Odzuck W (1977) Einige Untersuchungsmöglichkeiten in einem Moorökosystem.
Verh Ges Oecol 5: 585-593

Sonderdruck: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Göttingen 1976.

EINIGE UNTERSUCHUNGSMÖGLICHKEITEN IN EINEM MOORÖKOSYSTEM

W. ODZUCK

Abstract

Aims and methods of examination are specified in order to characterize a moorland ecosystem in its entirety, i.e. its structure and function. First of all, the conditions for the existence of the ecosystem are worked out from geological and climatological factors (in this instance: former sea in the morainal area of the Alpine foreland; cool climate with heavy precipitation; high ground water level).

From a profile one obtains the first information as to the type and age of the moor (12,000–18,000 years). In the oligotrophical marshy lake the lime content of the moraines exceeds the influence of vegetation (pH = 8,0).

Phytosociological examinations and their analysis, with the help of ecological indicator values, supply final information about the type of moor (transition: *Phragmitetea* → *Caricetea nigrae* → *Oxycocco-Sphagnetea*), and about the ecological behaviour and dominating forms of life of the species combinations. While treating the *Sphagnen* as characteristic species you can go into detail about the importance of the moors for water conservation via the absorption and emission of water (hyalozytes, characteristic water reservoir capacity). The ecological pyramid leads to the consumers and the low activity of the reducers, owing to oxygen starvation, explains the formation of peat.

Didactically, an excursion would be appropriate, splitting up into smaller study groups ; and distributing themes for special studies.

1. Einleitung

Ziel des Beitrags ist es, Untersuchungsschwerpunkte und -methoden anzugeben, um ein Moorökosystem in seiner Gesamtheit zu charakterisieren. Von den verschiedenen Möglichkeiten Excursionen zu gestalten (Cernusca 1976, Wilmanns 1977), wurde im vorliegenden Fall zunächst ein theoretisches Gerüst vorgegeben, das es dann mit exakten Detailaufgaben auszufüllen galt. Die erwähnten Methoden und Ergebnisse wurden bei mehreren Lehrwanderungen erarbeitet. Ausgehend von den Bedingungen für die Existenz werden Struktur (abiot. Verhältnisse, Produzenten, Konsumenten und Destruenten) und Funktion des Ökosystems dargestellt.

2. Untersuchungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten

2.1. Bedingungen für die Entstehung und Erhaltung des Moorökosystems

Das als Beispiel dienende Moor liegt in der Moränenlandschaft des Alpenvorlandes (Jungmoränen der Würmeiszeit), 30 km SO von München, und ist aus

einem ehemaligen Toteisloch d.h. einem See hervorgegangen. Von 84 000 m^2 Gesamtareal (420 x 200 m) ist 1/6 verbliebene Seefläche. Die überschaubaren Maße sind didaktisch von großem Vorteil. Erstes Untersuchungsziel muß es sein, die Bedingungen für die Existenz des Moores herauszuarbeiten. Die leicht erhältlichen Daten führten zu den nachstehenden Schlußfolgerungen:

1 000 mm Niederschlag/Jahr	→	Niederschlagsreiches,
7,4°C Jahresmittel	→	kühles Klima
Evaporation: 1,2 ml/h Moor; 2,0 ml/h Wiese; expositionsbedingt	→	Geringe Evaporation
Stauverhältnisse	→	Hoher Grundwasserstand

2.2. *Grenzen, Art und Alter des Ökosystems*

Des weiteren bedarf es, das Moor abzugrenzen. Dazu empfiehlt sich die Erstellung eines Profils (Abb. 1). Wie ersichtlich treten die Moränen als Grenzlinien deutlich hervor, aber auch der Randsumpf (Lagg) war als rinnenförmige Senke halbkreisförmig deutlich ausgeprägt.

Ein Teil des Moores reicht heute eindeutig über den Grundwasserspiegel und die Mineralbodenwasserzeigergrenze (MBWZ) hinaus. Daher ist neben einem Flach- auch ein Hochmooranteil zu erwarten.

Infolge der Tiefe des Moorsees von 4 m ist die Torfschicht mindestens 5,20 m mächtig. Da zur Bildung von 1 cm Torf nach Casparie (1969) 20 Jahre Moorwachstum erforderlich sind, ist das Moor älter als 10 000 Jahre. Die Lage in der Nähe der Endmoränen der letzten Eiszeit (Ende vor ca. 20 000 Jahren) engt das Alter des Ökosystems auf 12–18,000 Jahre ein.

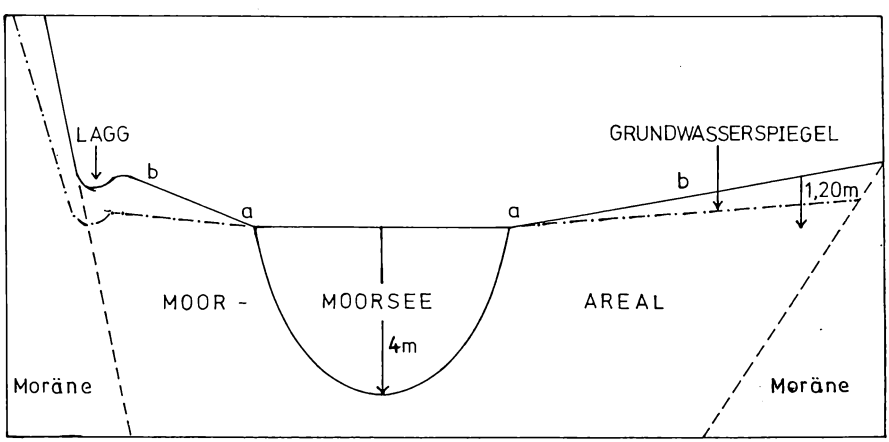

Abb. 1. Profil durch das Moorökosystem Kitzlsee (a = Phragmitetea mit etwas Caricetea nigrae Anteil, b = Oxycocco-Sphagnetea; siehe 2.41).

2.3 *Der Moorsee*

2.3.1 Abiotische Verhältnisse

Was an Ort und Stelle bestimmt werden konnte, wurde bestimmt. Bei mitgenommenen Wasserproben wurden Härte, pH-Wert, Sauerstoffzehrung, Phosphat-, Nitrat- (alle nach Steubing/Kunze 1972) und Ammonium-Gehalt (nach Merck) ermittelt (Tab. 1).

Von den abiotischen Verhältnissen weist nur die Sichttiefe auf einen Moorsee, Karbonathärte und pH-Wert jedoch auf einen kalkreichen See hin wie er für die nördlichen Kalkalpen und ihr Vorland kennzeichnend ist. Der Kalkgehalt der Moränen paust sich also im Moorsee durch und übertrifft den Vegetationseinfluß.

2.3.2 Biotische Verhältnisse

Das Plankton wurde allein nach Steinecke (1972) bestimmt. Unbestimmbare Arten wurden höheren systematischen Einheiten zugeordnet. Die Planktonmenge wurde durch Zentrifugation (5000 U/min, 1 h lang) bestimmt. Flagellaten und Chlorophyceen vor allem aber das reicher entwickelte tierische Plankton weisen auf einen Moorsee hin. Die Blaualgen sind wie der relativ hohe P_2O_5-Gehalt Eutrophierungszeiger (der See wird gelegentlich von Badegästen aufgesucht). Vorkommende Fische und Frösche sind für einen Moorsee untypisch, sie gedeihen infolge der neutralen Reaktion des Wassers. Der See ist der Planktonmenge nach oligotroph (2,5 mg Plankton/l).

Tabelle 1 Untersuchungsergebnisse und -notwendigkeiten bei einem Moorsee (+ selten, +++ häufig).

Tiefe		Phytoplankton	
Gesamttiefe	4 m	Cyanophyceen	
Sichttiefe	2 m	*Coelosphaerim* Kützing.	+++
Härte		Flagellaten	
		Dinobryon sociale	+
Karbonathärte	11,9° dH	*Ceratium hirundinella*	+
Gesamthärte	17,5° dH	Chlorophyceen	
Sauerstoff		*Pediastrum clathratum*	+
Gehalt	10,64 mg/l	Zooplankton	
Zehrung	1,52 mg/l	Heliozoen	
Ionenhaushalt		*Acanthocystis turfacea*	+
pH-Wert	7,2	Infusorien	
NH_4^+	0,7 mg/l	*Urostyla grandis*	+
		Cladoceren	
NO_3^-	1,7 mg/l	*Daphnia pulex*	++
		Copepoden	
P_2O_5	0,75 mg/l	*Cyclops strenuus*	++
		Bivalva (1 Art)	+

2.4 *Das Moor*

2.4.1 Primärproduzenten

Wie Tab. 2 zeigt, wurden pflanzensoziologische Aufnahmen (Sebald 1970) am Seeufer und auf dem höher gelegenen Areal gemacht. Dabei traten in beiden Bereichen recht unterschiedliche Artenkombinationen auf, was sich vor allem in der Feld- und Moosschicht zeigte. Die Angaben über die Gesellschaftszugehörigkeit (Tab. 2) sowie die soziologischen und ökologischen Beurteilungen (Tab. 3) erfolgten nach den von Ellenberg (1974) aufgestellten Zeigerwerten der Arten.

Soziologisch dominiert beim Uferstreifen das *Phragmitetea* (Röhrichte und Seggen) mit einem größeren *Caricetea nigrae* (Kleinseggenrieder oder Flachmoore) Anteil. Das höhere Areal ist hingegen dem *Oxycocco-Sphagnetea* also den Hochmooren zuzurechnen. Diese Gesellschaft ist allerdings mit zahlreichen Kiefern durchsetzt, so, daß eine Sukzession zu einem Kiefern Moorwald abläuft.

Tabelle 2 Pflanzensoziologische Aufnahmen des Moorgebiets Kitzlsee (je 5 Aufnahmen, S = Stetigkeit, A = Artmächtigkeit).

Gesellschaft	Aufnahmeschicht, -art	Uferstreifen S.A	Höheres Anteil S.A
	Baumschicht		
–	*Pinus sylvestris*		5.4
	Strauchschicht		
7.312	*Picea abies*	3.1	3.2
–	*Betula pubescens*	3.1	3.1
–	*Pinus sylvestris*		2.+
–	*Frangula alnus*	3.2	2.1
–	*Rubus idaeus*		1.+
	Feldschicht		
1.514	*Cladium mariscus*	5.2	
–	*Lythrum salicaria*	5.2	
1.514	*Peucedanum palustre*	5.2	
–	*Cirsium palustre*	4.1	
–	*Equisetum arvense*	2.1	
8.211	*Thelypteris palustris*	2.1	
1.71	*Carex canescens*	1.1	
1.7	*Comarum palustris*	1.+	
1.514	*Galium palustre*	1.+	
–	*Lycopus europaeus*	1.+	
–	*Molinia caerulea*	1.+	5.2
1.81	*Eriophorum vaginatum*		5.3
–	*Vaccinium myrtillus*		5.2
–	*Oxycoccus palustris*		4.2
5.1	*Calluna vulgaris*		3.1
1.81	*Andromeda polifolia*		3.1
	Moosschicht		
	Sphagnum rubellum		5.4
	Polytrichum strictum		4.2
	Pleurozium schreberi	5.3	

Dies verdeutlicht sich sogar noch in den Ordnungen und Verbänden. Vom *Phragmitetalia* tritt allein das *Magno-Caricion elatae* mit der Assoziation *Caricetum elatae* (Steifseggenried) auf. Beim höher gelegenen Areal ist es vom *Sphagnetalia* das *Sphagnion fusci* und davon wiederum das *Sphagnetum medii* (Rote Hochmoorbultgesellschaft) (Wilmanns 1973).

Diese soziologische Charakterisierung hilft, die Art des Moores exakt zu bestimmen. Hinsichtlich des ökologischen Verhaltens entscheidend sind in diesem Fall die Reaktions- und Stickstoffzahlen. Dabei zeigt das höher gelegene Areal eine extrem sauere Reaktion und Stickstoffmangel wie es für ein Hochmoor kennzeichnend ist.

Auch die anatomischen Anpassungsformen kommen deutlichst zum Ausdruck. Am Ufer dominieren helomorphe Formen während auf dem höher gelegenen Areal skleromorphe überwiegen.

2.4.2 Sphagnen

Die Betrachtung der Primärproduzenten eines Moorsee wäre unvollständig ohne ein genaues Studium der dort vorkommenden *Bryophyten*. Von besonderem Interesse und auch für den Hochmooranteil charakteristisch sind die *Sphagnen*, in unserem Fall *Sphagnum rubellum*, nur stellenweise *Sphagnum medium*. Ziel muß es hier sein, deren Bau und Funktion zu untersuchen und in Einklang zu bringen.

Das Bestimmen (Bertsch 1966), Skizzieren und Mikroskopieren von Thallus und Blättchen bzw. Stämmchen ist unerläßlich. Grundsätzlich muß auf die großen Hya lozyten mit Wasserspeicherfunktion und die kleinen assimilierenden Chlorozyten hingewiesen werden.

Hinsichtlich der Funktion liefert u.a. ein einfacher Versuch Aufschluß: Man läßt das Torfmoos völlig austrocknen, wiegt es, legt es in einen Wasserbehälter

Tabelle 3 Soziologische und ökologische Charakterisierung der Artenkombinationen des Moorökosystems Kitzlsee (es wurden nur die signifikanten Werte angegeben).

Verhalten		Uferstreifen	Höheres Areal
Soziologisches Verhalten			
Klassen-Charakterarten (%)			
Phragmitetea	1.5	56	–
Caricetea nigrae	1.7	22	–
Oxycocco-Sphagnetea	1.8	–	57
Verbands-Charakterarten (%)			
Magno-Caricion elatae	1.514	64	–
Sphagnion fusci	1.811	–	67
Ökologisches Verhalten (Mittel)			
Reaktionszahl		4,9	1,9
Stickstoffzahl		3,5	2,4
Anatomischer Bau (%)			
Skleromorphe		17	54
Helomorphe		52	27

und wiegt jede halbe Stunde. Nach kürzester Zeit (2 h) ist es mit Wasser vollgesogen (20 fache des ursprünglichen Gewichts). Nun läßt man es an Luft liegen und wiegt es von Zeit zu Zeit. Die Wasserabgabe erfolgt außerordentlich langsam, erst nach 9 Tagen ist alles Wasser abgegeben.

Hingewiesen werden muß, daß die Wasserspeicherkapazität sehr groß aber artspezifisch ist und eine Regulation der Wasserabgabe auf Grund der Quellkörperorganisation der Thallophyten nicht möglich ist.

Da Regenwasser kurzfristig in großen Mengen aufgenommen werden kann, die Wasserabgabe auch ohne Regulation jedoch nur langsam erfolgt, spielen die Torfmoose und damit die Moore eine wichtige Rolle bei der Stabilisierung des Wasserhaushalts.

Die Wirkung der Wände als Kationenaustauscher und „Nährstoff-Fangorgane" und damit als ökologische Anpassung an die Hochmoorverhältnisse kann hier nur theoretisch behandelt werden.

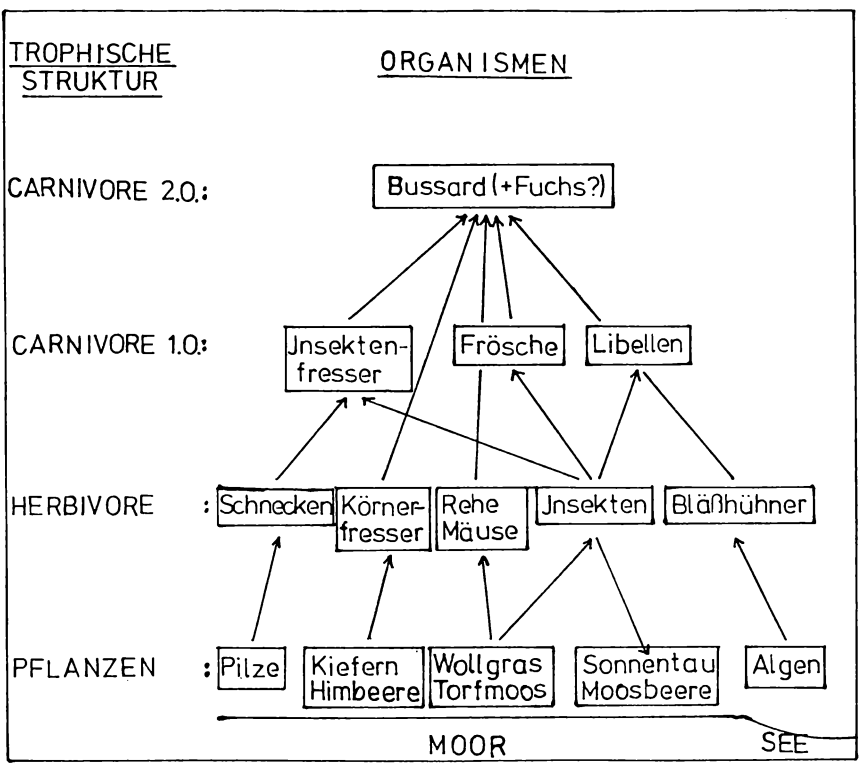

Abb. 2. Ökologische Pyramide des Moorökosystems Kitzlsee.

2.4.3 Konsumenten

Da bereits die Primärproduktion in Kursen nicht erfaßt werden kann, ist die Berechnung des Energieflusses durch das Ökosystem nicht möglich. Jedoch lassen sich die den verschiedenen Trophieebenen zugehörigen Pflanzen und Tiere gut beobachten und in Form einer ökologischen Pyramide darstellen. Ziel muß es in diesem Fall sein, die Beziehungen zwischen Produzenten und Konsumenten aufzuklären und event. mit denen eines Stadt-, Wald- oder Wiesenökosystems zu vergleichen.

Wie Abb. 2 zeigt, treten in Mooren allein für diesen Raum charakteristische Primärproduzenten auf. In unserem Fall z.B. *Drosera* und *Sphagnen*. Gleiches gilt für die Konsumenten nicht. Zwar sind viele Wasser- oder Feuchtlufttiere (z.B. Bläßhühner, Frösche, Libellen), aber sie kommen nicht ausschließlich in Mooren vor. Insgesamt aber kann von einer ungestörten ökologischen Pyramide gesprochen werden.

Tabelle 4 Untersuchung eines Moorökosystems (Ergebnisse beziehen sich auf das Moor „Kitzlsee").

Untersuchungsziel	Untersuchungsmethode	Untersuchungsergebnis
ENTSTEHUNG, ALTER		
Ausgangssituation	Geol. u. klimatolog.	Ehemaliger See
Entstehung, Erhaltung	Daten, Beobachtungen, Messungen	Niederschlagsreiches, kühles Klima, hoher Grundwasserstand
Alter	Messungen	12 000–18 000 Jahre
MOORSEE		
Abiotisch	Chem. Wasseruntersuch.	kalkreich
Biotisch	Planktonuntersuchungen, Beobachtungen	Seen- u. Moorseenplankton, oligotroph
MOOR		
Produzenten	Pflanzenbestimmung,	Phragmitetea → Oxycocco-
Soziologie	Pflanzenaufnahmen	Sphagnetea
Ökologie	Auswertung auf Grund	extrem sauer, Stickstoff-
Lebensformen	der Zeigerwerte der	mangel, skleromorph
Anat. Bau	Arten	(nur Hochmoor)
Sphagnen	Bestimmen, Mikroskopieren, Einfacher Versuch	Rasche Wasseraufnahme → langsame -abgabe, große Wasserspeicherkapazität
Konsumenten	Beobachtung, Bestimmung	Biotop für Wasser- und Feuchtlufttiere
Destruenten	Versuch	Tätigkeit vermindert → Torfbildung
NATURSCHUTZ	Auswertung	Stabilisierung des Wasserhaushalts, Erhalt charakt. Pflanzen u. Tiere

Infolge der Trockenlegung zahlreicher Moor- und Feuchtgebiete, die Lebensstätten bestimmter Pflanzen und Tiere sind und die gleichzeitig den Wasserhaushalt stabilisieren, kann die Notwendigkeit der Unterschutzstellung derartiger Räume verständlich gemacht werden (Odzuck 1974). Ein weiteres Ziel, die Förderung des Naturschutzes, wird dadurch erreicht.

2.4.4 Destruenten

Die starke Wasserdurchtränkung des Moores führt zu Sauerstoffmangel im Boden. Dadurch ist die Tätigkeit der Zersetzer deutlich verringert und zwar so stark, daß in einem Moor nicht soviel zersetzt wird wie jährlich produziert. Das Unzersetzte aber häuft sich an, wodurch es über Inkohlungsvorgänge zur Torfbildung kommt, die wiederum charakt. für ein Moor ist.

Um dies nachzuweisen, gibt man die für das Ökosystem charakt. Pflanzen in einen Nylonstrumpf und legt sie aus. Nach einem Jahr wiegt man wiederum, so kann die Zersetzertätigkeit messend verfolgt werden (Odzuck 1976).

3. Synoptische Betrachtung

Auf Grund obiger Darstellung lassen sich Untersuchungsziele, -methoden und -ergebnisse folgendermaßen zuordnen (Tab. 4). Didaktisch zweckmäßig ist eine Aufteilung in Arbeitsgruppen mit definierten Aufgaben oder die Vergabe von Facharbeiten (in der reformierten Oberstufe) bzw. Zulassungsarbeiten (an der Uni).

Derartige Excursionen erfordern zunächst ein Begehen des Geländes und ein Notieren der Aufgaben. Bei der Vorbesprechung sind die Aufgaben zu verteilen und event. Arbeitsanweisungen zu erteilen. Nach der Durchführung der Excursion sind Proben und Versuche auszuwerten. Schließlich müssen die Ergebnissen zusammengestellt und diskutiert werden.

Literatur

Bertsch, K. (1966): Moosflora von Südwestdeutschland. Ulmer, Stuttgart.

Casparie, W.A. (1969): Bult- und Schlenkenbildung im Hochmoortorf (Zur Frage des Moorwachstums-Mechanismus). *Vegetatio* 19: 146–180.

Cernusca, A. (1976): Ökologische Ausbildung durch Projektstudien. Verh. Ges. Ökol. Wien 1975, S. 101–104.

Ellenberg, H. (1974): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Goltze, Göttingen.

Merck, E.: Die Untersuchung von Wasser. Darmstadt.

Odzuck, W. (1974): Die biologische Entwicklung eines Landkreises – eine Hinführung zum Naturschutzgedanken. *MNU* 27: 230–236.

Odzuck, W. (1976): Umweltschutz. Handbuch der prakt. u. experiment. Schulbiologie, Band 5, S. 488–528. Aulis, Köln.

Sebald, O. (1970): Methoden der Untersuchung und Kartierung von Pflanzengemeinschaften. Von der Vegetationsaufnahme zur Vegetationskarte. *BU* 6, 2: 22–47.

Steinecke, F. (1972): Das Plankton des Süßwassers. Quelle u. Meyer, Heidelberg.

Steubing, L. & Ch. Kunze (1972): Pflanzenökologische Experimente zur Umweltverschmutzung. Quelle u. Meyer, Heidelberg.

Wilmanns, O. (1973): Ökologische Pflanzensoziologie. Quelle u. Meyer, Heidelberg.
Wilmanns, O. (1977): Beobachtung – Fragestellung – Folgerung: Zur Didaktik und Methodik botanischer Excursionen. Verh. Ges. Ökol. Göttingen 1976 (in Druck).

Anschrift des Verfassers:
Dr. W. Odzuck, Fuggerstr. 9, 8019 Glonn