

TELMA	Band 21	Seite 175 – 194	11 Abb., 2 Tab.	Hannover, November 1991
-------	---------	-----------------	-----------------	-------------------------

Wasser- und Nährstoffhaushalt von Kleinmooren des westlichen Bodenseegebietes – Modell einer Übergangsmoorbildung*)

Water regime and soil nutrients in small mires of the western surroundings
of the Lake of Constance – a model for transition bog development

RAIMUND WARNKE-GRÜTTNER**)

ZUSAMMENFASSUNG

Caricetum elatae und Caricetum lasiocarpae sind die wichtigsten Pflanzengesellschaften in Kleinmooren des Untersuchungsgebietes. Inwieweit der pflanzensoziologischen Gliederung dieser Gesellschaften eine Standortgliederung nach Wasserhaushalt und Basengehalt des Bodens gegenübersteht, wird gezeigt. Für *Carex elata* und *Carex lasiocarpa*, die beiden charakteristischen und dominierenden Arten der Gesellschaften, konnte ein enger Zusammenhang zwischen Vitalität (Wüchsigkeit, Wuchsform, Fertilität) und dem Wasserhaushalt nachgewiesen werden. Dabei fällt vor allem die enge Korrelation von *Carex elata* mit dem maximalen und dem mittleren (Grund-)Wasserstand auf. Flächen mit degradierte Moorvegetation zeigten auch deutliche Veränderungen der ökologischen Standortbedingungen: Besonders niedrige Wasserstände und hohe pflanzenverfügbare Nährstoffkonzentrationen im Boden – verglichen mit den "Normalflächen". Ausgehend von den vorliegenden Daten wird die Entstehung der untersuchten Kleinmoortypen in Grundzügen diskutiert.

SUMMARY

It is shown to what extent the phytosociologic classification of the most important plant communities of small mires in the investigation area (*Caricetum elatae* and *Caricetum lasiocarpae*) corresponds to an ecologic site characterization in water regime and plant available soil bases (Ca, Mg) as important factors.

*) Vortrag, gehalten auf der Arbeitstagung der Sektionen I und V der DGMT vom 26.-29.9.1990 in Meijel, Niederlande

**) Anschrift des Verfassers: Dr. R. WARNKE-GRÜTTNER, Berliner Str. 88, 7819 Denzlingen

For *Carex elata* and *Carex lasiocarpa*, both the characteristic and dominating species of the communities, a strong correlation between vitality (ranking, shape of life form, fertility) and the water regime is demonstrated. Especially striking in this context is the linear relation between tussock height of *Carex elata* and the maximum of the average (ground) water level.

Sites with degraded mire vegetation differed in low water levels and high soil nutrient availability from "normal" stands.

Based upon the registered data the development of the investigated small mires is discussed.

1. EINFÜHRUNG

Im westlichen Bodenseegebiet, dem westlichsten Ausläufer des Alpenvorlandes in Deutschland, findet man eine große Anzahl von Mooren. Die reich gegliederte Jungmoränenlandschaft des Untersuchungsgebietes mit ihren zahlreichen, nur träge entwässernden Talzügen (z.B. zwischen Drumlins) und abflußlosen eiszeitlich entstandenen Senken (z.B. Toteislöcher) bot für die Moorbildung ideale morphologische Voraussetzungen. Die meisten Moore im Gebiet sind Kalknieder- und Kalkquellmoore, in denen sich der Einfluß des kalkreichen Mineralbodenwassers der Moränen deutlich bemerkbar macht. Bei einer Reihe von Mooren dominiert aber im Zentrum eine *Scheuchzerietalia*-Gesellschaft, und entsprechend ist dort der Basengehalt und damit sicherlich der Einfluß des Mineralbodenwassers deutlich verringert. Diese Moore werden hier als Übergangsmoore bezeichnet. Echte Hochmoore - ombrotrophente, deutlich aufgewölbte Moore - fehlen, zu ihrer Bildung ist es im westlichen Bodenseegebiet zu warm (am See beträgt die Jahresmitteltemperatur ca. +8,9°C) und zu niederschlagsarm (ca. 750 - 900 mm jährliche Niederschlagssumme).

Im verhältnismäßig dicht besiedelten Untersuchungsraum wurden viele Moore durch Entwässerung und Torfabbau degradiert. Der Zustand zu Anfang dieses Jahrhunderts wird von STARK (1923, 1925, 1928) dokumentiert, die weitere Entwicklung - eine Geschichte der Zerstörung - kann bei LANG (1973) und bei GRÜTTNER (1990) nachgelesen werden. Kleinmoore in abflußlosen Senken blieben im Gebiet jedoch in relativ ansehnlicher Zahl in weitgehend ursprünglichem Zustand erhalten. (Einige könnten aber durch Auffüllung verschwunden sein). Dies dürfte damit zusammenhängen, daß bei diesem Moortyp einem verhältnismäßig großen Entwässerungsaufwand ein relativ kleiner Flächen- oder Torfgewinn gegenüberstand.

Diese Kleinmoore stellen einen besonders einfachen Moortyp dar. Meist beherrscht eine Pflanzengesellschaft eindeutig die gesamte Moorfläche - im Gebiet handelt es sich dabei vor allem um das *Caricetum elatae* (Steifseggenried) mit seinen mehr oder weniger hohen Bulten (Seggenhorsten) oder um das rasige, fein-



Abb. 1

Waldmoor Dohlen 1 mit bultigem *Caricetum elatae* im Zentrum

The small mire "Waldmoor Dohlen 1" with tussock forming *Caricetum elatae* in the centre



Abb. 2

Moor Heiligenfeld mit *Caricetum lasiocarpae* im Zentrum

The transition bog "Heiligenfeld" with *Caricetum lasiocarpae* in the centre

halmige, oft sphagnenreiche *Caricetum lasiocarpae* (Fadenseggenried). Ein anschauliches Beispiel für den eutrophen, zu kleinen Tümpeln vermittelnden Typ zeigt Abbildung 1 aus dem Waldmoor Dohlen 1. Das Zentrum eines Moores mit *Caricetum lasiocarpae* ist auf der Abbildung 2 aus dem Moor im Heiligenfeld zu erkennen.

Am Rand dieser Moore findet man schmale Streifen oder kleinere Flecken anderer Gesellschaften, so z.B. das *Caricetum vesicariae*, oft einem Streifen des Grauweidengebüsches (*Salicetum cinereae*) vorgelagert oder dieses ersetzend. Für ökologische Messungen bieten derartige einfach aufgebaute "Modellsysteme" besonders geeignete Untersuchungsflächen. Auf diesen Kleinmooren lag daher ein Schwerpunkt bei einer mehrjährigen Untersuchung des Autors (WARNKE-GRÜTTNER 1990). Über einige Ergebnisse der standortkundlichen Messungen soll an dieser Stelle berichtet werden; darüber hinaus erfolgt eine weitergehende Deutung der Ergebnisse in moorgenetischer Hinsicht.

Die Lage der Moore, der Probestellen und weitere wichtige Daten gehen aus Tabelle 1 und Abbildung 3 hervor.

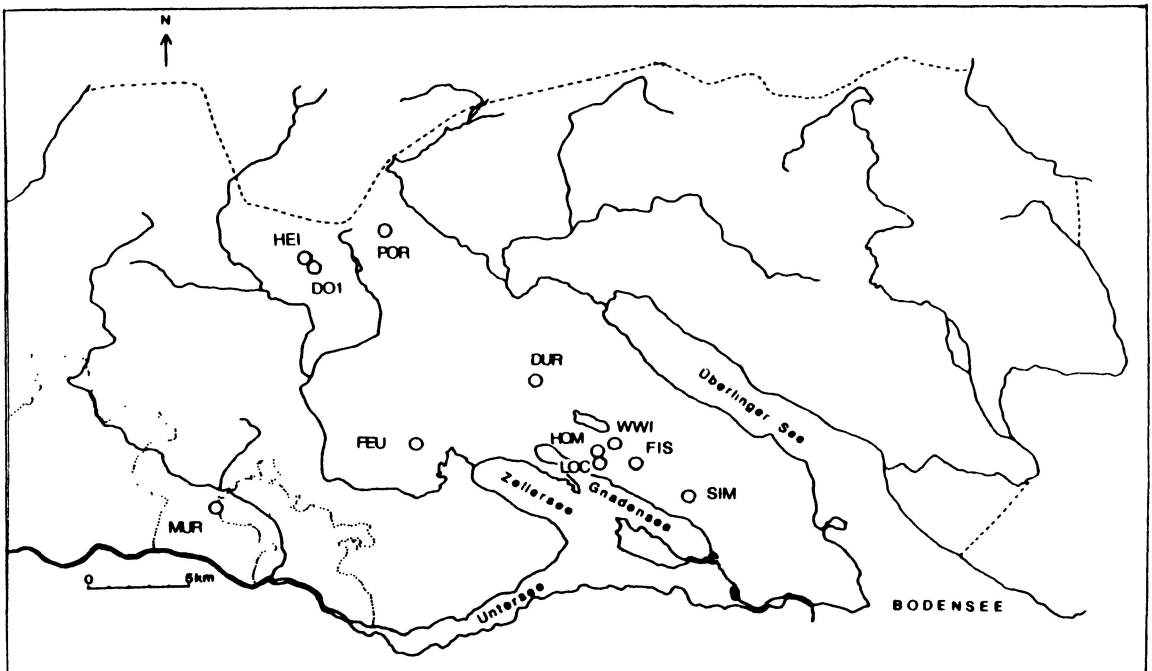


Abb. 3

Lage der untersuchten Kleinmoore im westlichen Bodenseegebiet
 Map of the investigated small mires in the western surroundings of the
 Lake of Constance (SW-Germany)

Tab. 1: Lage der genauer untersuchten Moore
The investigated small mires

Name des Moores	Lage der		Lage des Moores:		Durch- Torftiefe- messer: (incl. Mudde)
	Nummern der Probeflächen:	Probeflächen.	Top.-Karte L.../ Minutenfeld	Typ d. Moores: (dominierende Pflanzenges.)	
Waldsumpf am Wildpark	A1	SO v. Zentrum	8220 / D3	Caricetum elatae	70m/0,55m
Hombergmoos	B1, B2	SO-Rand, Zentrum	8220 / D2	Caricetum lasiocarpae	100m/1,75m
Moor in der Lochwiese	C1	O. v. Zentrum	8220 / D2	Caricetum elatae	40m/0,65m
Durichenbergried	D2, D3, D1	SO v. Zentr.; O-Zipfel	8219 / B9	Caricetum elatae/lasiocarpae	200m/10,0m (R 1986)
Kleinmoor am Portugieserhof	E1	Zentrum	8119 / E1	Caricetum elatae	30m/0,90m
Waldmoor Dohlen 1	F1	S-Rand	8119 / E1	Caricetum elatae	150m/0,95m
Heiligenfeld	G1, G2, G3	Zentrum bis N-Rand	8118 / D10	Caricetum lasiocarpae	200m/8,50m (G 1976)
Murbacher Moor	H1	NW-Eck	8218 / F7	Caricetum elatae	300m/8,60m (G 1975)
Feuenried	J1	NW v. Zentrum	8219 / D5	Caricetum lasio./Störiges.	150m/7,00m (R 1986)
Simmelried	K1	S v. Zentrum	8220 / E6	Caricetum lasio./Cladietum	150m/9,50m (G 1972)
Fischerweihermoor Südteil	L1	O-Rand off. Fläche	8220 / D4	Caricetum lasio./Phragm.-Ges.	200m/9,00m (G.1972)

R.: Roesch G., Göttlich (u. Klötzli/Werner)

2. METHODISCHE HINWEISE

2.1 Wasserhaushalt

Die Messungen zum Wasserhaushalt erfolgten mit Pegelrohren aus PVC (\emptyset 6 cm, Länge 1,2 bzw. 2,0 m), auf die ein im Handel erhältliches Öltankpegelmeßgerät aufgeschraubt war. Mit Hilfe von zwei zusätzlich angebrachten Schleppzeigern konnten neben dem aktuellen Wert auch das Maximum und das Minimum des Grundwasserspiegels der jeweiligen Meßperiode festgehalten werden.

2.2 Nährstoffhaushalt

Bodenwasserproben wurden aus fest installierten Wassersammelröhren gewonnen. Dabei handelte es sich um 50 cm lange PVC-Rohre, die bis zum Oberrand im Torf versenkt wurden. Die oberen 40 cm waren mit Bohrungen versehen, so daß Mischproben aus 0 bis 40 cm Tiefe gewonnen wurden. Der unterste, nicht direkt mit dem umgebenden Bodenwasser in Kontakt stehende Teil diente zum Auffangen von zusätzlichem Probenvolumen.

Bodenproben wurden als Mischproben aus 0 bis 15 cm Tiefe entnommen. Die Ermittlung der pflanzenverfügbaren Nährstoffgehalte erfolgte mit der frischen Probe.

Zur Bestimmung des Nitrat- und Ammoniumgehaltes wurden die Proben mit 1% $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ geschüttelt, zur Phosphatbestimmung mit 0,3% Ca-Laktatlösung und zur Messung von Calcium, Kalium und Magnesium mit 1N NH_4Cl . Detaillierte Angaben zur Analyse- bzw. Auswertungsmethodik finden sich bei WARNKE-GRÜTTNER (1990).

3. PFLANZENGESELLSCHAFTEN

Für die ökologischen Messungen wurden die Untersuchungsflächen pflanzensoziologisch aufgenommen und klassifiziert. Die Gliederung der beiden Assoziationen des Caricetum elatae (Steifseggenried) und des Caricetum lasiocarpae (Fadenseggenried) erfolgte in Anlehnung an GRÜTTNER (1990), die eine umfassende Bearbeitung der Vegetation der Moore des westlichen Bodenseegebietes vorgelegt hat.

Die unterschiedenen pflanzensoziologischen Einheiten (s.auch Tab. 2

Tab. 2: Pflanzensoziologische Gliederung von Caricetum elatae lasiocarpae.
Phytosociologic classification of Caricetum elatae and Caricetum lasiocarpae

	6	4	8	3	4	5	5	1
Anzahl der Aufnahmen:	83	70	81	57	39	68	52	60
mittlere Gesamtdeckung in %	1.2	1.1	0.8	0.7	0.9	0.6	0.9	0.7
mittlere Veg.-Hohe in m (incl Cx-Bulte)	17	3	3	93	7	29	70	60
mittlere Moosdeckung in %	6	8	10	12	9	12	6	11
mittl. Artenzahl (Phanerogamen)	48	32	29	0	17	4	11	0
mittl. Horsthohe von Carex elata in cm	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	c
Vegetationseinheit s.u.:								
A: Caricetum elatae (a)	V	V	V	3	IV	V	V	1
Carex elata								
A+D: Caricetum lasiocarpae (b+c), D: a2		V	I	1	V	V	V	1
Carex lasiocarpa			I	1	II		III	1
Comarum palustre								
D: a3								
Mentha aquatica			IV			II		
Lycopus europaeus	II	II	II					
Angelica sylvestris			II			II		
Filipendula ulmaria			II					
D: a4, b2, c								
Molinia coerulea				2		V		1
Potentilla erecta				1		II		1
Cirsium palustre				1		II		
Agrostis canina				2				
Eriophorum angustifolium				1		I		
D: b2								
Carex panicea			I	1		IV		
Parnassia palustris				1		II		
Valeriana dioica				1		II		
Carex lepidocarpa						II		
D: a4, b3, c								
Sphagnum subs. rec., pal. cent				3			IV	1
Menyanthes trifoliata			I	2			II	
Polytrichum strictum				1			II	
Drosera rotundifolia				1				
Sphagnum magellanicum							I	
D: c								
Pinus sylvestris (juv.; fettgedr. Baum)				2		I	I	1
Störzeiger, z.T. faziesbildend								
Calamagrostis epigeios	I		III				I	1
Convolvulus sepium	III					II		
Polygonum amphibium		III	I					
Symphytum officinale		II	I					
Taraxacum officinale					II			
Cirsium arvense			I		II			
Phragmitetalia-Arten.								
Galium palustre	II	V	V	1	IV	I	I	
Scutellaria galericulata	I	III	II		IV	I	II	
Equisetum fluviatile	I	II	II	1		I	III	
Iris pseudacorus	I	II	IV		III			
Peucedanum palustre		II	I		II	V		
Carex rostrata	I		I					
Carex vesicaria	I		II					
Phragmites communis		II			II			1
Carex appropinquata							I	1
Gehölze:								
Salix cinerea	I		II				I	
Picea abies				2		I		
Rhamnus frangula				1		I	I	
Salix repens					II			1
Fraxinus excelsior Keimling	I							
Fagus sylvatica				1				
Betula pubescens				1				
Quercus robur				1				
Alnus incana						I		
Begleiter:								
Lysimachia vulgaris	V	V	III	2	V	IV	II	1
Lythrum salicaria	V	III	IV	1	V	III	I	
Equisetum palustre	I		II		II			
Utricularia vulgaris					II		III	
Epiobium palustre			I	1		I		
Epiobium parviflorum			I		II			
u a m								

Vegetationseinheiten (plant communities)
a Caricetum elatae
a1-a3 typicum
a1+a2. typische Var
a1 typische Form
a2 Form mit Carex lasiocarpa
a3 Mentha aquatica-Var
a4 molinetosum
b+c Caricetum lasiocarpae
b1 typicum
b2 caricetosum paniceae
b3 sphagnetosum
c sphagnetosum, Pinus sylvestris-Stadium

- Caricetum elatae typicum:

- Typische Variante, typische Form: Schlechthin das Steifseggenried, hochbultig, mit sehr wüchsiger *Carex elata*, andere Arten meist nur mit geringer Deckung und Stetigkeit,
- typische Variante, *Carex lasiocarpa*-Form: Hier ist die Steifsegge meist schon deutlich weniger wüchsig, die Bul- te sind niedriger und *Carex lasiocarpa* ist mit hoher Stetig- keit vorhanden.

Phragmitetalia-Arten erreichen eine deutlich höhere Stetig- keit und Deckung als in der vorigen Gesellschaft. Diese Aus- bildung des Steifseggenrieds leitet pflanzensoziologisch (und ökologisch) zum Caricetum lasiocarpae (Fadenseggen- ried) über.

- *Mentha aquatica*-Variante: Auch hier ist *Carex elata* schwächer wüchsig. *Carex lasiocarpa* fehlt jedoch, statt dessen treten Arten wie *Mentha aquatica* und *Lycopus euro- paeus* häufiger auf. Diese Variante kennzeichnet wohl po- tentielle Bruchwaldstandorte.

- Caricetum elatae molinietosum:

Diese Subassoziation findet sich im Untersuchungsgebiet re- lativ selten. Vom Aspekt her weichen diese Bestände am deut- lichsten vom typischen, hochbultigen Steifseggenried ab: *Carex elata* bildet kaum erhabene Bul- te, das Arteninventar ähnelt insgesamt sehr dem des Caricetum lasiocarpae. Aller- dings fehlt hier die Fadensegge. Bei den dargestellten Untersuchungen wurde diese Subassoziation nicht erfaßt.

- Caricetum lasiocarpae typicum:

Die Bestände dieser Subassoziation schließen sowohl stand- örtlich als auch vom Arteninventar her an das Caricetum ela- tae typicum, typische Variante, *Carex lasiocarpa*-Form an. Allerdings dominiert hier anstelle der Steifsegge die Fa- densegge.

- Caricetum lasiocarpae caricetosum paniceae:

Der Standort dieser Gesellschaft wird durch einen deut- lichen Kalkwassereinfluß geprägt. Darauf weisen Arten wie *Carex lepidocarpa* und *Carex panicea* hin und selten auch *Schoenus ferrugineus*. Oft läßt sich eine gewisse Quellig- keit vermuten.

- Caricetum lasiocarpae sphagnetosum:

Das Auftreten von Sphagnen (*S. subsecundum*, *recurvum*, *pa- lustre*, *magellanicum*), aber auch von Arten wie *Polytrichum strictum* und *Drosera rotundifolia*, grenzt diese Subassozi- ation von den anderen des Fadenseggenrieds ab. Hier zeigt sich eine stärkere Übergangsmoortendenz. Das *Pinus syl- vestris*-Stadium dieser Gesellschaft stellt eine locker mit Kiefern bestandene Form dar.

Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchungen wurden auch drei Flächen mit stark degradiertem Moorvegetation (es waren mooruntypische Arten wie *Calamagrostis epigeios* oder *Urtica dioica* in die Gesellschaften eingedrungen) erfaßt. Eine dieser Flächen liegt im Feuenried bei Überlingen. Ein Großteil dieses

Moore wurde in den 60er Jahren von einer Kiesgrube aus mit einer Lehmschicht überspült. Die beiden anderen Flächen befinden sich im Durchenbergried, einem relativ großen Toteislochmoor, das im Kontaktbereich zwischen der Grundmoräne und den grundwasserleitenden Ablagerungen eines eiszeitlichen Schmelzwasserstromes liegt. Eine nahe Wasserentnahmestelle in letzterem hat vermutlich den Wasserhaushalt des Moores verändert.

4. WASSERHAUSHALT

4.1 Allgemeine Einordnung der Gesellschaften

Von grundlegender Bedeutung für Moorpflanzen wie Moorpflanzengesellschaften ist der Wasserhaushalt des Standorts. Die beobachtete deutliche Differenzierung von *Caricetum elatae* und *Caricetum lasiocarpae* hinsichtlich der erfaßten Parameter des Wasserhaushalts (maximaler, minimaler und mittlerer Wasserstand, Amplitude des Wassergangs) war daher nicht überraschend. Höhere mittlere Wasserstände, aber vor allem eine deutlich höhere Amplitude zeichnen die Standorte des *Caricetum elatae* aus. Dabei wies das *Caricetum elatae* typicum typ. Var. typ. Form (s. Abb. 4) sowohl die höchsten Wasserstände (Mittelwerte und Maximum) als auch die größten Amplituden auf.

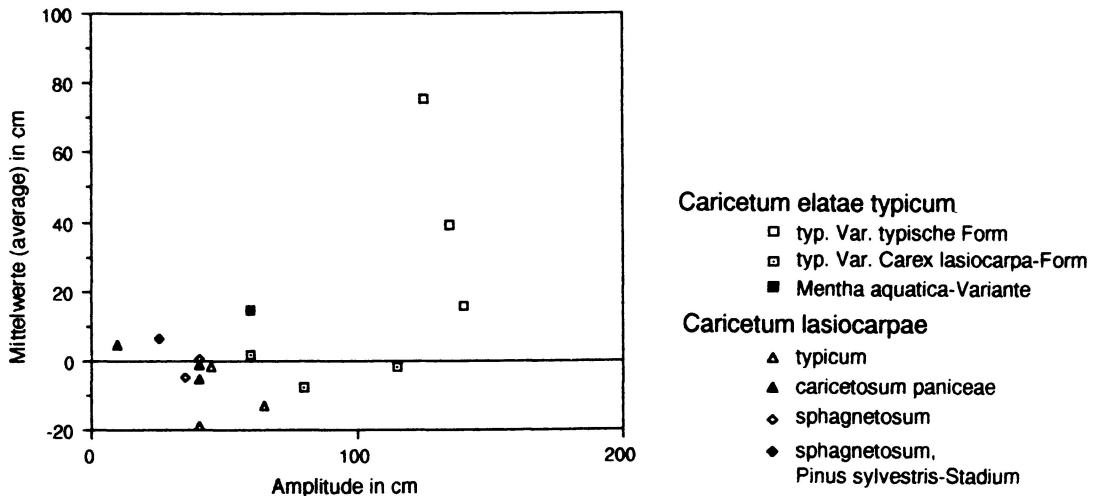


Abb. 4

Wasserstandsamplitude und -mittelwerte im *Caricetum elatae* und *Cct.lasiocarpae*
 Water level amplitude und average at sites of *Caricetum elatae* and *Caricetum lasiocarpae*

Wir haben es hier also mit einem extrem wechsellassen Standort zu tun: Lang anhaltende Überflutungen mit einer Höhe bis (über) 85 cm wechseln mit meist kurzfristigen Zeiten niedrigen Grundwasserstands (bis zu 80 cm unter Gelände) in trockenen Jahren. Ähnliche Werte gibt auch KLÖTZLI (1969) für ein hochbultiges Caricetum elatae an (bei etwas abweichenden Vegetationseinheiten).

Die *Carex lasiocarpa*-Form des Caricetum elatae typicum in der typ. Variante weist einen dem Caricetum lasiocarpae schon recht ähnlichen Wasserhaushalt auf (mittlerer Wasserstand -2 bis +2cm - hierbei nur ungestörte Flächen berücksichtigt - Amplitude 60 bis 115 cm). Möglicherweise nähertsich in durchschnittlichen Jahren die Wasserpegelkurve derjenigen des Caricetum lasiocarpae an und weist ähnlich geringe Schwankungen auf, während in Jahren mit längeren sehr nassen oder trockenen Perioden größere Amplituden auftreten - wie sie ähnlich für das Caricetum elatae typicum in der typ. Form bezeichnend sind. Ein solches Verhalten war besonders an Probestelle F1 (Dohlen 1) zu beobachten.

Recht ähnlich sind auch mittlerer und maximaler Wasserstand und Amplitude des Caricetum elatae typicum in der *Mentha aquatica*-Variante. Hier fiel jedoch der im Gegensatz zu oben sehr geringere Unterschied zwischen den von der Witterung her so verschiedenen Jahren auf. Vielleicht ist diese Subassoziation also durch einen regelmäßigeren Wasserstandsgang gekennzeichnet. Von den geringeren Amplituden abgesehen, ähneln die Wasserverhältnisse also denen des Caricetum elatae typicum typ. Var. in der typ. Form. Diese Vermutungen beruhen aber nur auf den Charakteristika der einzigen Probestelle dieser Variante (H1, Murbacher Moor). Der mittlere Wasserstand lag hier bei +15 cm, die Amplitude bei 60 cm. Diese Werte kommen dem sehr nahe, was KUHN (1954) für ein Caricetum elatae vom Federsee angibt. Und tatsächlich wären die dortigen Bestände am ehesten dem Caricetum elatae typicum in der *Mentha*-Variante anzugliedern.

Allen Ausbildungen des Caricetum lasiocarpae ist ein nur wenig um die Oberfläche schwankender Wasserstand gemein. Probestellen mit Caricetum elatae, die z.T. ja einen ähnlichen Mittelwert des Wasserstandes aufwiesen, zeigten jedoch in der Regel deutlich größere Amplituden des Wasserganges.

Bei den Untereinheiten des Caricetum lasiocarpae sind kaum Standortsdifferenzierungen hinsichtlich des Wasserhaushaltes zu erkennen. Lediglich das Caricetum lasiocarpae typicum scheint - zum Caricetum elatae vermittelnd - auf Standorten mit etwas größerer Wassergangsamplitude vorzukommen. (Die auffallend niedrigen Mittelwerte einer Probestelle dieser Gesellschaft waren auf Wasserstandsabsenkungen - es handelt sich um eine der Flächen mit degradiertem Moorvegetation - zurückzuführen).

4.2 Der Zusammenhang zwischen den Wasserspiegelhöhen des Standortes und der Wüchsigkeit bzw. Wuchsform von *Carex elata* und *Carex lasiocarpa*

Die zuvor für Caricetum elatae und lasiocarpae aufgezeigten Standortunterschiede im Wasserhaushalt legen die Vermutung nahe,

daß die beiden namengebenden und dominierenden Arten hinsichtlich des Wasserfaktors verschieden eingemischt sind. Dies zeigt sich deutlich bei einer Gegenüberstellung der auf den Probeflächen ermittelten Wüchsigkeit der beiden Arten und der jeweiligen Maxima des Wasserstandes (Abb. 5). *Carex lasiocarpa* kommt im Untersuchungsgebiet nur dort vor, wo sie nicht höher als maximal 20cm überflutet wird. Besonders wüchsig ist sie bei dauernassen Verhältnissen mit maximalem Wasserstand von etwa +10 cm. In einem einzigen Fall wurde *Carex lasiocarpa* auf einer Fläche mit höheren Wasserstandsmaximen angetroffen; hier wuchs sie allerdings auf den Bulthen von *Carex elata* (wurde also auch nicht überschwemmt).

Carex elata hingegen bevorzugt Wasserstandsverhältnisse mit stark schwankendem Flurabstand. Der maximale gemessene Wasserstand am Wuchsort von *Carex elata* lag bei ca. +80 cm. Gerade auf höher überschwemmten Flächen ist die Art besonders wüchsig: Sie weist hier die höchste Biomasse, große Blattlängen und viele Fruchtstände auf.

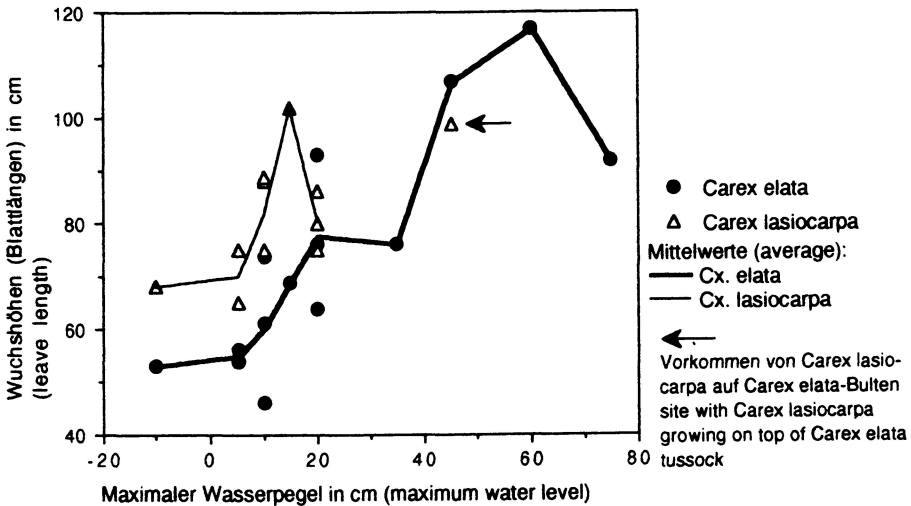


Abb. 5

Wüchsigkeit von *Carex elata* und *Carex lasiocarpa* bei verschiedenen maximalen Wasserständen

Leave length of *Carex elata* and *Carex lasiocarpa* at sites of different maximum water levels

Das Abknicken der Kurve bei Wasserstandsmaximen von über 60 cm beruht nur auf den Daten einer Probefläche, so daß hier keine sichere Aussage gemacht werden kann. Im Seegerten-Moor auf der Höri konnten jedoch im Rahmen von Stichprobenuntersuchungen am Standort sehr wüchsiger *Carex elata* Wasserflurabstände von deutlich über 60 cm gemessen werden. (Blattlänge bei einer Aufnahme im Zentrum im Mittel 138 cm!*) . KOCH (1925) gab für die Steifsegge einen Optimalbereich zwischen +30 cm und +60 cm für den

*) Aufgrund eines Übertragungsfehler ist für diese Fläche in WARNKE-GRÜTTNER (1990) ein zu niedriger Wert im Text angegeben (94 cm)

Maximalwasserstand an; nach dem hier Gesagten sollte die Obergrenze dieses Bereichs aber wohl etwas höher angesetzt werden.

Als besonders aufschlußreich erwies sich auch der Vergleich der Horsthöhe von *Carex elata* mit dem höchsten Wasserspiegel (s. Abb. 6). Dabei ergibt sich eine sehr hohe positive Korrelation ($r = 0,918$). Auf dem entsprechenden Diagramm erkennt man außerdem, daß die Meßpunkte ziemlich gleichmäßig um die Gerade streuen. Der Zusammenhang zwischen maximalem Wasserstand und Bulthöhe ist also recht eng und läßt sich gut durch die lineare Gleichung der Korrelationsgeraden beschreiben. Damit konnte die schon von KOCH (1925, z.T. dort zit. Autoren) geschilderte Beobachtung quantitativ nachgewiesen werden.

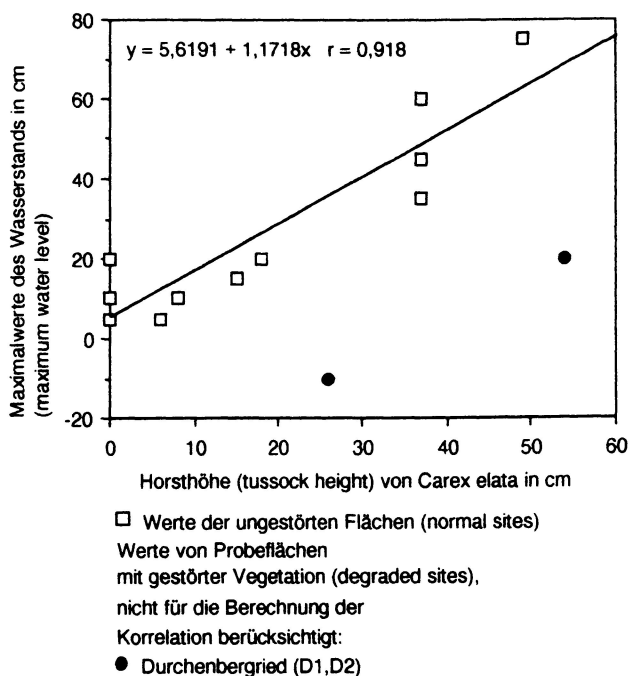


Abb. 6

Korrelation der Horsthöhe von *Carex elata* und der Maximalwerte des Wasserstands

Correlation between tussock height of *Carex elata* and the maximum water level

Die festgestellten höchsten Wasserstände lagen dabei in der Regel knapp über der mittleren Bulthöhe von *Carex elata*. Die gute Korrelation der beiden Parameter ermöglicht es, von der Bulthöhe auf den zu erwartenden Maximalwasserstand zurückzuschließen. Für die beiden Flächen mit degradiertem Moorvegetation im Durchenbergried (D1, D2: schwarze Punkte in Abb. 6) liegt der danach zu erwartende Maximalwasserstand deutlich über dem real gemessenen. Die Differenz beträgt 46 bzw. 49 cm. Selbst bei großzügiger Fehlereinschätzung muß daher eine Absenkung des Maximalwasserstandes um mindestens 30 cm angenommen werden. (Für die ebenfalls gestörte Fläche im Feuenried kann keine entsprechende Aussage gemacht werden, weil *Carex elata* dort nicht vorkam).

Der mittlere Wasserstand und die Wasserstandsamplitude sind ebenfalls deutlich mit der Bulthöhe korreliert, der Regressionskoeffizient liegt jedoch etwas niedriger ($r=0,737$, bzw. $r=0,860$). Bezüglich des mittleren Wasserstands wiesen die beiden Flächen im Durchenbergried ebenfalls deutlich zu niedrige Werte auf.

Diese Ausführungen zeigen, wie eng Wuchsform und Standortfaktoren aufeinander abgestimmt sein können. Wichtig ist aber, die erkannte Beziehung nicht unkritisch zu verallgemeinern. Schon eine grobe Betrachtung zeigt, daß z.B. bei der ebenfalls bultig wachsenden *Carex appropinquata* die Bulthöhe nicht auf diese Weise mit den Wasserspiegelschwankungen verknüpft sein kann. Hohe Bulte kann man bei dieser Segge z.B. auch auf brachliegenden Naßwiesen finden, die niemals entsprechend hoch überflutet werden bzw. wurden.

5. NÄHRSTOFF- UND BASENHAUSHALT

Neben dem Wasserhaushalt spielen bekanntermaßen die chemischen Inhaltsstoffe des Wassers und des Bodens als Standortsfaktor eine entscheidende Rolle für die Moorvegetation. Im Rahmen dieser Untersuchungen konnten Boden- und Bodenwasseranalysen nur in einer Serie bzw. in zwei Serien durchgeführt werden. Die relativen Unterschiede zwischen den einzelnen Probeflächen bleiben jedoch im Jahresverlauf trotz starker absoluter Schwankungen erhalten. Dies gilt zumindest für jene Elemente, die, wie in 3 Mooren längerfristig durchgeführte Maßreihen ergaben, zuverlässig mit Wasserproben aus Sammelröhren bestimmt werden können (Ca, Mg, pH, s. WARNKE-GRÜTTNER 1990). Im Basenhaushalt (s. Abb. 7) zeigten sich besonders deutliche Standortsdifferenzierungen für jene Gesellschaften, die hinsichtlich des Wasserfaktors nicht zu unterscheiden waren. Durch besonders hohe Basenwerte (pH, Ca, Mg) im Bodenwasser fallen hier die *Mentha aquatica*-Variante des Caricetum elatae typicum und das Caricetum lasiocarpae caricetosum paniceae auf. Der Standort der ersteren Gesellschaft läßt sich auf diese Weise gut von demjenigen des Caricetum elatae typicum, typische Variante in der *Carex lasiocarpa*-Form trennen; entsprechendes gilt auch für die zweite, deren Standort einen mit den beiden anderen Subassoziationen des Caricetum lasiocarpae fast identischen Wasserhaushalt aufweist.

Von den Flächen mit degradiertem Moorvegetation weist lediglich diejenige im Feuerried (verglichen mit den Flächen ähnlicher Vegetation ohne Störzeiger) deutlich abweichende Werte auf. Die hier aufgeschwemmte Lehmdecke enthält so hohe Basenkonzentrationen, daß der Standort von der Basenversorgung her heute dem des Caricetum lasiocarpae caricetosum paniceae gleicht. Die für diese Subassoziation charakteristischen Quellmoorarten fehlen jedoch (noch?) völlig.

Bei den Bodenproben ergaben die Analysen des Basengehalts tendenziell dieselben Ergebnisse wie bei der Untersuchung des Bodenwassers (s. Abb. 9, Mg).

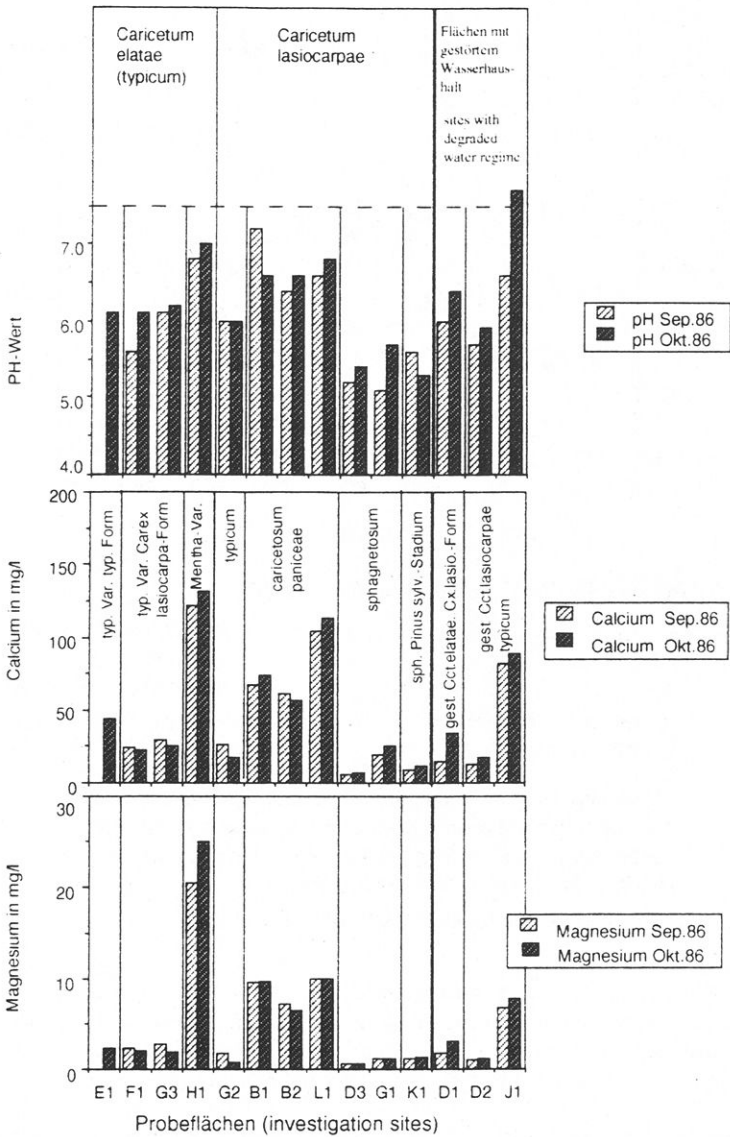
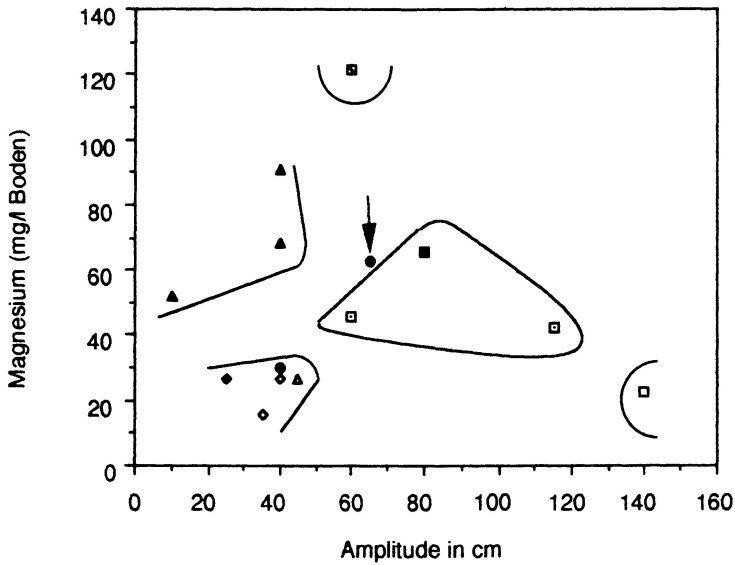


Abb. 7

pH-Wert, Calcium- und Magnesiumkonzentration im Bodenwasser der Probenflächen von *Caricetum elatae* und *Caricetum lasiocarpae*
 pH value, Calcium and Magnesium in the soil water of *Caricetum elatae* and *Caricetum lasiocarpae* stands

Wie schon oben anklung, lassen sich die Standorte der untersuchten Gesellschaften durch eine Kombination von Wasser- und Basenhaushaltsparametern voneinander unterscheiden. Die Abbildung 8 zeigt dies beispielhaft für den pflanzenverfügbaren Magnesiumgehalt des Torfes und die Wasserstandsamplitude. Andere Faktorenkombinationen ergeben ähnliche Differenzierungen.



Vegetationseinheiten (plant communities):

Caricetum elatae (typicum)		Caricetum lasiocarpae	
typische Var.		typicum:	▲
typ. Form:	□	caricetosum paniceae:	▲
Carex lasiocarpa-Form:	◻	sphagnetosum:	◊
Mentha aquatica-Var..	■	sph. Pinus sylvestris-Stadium:	●

Flächen beider Assoziationen mit gestörtem Wasserhaushalt:

(sites of both plant associations with degraded water regime) ■

gestörtes Caricetum elatae typ. typ. Var. Carex lasiocarpa-Form: ●

gestörtes Caricetum lasiocarpae typicum:

◄ : Fläche Feuenried (investigation site J1)

Abb. 8

Ökologische Differenzierung von Caricetum elatae und Caricetum lasiocarpae nach Wasserstandsamplitude und pflanzenverfügbarem Magnesium im Boden
Ecological characterization of Caricetum elatae and Caricetum lasiocarpae in water level amplitude and plantavailable soil Magnesium

Alle Probeflächen des Caricetum lasiocarpae typicum und sphagnetosum einschließlich des *Pinus sylvestris*-Stadium liegen im Bereich geringer Mg-Konzentrationen und kleiner Wasserstandsamplituden. Diese Vegetationseinheiten kennzeichnen also die basenärmsten der untersuchten Standorte mit typisch telmatischem Wasserhaushalt. Alle Punkte der Gruppe liegen zwar dicht beieinander, eine gewisse Tendenz zu größeren Wasserstandsamplituden ist aber bei den Flächen des Caricetum lasiocarpae typicum zu vermuten.

Die eine der beiden Probeflächen des Caricetum lasiocarpae typicum mit gestörtem Wasserhaushalt findet sich in Abbildung 8 dicht neben der entsprechenden "Normalfläche" - also liegt wahrscheinlich keine Veränderung der Werte vor. Die zweite derartige Fläche J1 (Feuenried, Pfeil in Abb. 8) weist aufgrund des aufgespülten Lehms eine sehr hohe Magnesiumkonzentration auf.

Der Standort des *Caricetum lasiocarpae caricetosum paniceae* ist deutlich durch hohe Magnesiumwerte von denen der anderen Subassoziationen abgesetzt. Dieser hohe Basenreichtum geht wohl auf den Einfluß von quellig aufsteigendem Mineralbodenwasser zurück. Gemeinsam ist allen Vegetationseinheiten des *Caricetum lasiocarpae* die geringe Wasserstandsamplitude.

Bei allen Ausbildungen des *Caricetum elatae* ist die Wasserstandsamplitude meist deutlich größer. Flächen mit *Caricetum elatae typicum typ. Var.* in der typ. Form weisen nochmals höhere Amplituden-Werte als die der *Carex lasiocarpa*-Form auf. Im Bereich sehr hoher Magnesium-Konzentrationen und mittlerer Amplituden liegt die Probefläche mit *Caricetum elatae typicum* in der *Mentha aquatica*-Variante.

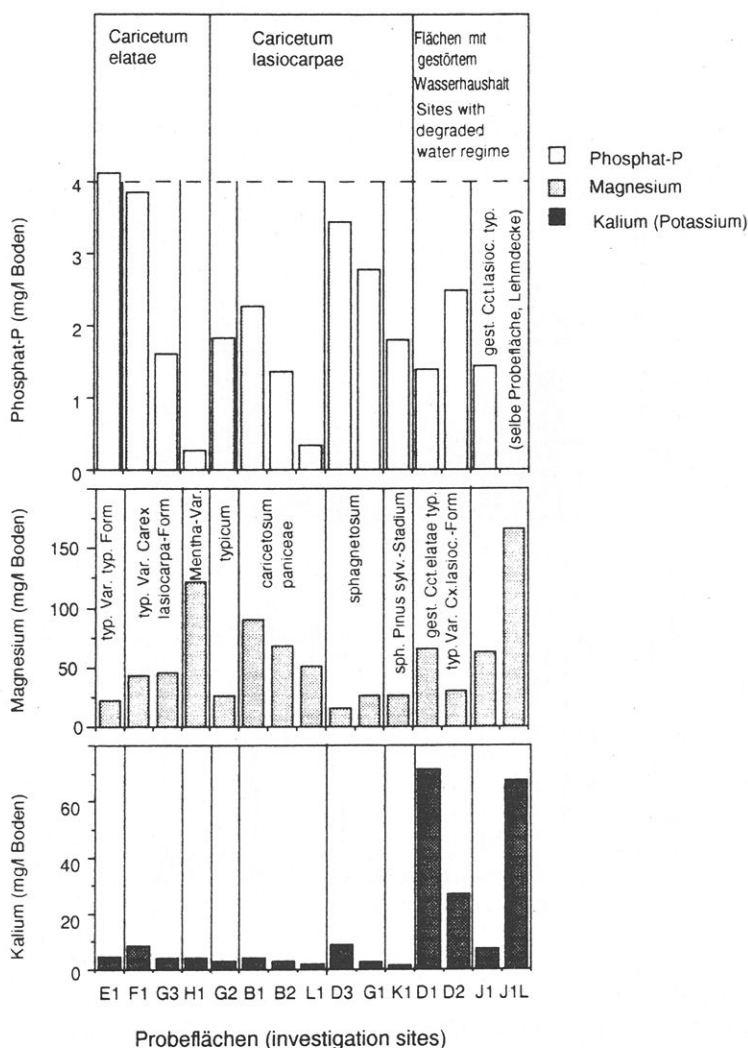


Abb. 9

Phosphor, Magnesium und Kalium (jeweils pflanzenverfügbar) im Boden von *Caricetum elatae*- und *Caricetum lasiocarpae*-Standorten
Plant-available Phosphorous, Magnesium and Potassium in the soil of *Caricetum elatae* and *Caricetum lasiocarpae* sites

Bei den wichtigen Pflanzennährstoffen N,P,K ergab sich im Gegensatz zum Basenhaushalt kein ersichtlicher Zusammenhang mit den Vegetationseinheiten (s.Abb. 9 und 10). Entweder sind hohe und niedrige Werte ziemlich regellos auf die Probestellen verteilt (Phosphor) oder die Werte sind auf den ungestörten Flächen allgemein sehr niedrig. Auffallend ist jedoch, daß die Standorte mit degradiertem Moorvegetation bei Kalium und Stickstoff hohe bis extrem hohe Werte zeigten. Diese Flächen wiesen Bebrütungs-raten ähnlich denen in Wäldern annähernd mittlerer Standorte auf (vgl. mit bodensauren Buchenwald und Querco-Carpinetum s.WARNKE-GRÜTTNER 1990). Auf den Normalflächen wurden demgegenüber teilweise sogar schwach negative Bebrütungs-raten gefunden. Gleichzeitig fiel bei den Störflächen der höhere Nitratanteil am aktuell pflanzenverfügbaren Stickstoff auf.

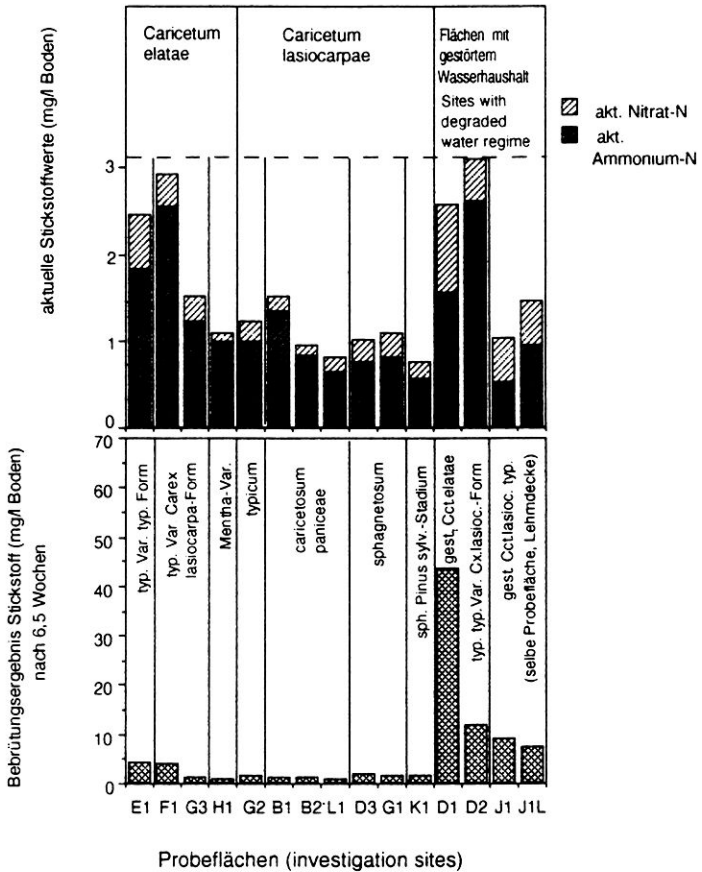


Abb. 10

Bodenstickstoffkonzentration aktuell und Bebrütungsergebnis im Caricetum elatae und Caricetum lasiocarpae
 Soil nitrogen of sites of Caricetum elatae and Caricetum lasiocarpae

6. DIE ENTWICKLUNG VON KLEINMOOREN

Ausgehend von den heute anzutreffenden Typen von Kleinmooren im Untersuchungsgebiet ergibt sich die Frage nach der Ursache für die Entstehung dieser verschiedenen Typen. Ist möglicherweise der eine Moortyp als Modell für den Ausgangspunkt der Entwicklung des anderen Moortypus brauchbar?

Ich möchte im folgenden einige Überlegungen dazu ausführen, die auf meinen Untersuchungen zum Wasser- und Nährstoffhaushalt basieren.

Zunächst lassen sich die untersuchten Kleinmoore 2 Typen zuordnen:

Der erste Typus umfaßt Kleinmoore, in denen das *Caricetum elatae typicum* die dominierende Gesellschaft darstellt. Sie stehen den Tümpeln mit einer offenen Wasserfläche im Zentrum nahe (oberstes Schema in Abb. 11)

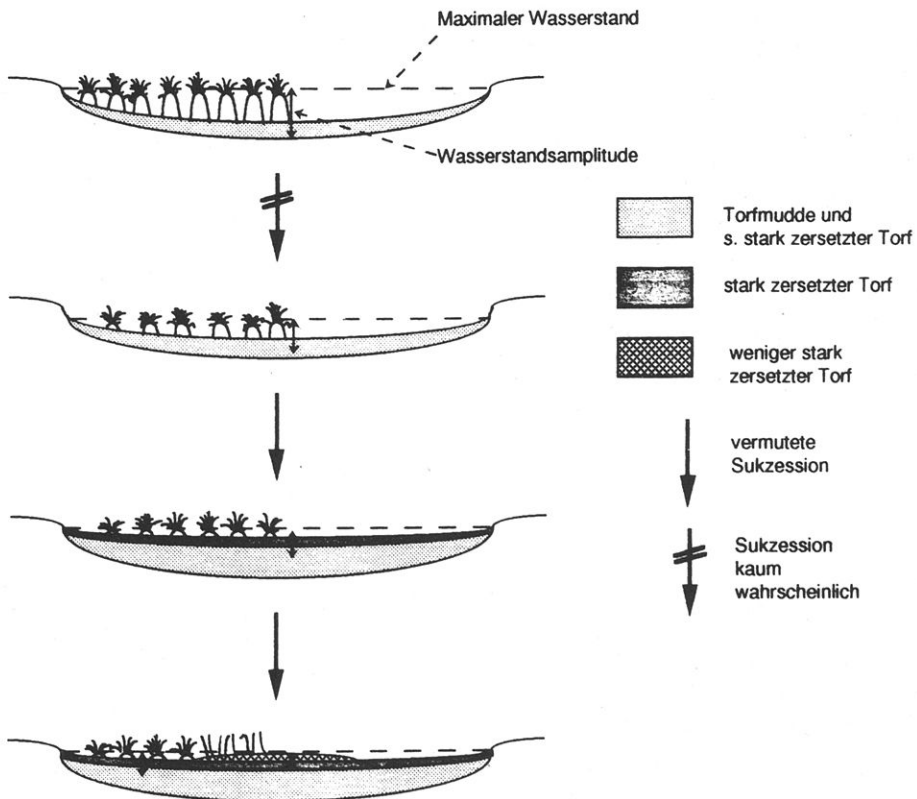


Abb. 11

Sukzessionsschema zur Entwicklung von Kleinmooren, (Erläuterung s.Text)
 Scheme of the development of small mires (details see text)

Auffallendes Charakteristikum dieser Moore sind die starken Wasserstandsschwankungen (bis deutlich über 1 m beobachtet) bei relativ hohem mittlerem Wasserstand. In Zeiten hohen Wasser-

stands wird - allerdings wohl nicht in allzugroßem Umfang - Torfmudde (oder Torf sehr hohen Zersetzungsgrades) gebildet, die aber in den immer wieder, wenn auch nicht unbedingt alljährlich auftretenden Trockenperioden teilweise wieder abgebaut wird. Dieser Moortyp, meist in kleinen, aber mehr oder weniger steilwandigen, abflußlosen Senken gelegen, wird sich folglich nur langsam verändern und relativ lange Zeit stabil sein. Dem entspricht, daß die betreffenden Moore, alle in eiszeitlich entstandenen Hohlformen gelegen, bisher nur wenige Dezimeter Torfmudde und Torf sehr hohen Zersetzungsgrades anhäufen konnten. Ein wichtiges Charakteristikum dieser Moore ist auch, daß Nährstoffe, die z.B. durch Zufluß von Oberflächenwasser in das Moor gelangen, während der lang anhaltenden Überschwemmungen durch Diffusion und Wasserbewegung relativ rasch und über größere Flächen gleichmäßig verteilt werden können.

Wenn bei einem Kleinmoor etwas andere hydrologische Verhältnisse vorliegen und die Wasserstandsschwankungen geringer sind, dürfte sich eine andere Entwicklung ergeben. Zunächst könnte sich gleichfalls ein wenn auch niedrigerbultiges *Caricetum elatae* einstellen (2.Schema von oben, Abb.11). Aufgrund des ausgeglicheneren Wasserganges wird sich Torfmudde rascher akkumulieren. Mit wachsender Menge anakkumulierter organischer Substanz steigt auch die Gesamtmenge des Wassers, die festgehalten werden kann. Dadurch steigt der mittlere Wasserstand - absolut gesehen - langsam an (relativ zur Torfoberfläche kann er jedoch durchaus sinken), und die Wasserstandsamplitude verringert sich. Bei diesen nun schon wesentlich mehr telmatischen Wasserhaushaltsbedingungen kommt es durch die verringerte Zersetzung zur rascheren Ablagerung von Torf (3.Schema von oben, Abb.11). Die dabei festgelegten Nährstoffmengen können von den Pflanzen nicht mehr genutzt werden. Durch die geringere (und kürzerfristige) Überflutung wird gleichzeitig die Verteilung von in die Senke geschwemmten Nährstoffen verschlechtert, so daß es in etwas größeren Kleinmooren im Zentrum zu einer Verarmung kommt. *Carex elata*, bisher die dominierende Art, ist dann weniger vital und wuchskräftig, so daß sich andere Arten ansiedeln können, die die veränderten Umweltbedingungen besser tolerieren. Im Untersuchungsgebiet kommt *Carex lasiocarpa* als Hauptmassebildner in Frage, begleitend nehmen Arten wie *Comarum palustre* und *Peucedanum palustre* zu. Bei weiterer Entwicklung werden sich schließlich im Zentrum Sphagnen ansiedeln und allmählich ausbreiten (unterstes Schema in Abb.11).

Neben dem eingangs geschilderten Kleinmoor-Typ - bei dem ein hochbultiges *Caricetum elatae* fast die gesamte Moorfläche einnimmt - findet man im Gebiet vor allem einen weiteren Kleinmoor-Typ, bei dem das Zentrum von Übergangsmoorvegetation eingenommen wird. Ein Modell für die Entwicklung eines solchen Moores wurde bereits entworfen.

Im Rahmen der vorgestellten Untersuchungen wurde ein solches Übergangsmoor, nämlich das relativ wenig gestörte Heiligenfeld, durch drei transektartig vom Zentrum zum Rand angelegte

Probeflächen erfaßt. Dabei zeigte sich, daß randlich im Caricetum elatae weitaus größere Wasserstandsschwankungen zu verzeichnen waren, als im vom Caricetum lasiocarpae besiedelten Zentrum. Dies läßt sich gut mit dem bisher Gesagten in Übereinstimmung bringen, wenn die natürliche, unterirdische Entwässerung (oberirdisch abflußlos!) seitlich am Rand ansetzt. (Tatsächlich muß ja auch, damit es überhaupt zu einer solchen Vermoorung kommen kann, der Boden der Hohlform besonders gut abgedichtet sein).

Die randlichen Wasserverluste führen zuerst im peripher gelegenen Caricetum elatae zum Absinken des Wasserspiegels. Die relativ geringe Wasserleitfähigkeit des insgesamt stark zersetzten Torfes bedingt aber zusammen mit den größeren Torfmächtigkeiten im Zentrum, daß sich diese Austrocknung nur in geringerem Umfang bis in die Flächen mit Übergangsmoorvegetation fortsetzt*).

Bei einer Mindestabschätzung mit Hilfe eines als ebene Fläche angenommenen Maximalwasserstandes ergab sich außerdem eine ganz leichte Aufwölbung der Torfoberfläche zum Zentrum hin. (Da bei maximalem Wasserstand das Zentrum nur noch wenige Zentimeter überflutet ist - und dies vor allem in Schlenken zwischen niedrigen *Carex*-Bulten - ist es durchaus möglich, daß auch die Fläche des Maximalwasserstands zum Zentrum hin aufgewölbt ist). Wichtiger aber ist die eindeutig aufgewölbte Oberfläche des minimalen Wasserstands. Diese deutliche Aufwölbung hat für den Wasser- und Nährstoffhaushalt des Moorzentrums wichtige Folgen. Solange eine solche "Wasserglocke" - in Trockenperioden - besteht, muß man wohl eine nach außen gerichtete Wasserströmung ("bergab") annehmen.

In Trockenperioden kann also kaum Nährstofftransport ins Zentrum stattfinden, während bei hohen Wasserständen ein gewisser Ionentransport in diese Richtung möglich ist.

Die Entwicklung von Kleinmooren kann aber sicher auch anders verlaufen. Wenn etwa am Rand der vermoorten Senke ein gewisser Quelleinfluß vorhanden ist, wird sich von Anfang an ein deutlich ausgeglichenerer Wasserhaushalt (mit geringer Wasserstandsamplitude) eingestellt haben. Auch heute gibt es im Gebiet einige Kleinmoore mit Caricetum lasiocarpae caricetosum pa-niceae als dominierender Moorpflanzengesellschaft, gewissem Quelleinfluß am Rand und daher besonders basenreichem Substrat. Ein solches Moor wird sich vermutlich ebenfalls nur sehr langsam weiterentwickeln, da es durch die Kombination von Quelligkeit und der Lage in einer Vertiefung gleichzeitig kalkreich

*) Recht aufschlußreich ist in diesem Zusammenhang, daß im Durchenbergried, einem Moor, in dem für zwei Probeflächen eindeutige Wasserstandsabsenkungen nachweisbar waren, dies für die dritte, am weitesten im Zentrum gelegen Fläche - mit Übergangsmoorvegetation - (noch) nicht gilt. Auch bei diesem langfristigeren Prozeß zeigten sich die stärksten Auswirkungen an der Moorperipherie.

und gleichmäßig naß (Wasserspiegel meist wenige cm über der Oberfläche) ist. Damit wird es sich weder rasch in Richtung Übergangsmoor, noch in Richtung Bruchwald entwickeln können.

Die Entwicklung solcher Kleinmoore kann sich natürlich noch weitaus komplizierter gestalten. Jeder menschliche Eingriff in der Umgebung (s. RÖSCH 1986) und jede Klimaänderung können eine eingeschlagene Entwicklungsrichtung ändern oder sogar umkehren.

7. LITERATUR

- GÖTTLICH, Kh. & KLÖTZLI, F. (1972): Moorkarte von Baden-Württemberg 1:50 000 (L8320) Blatt Konstanz.- 79 S., 18 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- "- & -"- (1975): Moorkarte von Baden-Württemberg 1:50 000 (L8318) Blatt Singen (Hohentwiel).- 86 S., 20 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- GÖTTLICH, Kh. & WERNER, J. (1976): Moorkarte von Baden-Württemberg 1:50 000 (L8118) Blatt Tuttlingen.- 51 S., 25 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- GRÜTTNER, A. (1990): Die Pflanzengesellschaften und Vegetationskomplexe der Moore im westlichen Bodenseegebiet.- Diss.Bot. 157: 1-323, 28 Abb., 73 Tab.; Berlin, Stuttgart.
- KLÖTZLI, F. (1969): Die Grundwasserbeziehungen der Streu- und Moorwiesen im nördlichen schweizer Mittelland.- Beitr. geobot.Landesaufn. Schweiz 52:1-296, 33 Abb., Bern.
- KOCH, W. (1925): Die Vegetationseinheiten der Linthebene unter Berücksichtigung der Verhältnisse in der Nordschweiz.- Jb.naturw.Ges.St.Gallen 61: 1-146, 8 Abb., 10 Tab.; St.Gallen.
- KUHN, L. (1954): Die Verlandungsgesellschaften des Federsees bei Bad Buchau in Oberschwaben.-Diss.Uni.Tübingen, 69 S., 34 Abb., 12 Tab.. In: [ZIMMERMANN, W.], 1961: Der Federsee, Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs; 2; Stuttgart.
- LANG, G. (1973): Die Vegetation des Westlichen Bodenseegebietes.- Pflanzensoziologie 17: 1-451, 40 Abb., 116 Tab.; Jena (2.Aufl.1990).
- RÖSCH, M. (1986): Zwei Moore im westlichen Bodenseegebiet als Zeugen prä-historischer Landschaftsveränderung.- TELMA 16: 83-111, 9 Abb., 3 Tab.; Hannover.
- STARK, P. (1923): Zur Entwicklungsgeschichte der Badischen Bodenseemoore.- Ber.dt.bot.Ges. 41: 361-373; Berlin.
- "- (1925): Die Moore des Badischen Bodenseegebiets. I.Die nähere Umgebung von Konstanz.- Ber.naturf.Ges.Freiburg i.Br. 24: 1-123, 2 Abb., 15 Tab.; Freiburg.
- "- (1928): Die Moore des Badischen Bodenseegebiets. II.Das Areal um Hegne, Dettingen, Kaltbrunn, Radolfszell und Espasingen.- Ber.naturf. Ges.Freiburg i.Br. 28: 1-238, 24 Abb., 55 Tab.; Freiburg.
- WARNKE-GRÜTTNER, R. (1990): Ökologische Untersuchungen zum Nährstoff- und Wasserhaushalt in Niedermooren des westlichen Bodenseegebiets.- Diss.Bot.148: 1-214, zahlr.Abb.; Berlin, Stuttgart.