser und Bodenproben gefährdeter Grünlandgesellschaften im östlichen Hunsrück. – Diplomarbeit Institut für Spez. Botanik, Univ. Mainz, 120 S. und Anhang (unveröff.).

STÖCKLIN, J. & GISI, U. (1989): Veränderungen der Versorgung der Vegetation mit Stickstoff, Phosphor und Kalium nach Brachlegen von Magerwiesen. – Acta Oecologica, Oecol. Plant., **10**: 397-410, Montrouge.

WILLMANNS, O. (1993): Ökologische Pflanzensoziologie. – 5. Aufl, Heidelberg & Wiesbaden.

ZACHARIAS, D., JANSSEN, Ch. & BRANDES, D. (1988): Basenreiche Pfeifengras-Streuwiesen des Molinietum caeruleae W. KOCH 1926, ihre Brachestadien und ihre wichtigsten Kontaktgesellschaften in Südost-Niedersachsen. – Tuexenia, **8**: 55-78, Göttingen.

(bei der Schriftleitung eingegangen am 10. 12. 1998)

Anschriften der Verfasser:
Dipl. Biol. Monika Popken, Rüsselsheimer Allee 46, 55130 Mainz
Dr. Wolfgang Licht, Institut für Spezielle Botanik, Universität, 55099 Mainz

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: 85

Autor(en)/Author(s): Licht Wolfgang, Popken Monika

Artikel/Article: Bodenökologische Untersuchungen an wechselfeuchten Wiesen des östlichen Hunsrücks 105-152