

X. Moore

von **Andrea Muntean**

Moore sind Biozönosen, die zur Bildung biogener Substrate v.a. Torf, aber auch Mudde, Quellbalk, Seekreide etc. unter hygrisch bis semiterrestrischen Bedingungen befähigt sind. Im allgemeinen spricht man dann von einem Moor, wenn die Mächtigkeit des Torfes > 30 cm beträgt.

1. Wodurch zeichnet sich ein Moor aus?

- positive Kohlenstoffbilanz: die von der Vegetation gebildete Phytomasse wird unvollständig abgebaut
- Torfe werden abgelagert
- die Vegetation der Mooroberfläche wird mit zunehmender Vertorfung vom unterliegenden Mineralboden isoliert
- dieser Vorgang ändert die chemische Zusammensetzung der Torfe und damit auch die Zusammensetzung der Vegetationsdecke

Moortypen

- Niedermoores: das Torflager bildet sich geogen unter Zufuhr von Mineralstoffen aus dem Grund – und Oberflächenwasser
- Hochmoore: entstehen in Regionen, in denen nicht das gesamte Niederschlagswasser verdunstet, abfließt oder versickert, also in Gebieten mit Niederschlagsüberschüssen. Es kann sich der geogenen Torfbildung eine ombrogene anschließen.
- Übergangsmoore: haben Anzeichen einer Hochmoorbildung, werden aber zusätzlich mit Mineralstoffen versorgt

Aufgrund der klimatischen Voraussetzungen in der borealen Zone ist Skandinavien mit hohen Niederschlägen bei einer geringen Verdunstung moorreich. Da die Temperaturen zur nordborealen Zone hin geringer werden und somit die Evapotranspiration abnimmt, steigt der Flächenanteil der Moore.

2. Moorbildung

Voraussetzung für eine Moorbildung ist ein nasser Standort; d.h. der Boden muss wenigstens zum Teil wassergesättigt sein.

Drei Möglichkeiten der Moorentstehung sind: a) primäre Moorbildung auf vegetationsfreiem Untergrund, b) Verlandung von Stillgewässern (Verlandungsmoore), c) Sukzessive Versumpfung ehemals trockener Standorte unter geänderten Umweltbedingungen (Versumpfungsmoore).

Bei der Verlandung wird der Wasserkörper mit Sedimenten gefüllt, und die Sauerstoffgehalte im Gewässer reichen nicht aus, um die selbst aufgebauten oder aus dem Einzugsgebiet zugeführten organischen Substanzen zu mineralisieren, so entstehen zuerst Mudden und schließlich durch fortschreitende Verlandung Torfe.

Zur Versumpfung von Mineralböden kommt es, wenn an einem Standort das Grundwasser ansteigt oder die Entwässerung bzw. die Evapotranspiration abfällt. Bei hoch stehendem Grundwasser wird die gebildete Phytomasse aufgrund der auftretenden Sauerstoffdefizite nicht vollständig mineralisiert und es setzt eine Vertorfung ein.

***Sphagnum*-Arten spielen eine Schlüsselrolle bei der Torfbildung:** *Sphagnum* leiten infolge ihres intensiven Ionenaustausches eine Versauerung der aufgebauten Torfe ein und kontrollieren so das chemische Milieu ihres Lebensraumes. Sie können aufgrund ihres

anatomischen Baus (Hyalinzellen mit Poren) große Mengen an Wasser kapillar binden und so auch über durchlässigem Substrat Wasser speichern. Die chemische Zusammensetzung ihrer Zellwände schützt sie vor einem raschen mikrobiellen Abbau. Dazu kommt das Kationenaustauschvermögen: pos. geladene Nährstoffionen werden gegen H⁺-Ionen ausgetauscht und Kationen an der Zellwand der *Sphagnen* angelagert. Diese bilden die Ernährungsgrundlage für andere Moorpflanzen. Diese ständige Abgabe von H⁺-Ionen führt zu einer Versauerung des Standortes.

3. Klassifikation von Mooren

Grundsätzlich kann man Moore aufgrund morphologischer, chemischer und vegetationskundlicher Charakteristika in **Hoch- und Niedermoore** unterteilen. Diese grundlegende Unterscheidung reicht für eine befriedigende Moorb Beschreibung nicht aus. Eine detaillierte Beschreibung ist mit Hilfe geomorphologischer Kriterien, der chemischen Eigenschaften des Torfsubstrates und des Bodenwassers, nach stratigraphischen Merkmalen und nach der Zusammensetzung der aktuellen Vegetation oder der Struktur der aktuellen Vegetation möglich.

Hydrologisch-entwicklungsgeschichtliche Moortypen

- i) **Verlandungsmoore:** entwickeln sich durch Sedimentauffüllung in Seen über die Ausbildung von Schwingdecken
- ii) **Überflutungsmoore:** entstehen in Flußauen, wo periodisch auftretendes Überflutungswasser für zeitweilig sauerstoffarme Verhältnisse im Torf verantwortlich ist; in Skandinavien wenig ausgedehnt.
- iii) **Versumpfungsmoore:** sind grundwassergespeist. Die Torfbildung vollzieht sich periodisch subaquatisch; v.a. in Nordskandinavien auch großflächig auf reliefarmen Gelände
- iv) **Durchströmungsmoore:** entstehen dort, wo an Talrändern oder Hängen Grundwasser austritt ohne einer großflächigen Überstauung. Ausgedehnte Komplexe sind als Hangmoore in niederschlagsreichen Regionen West- und verdunstungsarmen Bergregionen Nordskandiaviens entwickelt.
- v) **Quellmoore:** entwickeln sich dort, wo in der Peripherie von Sumpfquellen bei anhaltender Perkolation der Sauerstoffgehalt des Quellwassers abfällt.
- vi) **Kesselmoore:** entstehen dort, wo kleinräumig bei steilem Relief das Oberflächenwasser aus einem meist kleinen Einzugsbereich in die Geländesenken strömt.

4. Moortypen in Skandinavien

Die eben besprochenen Grundtypen erfahren je nach Geologie, Klima und Relief eines Gebietes bezeichnende Abwandlungen.

A) Niedermoore der Arktis und alpiner Lagen haben deutlich frostgeprägte Oberflächenstrukturen, während jene der boreale Zone wenige deutlich ausgeprägte Reliefunterschiede aufweisen. **Mischmoore und Aapamoore** der mittleren und nördlichen borealen Zone haben deutliche Reliefwechsel zwischen sog. Strängen und Rimpis (siehe weiter unten). **Palsamoore** des Nordens und der subalpinen Stufe sind durch bis zu 10m hohe Hügel bzw. Geländeaufwölbungen gekennzeichnet, die einen Permafrostkern enthalten.

B) Hochmoore treten v.a. gegen den Süden Skandiaviens verstärkt auf. **Plateau-Hochmoore** zeigen eine weitgehend ebene, mehr oder weniger deutlich strukturierte Hochfläche sowie ein deutlich ausgebildetes, nasses, minerotrophes Lagg. Sie sind in S-Schweden vertreten. **Kermi-Hochmoore** sind besonders bezeichnend für die südboreale Zone; die Torfkörper in ebenen bis leicht geneigten Lagen sind schwach kuppelförmig aufgewölbt. Das Randgehänge geht hier allmählich in die konvexe Hochfläche über. Je nach Neigung des Geländes haben sich Schlenkenzüge und reihig geordnete Bulte (Kermis) symmetrisch um den höchsten Punkt des Moores angeordnet. **Plan-Hochmoore** unter

ozeanischen Bedingungen in W-Skandinavien ist auch bei ombotrophen Mooren das Zentrum allenfalls schwach aufgewölbt; Randgehänge und Lagg sind kaum entwickelt. **Deckenmoore** bei etwas stärker bewegtem Relief, in SW-Norwegen v.a. auch im Bergland bilden sich unter hyperozeanischen, sehr niederschlagsreichen Bedingungen ombotrophe Deckenmoore. Der Torfkörper ist ohne deutliche Oberflächen- und Randstrukturen und überzieht gleichförmig leichtere Niveauschwankungen des mineralischen Untergrundes.

5. Entwicklung skandinavischer Moorsysteme

Präboreal: Beginn einer nennenswerten Moorbildung. Sie beginnt mit basenreich-mesotrophen Verlandungs- und Niedermooren. Bezeichnend sind *Cyperaceae*, *Amblystegiaceen* und weitere Laubmoose wie *Paludella squarrosa* und *Cinclidium stygium*. Das Spektrum torfbildender Vegetation wird gegen Ende des Präboreals vielgestaltiger.

Boreal: Torfmoos-beherrschte, mesotrophe Seggenrieder treten in den Vordergrund

Atlantikum: einige ostfinnische Moore erreichen als Aapamoore einen teilweisen ombotrophen Status. Dieser Trend verstärkt sich bis ins späte Atlantikum. Im Süden bei höheren Temperaturen geht die Entwicklung weiter zu Hochmooren.

Subboreal: zunehmende Kontinentalisierung; das auf trockenere Standorte angepasste *Sphagnum fuscum* setzt sich gegenüber *Sphagnum magellanicum* durch.

Subatlantikum: zunehmendes ozeanisches Klima; starkes Wachstum von *Sphagnen*; in dieser Phase beginnen sich nasse Schlenken und trockene Stränge auszubilden.

Ende der Wärmezeit: Moore werden feuchter

In jüngster Zeit lässt sich auch bei ungestörten Mooren verstärkt eine Abtrocknung beobachten. Dies äußert sich im Vordringen von *Sphagnum papillosum* in Schlenkensysteme und einer Bewaldungstendenz trockenerer Hochmoorstandorte verknüpft mit einer fortschreitenden Besiedelung trockener Moorflächen z.B. durch *Pleurozium schreberi*, *Dicranum*-Arten und Flechten (v.a. *Cladonien*).

6. Ausformung der Oberflächenstrukturen

Boreale Moore haben meistens ein ausgeprägtes Mikrorelief, das sich vom Moorzentrum zu den Rändern hin verändert. Die Strukturen sind klimaabhängig, da die Wuchsleistung der Torfmoose von der Wasserversorgung gesteuert wird und die artspezifische Wasserhaltefähigkeit vorgibt, wie lange die Pflanzen in Trockenphasen ihr Wachstum aufrecht erhalten können. Folgende Strukturen lassen sich erkennen:

Bulte: 0,3 bis 1m hohe aus Torfmoosen gebildete Hügel in Hochmooren, trockene Standorte; v.a. von *Ericaceen* und einigen Zwergsträuchern wie *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre* und auch *Betula nana* beherrschte Struktur

Schlenken: unter der Grundwasserlinie liegende Hochmoorstrukturen; hauptsächlich von *Sphagnen* beherrscht

Stränge: entstehen bei schwach geneigtem Gelände v.a. in borealen Mooren; hangparallel angeordnete, aufgewölbte Strukturen

Flarke (Rimpis): zu Stränge alternierende und weniger dicht besiedelte Strukturen; entscheidend für die Ausformung von Strang- und Flarkstrukturen ist ein Wechselspiel zwischen Oberflächenabfluss und hohen Moorwasserständen.

Moorseen: werden sekundär unabhängig von der Geländetopographie angelegt; v.a. in niederschlagsreichen Gebieten der borealen Zone

Kolke: entwickeln sich, wenn der Gehalt an gelöstem Sauerstoff in warmen Flachwasserschlenken hoch ist und so Abbauprozesse fördert.

Flark und Kolkssysteme bilden für boreale Moore charakteristische konzentrisch angeordnete Oberflächenstrukturen.

Unter kalten Bedingungen wird die Oberflächenstruktur durch Frostwechselereignisse verstärkt mitbestimmt: **Thufa** und **Pounikkos** formen sich in Bereichen, wo unter Bulten

auch während der Vegetationsperiode längerfristig ein Eiskern erhalten bleibt, und **Palsas** entstehen auf Permafrostböden als aufgewölbte und meist an der Oberfläche erodierende, trockene Moorstrukturen.

7. Vegetation der Moore

Moore haben einen kleinräumigen Wechsel nasser und trockener Standorte. Die **Torfschlamm-Schlenke** ist ein sehr nasser Standort, der teilweise von schwimmenden Torfmoos-Rasen beherrscht wird. Im darüberliegenden **Teppichhorizont** findet man Kryptogamenrasen mit eher schütterem Bewuchs von Phanerogamen. Der **Rasenhorizont** ist bereits ein deutlich trockenerer Standort als die beiden oben genannten; er wird stärker von Phanerogamen geprägt. Zuerst im **Bultniveau** ist v.a. die Bult-Kuppe ein ausgesetzter, trockener Standort. Es kommen mäßig austrocknungstolerante Kryptogamen vor.

Die Zusammensetzung der aktuellen Vegetation hängt stark von der Wasserverteilung und –zusammensetzung im Torfkörper ab. Daher wird zwischen solchen Arten unterschieden, die als **Phreatophyten** obligat bzw. fakultativ im Grund- oder Moorwasserbereich wurzeln, und **Aphreatophyten**, die oberhalb des Kapillarraumes wurzeln. Auch aufgrund der Ansprüche hinsichtlich der Ionenzusammensetzung und –menge kann man Arten unterscheiden:

- **Azidophyten:** auf sauer-elektrolytarmen Substraten
- **Basidophyten:** auf basen und elektrolytreichen Substraten
- **Ombrophyten:** an Regenwasser (Hochmoor)-Standorten; sind sehr gut an Mangel-Standorte angepasst

Trotz einer Fülle vegetationskundlicher Moorbearbeitungen in Nordeuropa gibt es kein allgemein akzeptiertes Gliederungskonzept. Die Gliederung der Vegetationstypen kann nach strukturellen, floristischen und ökologischen Kriterien erfolgen.

Die folgende Übersicht der vertretenen Klassen dient der groben Zuordnung:

- Klasse *Scheuchzeria-Cariceta nigrae* : Sauergras beherrschte Gesellschaften nasser, überwiegend oligo- bis mesotropher, meist organogener Sedimente mit hoch anstehenden Wasserständen (d.h. Niedermoor-Gesellschaften)
- Klasse *Oxycocco-Sphagnetea*: Zwergstrauch beherrschte Gesellschaften mäßig nasser bis zeitweilig trockener, saurer Moor- und Anmoorstandorte
- Klasse *Phragmiti-Magnocaricetea*: aus Helophyten aufgebaute, vorwiegend produktionsstarke Röhrichte und Großseggenrieder nährstoffreicher Seeufer und Sümpfe

Soziologisch-ökologische Gruppen in borealen Mooren

- **sauer, oligotrophe Schlenken:**
Carex rotundata, Cladopodiella fluitans, Eriophorum russeolum, Gymnocolea inflata, Siphula ceratites, Sphagnum annulatum, S. balticum, S. cuspidatum, S. lindbergii, S. majus, S. pulchrum, S. riparium, S. tenellum, Warnstorfia exannulata, W. fluitans
- **basenreiche Niedermoor-Schlenken:**
Carex chordorrhiza, C. livida, Hammarbya paludosa, Juncus stygius, J. triglumis, Utricularia intermedia, U. stygia, Calliargon gigantemum, C. richardsonii, C. trifarium, Gymnacolea borealis, Lophozia rutheana, Scorpidium scorpioides, Sphagnum obtusum, S. platyphyllum, S. subsecundum
- **saures Teppichniveau:**
Carex pauciflora, Eriophorum vaginatum, Trichophorum cespitosum, S. compactum, S. lindbergii, S. papillosum
- **basenreiches Teppichniveau:**
Carex aquatilis, C. diandra, Eriophorum gracile, Pedicularis palustris, Cinclidium stygium, Meesia triquetra
- **Schlenken und Teppichniveau, pH-indifferent:**

Carex lasiocarpa, *C. limosa*, *C. rostrata*, *Menyanthes trifoliata*, *Potentilla palustris*, *Rynchospora alba*, *Scheuchzeria palustris*

- **Saures Rasenniveau, Moorränder:**

Agrostis canina, *Carex curta*, *C. echinata*, *C. globularis*, *C. magellanica*, *C. nigra*, *Equisetum palustre*, *Eriophorum scheuchzeri*, *Melampyrum pratense*, *Potentilla erecta*, *Succisa pratensis*, *Trientalis europaea*, *Viola epipsila*, *V. palustris*, *Calliargon strampineum*, *Sphagnum angermanicum*, *S. fallax*, *S. flexuosum*, *S. girgensonii*, *S. molle*, *S. russowii*

- **Basenreiches Rasenniveau :**

Bartsia alpina, *Carex atrofusca*, *C. buxbaumii*, *C. capillaris*, *C. capitata*, *C. dioica*, *C. hostiana*, *C. micreglochis*, *C. pulicaris*, *C. vaginata*, *C. viridula*, *Crepis paludosa*, *Dactylorhiza maculata*, *D. pseudocortigera*, *Deschampsia cespitosa*, *Eriophorum latifolium*, *Gymnadenia conopsea*, *Kobresia simpliciuscula*, *Parnassia palustris*, *Pedicularis oederi*, *Pinguicula alpina*, *P. vulgaris*, *Saussurea alpina*, *Schoenus ferrugineus*, *Selaginella selaginoides*, *Trichophorum alpinum*, *Aneura pinguis*, *Campylium stellatum*, *Catocarpium nigrum*, *Cinclidium stygium*, *Drepanocladus revolvens*, *D. sendneri*, *Fissidens adianthoides*, *Meesia uliginosa*, *Tomentypnum nitens*, *Tritomaria polita*

- **Rasenniveau, pH-indifferent:**

Molinia caerulea, *Trichophorum cespitosum*, *Aulacomnium palustre*, *Sanionia orthothecioides*, *Scapania irrigua*

- **saure, teilweise ombotrophe, feuchte, niedrige Bulte:**

Erica tetralix, *Myrica gale*, *Barbilophozia binsteadii*, *B. kunzeana*, *Cephalozia loitlesbergii*, *Kurzia pauciflora*, *Mylia anomala*, *Odontoschisma sphagni*, *Pleurozium schreberi*, *Pohlia nutans*, *Polytrichum strictum*, *Ptilidium ciliare*, *Racomitrium lanuginosum*, *Sphagnum angustifolium*, *S. fuscum*, *S. imbricatum*, *S. magellanicum*

- **saure, teilweise ombotrophe, tockene und hohe Bulte:**

Betula nana, *Calluna vulgaris*, *Empetrum nigrum* agg., *Rubus chamaemorus*, *Cladonia arbuscula*, *C. chlorophaea*, *C. portentosa*, *C. rangiferina*, *C. uncialis*, *C. stellaris*, *C. stygia*, *Dicranum bergeri*, *D. elongatum*, *D. leioneuron*, *Hypnum jutlandicum*, *Leucobryum glaucum*, *Sphagnum capillifolium*

Einige für bestimmte Moortypen typische Arten:

- Aapamoore: *Molinia caerulea*, *Trichophorum cespitosum*, *Andromeda polifolia*; manchmal ist eine schütterere Baumschicht aus *Pinus sylvestris* oder *Betula pubescens* entwickelt
- Ränder reicher Niedermoore: *Filipendula ulmaria*, *Carex loliacea*, *Galium trifidum*, *Rubus arcticus*, *Viola epipsila*; die Baumschicht kann dichter werden (Schwarzerle, Faulbaum)
- Überflutungsmoore: *Carex acuta*, *Carex rostrata*, *C. aquatilis*, *Menyanthes trifoliata*, *Equisetum fluviatile*, *Pedicularis palustris*, *Potentilla palustris*; und nach Norden hin zunehmend *Salix phylicifolia*, *S. glauca*, *S. lapponum*
- Trockene Flächen basenreicher Niedermoore: *Cirsium helenioides*, *Paris quadrifolia*, *Listera ovata*, *Lychnis flos-cuculi*, *Crepis paludosa*; auch die Fichte kann hier neben *Salix phylicifolia* vorkommen

8. Moore als Ökosysteme

Im Rahmen des Internationalen Biologischen Programmes über die Untersuchung der Tundravegetation (1964-1974) wurde von schwedischen Geobotanikern ein subarktisches Palsamoor bei Abisko als eines der Hauptuntersuchungsgebiete ausgewählt. Ziel der Untersuchung war es, das Wissen über die ökologischen Grundlagen der Produktivität von Tundra Ökosystemen weltweit zu verbessern.

Das in weiten Teilen ombrotrophe Moor von etwa 25ha Größe liegt etwa 200km nördlich des Polarkreises in Stordalen unweit von Abisko. Der Torfkörper hat einen Permafrostkern und ein unregelmäßig stark strukturiertes Oberflächenrelief.

Im Zuge des Programms ist man zu folgenden Ergebnissen gekommen:

- Die Bodenwassergehalte der Mikrostandorte unterscheiden sich insbesondere gegen Ende der Vegetationsperiode deutlich.
- Die Wasserstände steuern erwartungsgemäß die Vegetationsverteilung der Mikrostandorte entscheidend mit.
- Die Verteilung der Phytomasse im Moorkomplex dürfte über lange Zeiträume hinweg konstant bleiben. Somit stellt sich ein Gleichgewicht zwischen Nährstoffeintrag, Speicherung und Austrag ein.

9. Nutzung, Gefährdung und Schutz

Seit geraumer Zeit greift der Mensch in die Moorentwicklung ein, um die Moorflächen land- und forstwirtschaftlich nutzen zu können.

Torflager werden nicht nur für industrielle Zwecke verwendet, sie sind auch für die vegetationsgeschichtliche Forschung von Bedeutung. Immerhin bedecken Moore weltweit eine Fläche von über 200 Millionen Hektar, wobei der größte Teil in der borealen Region liegt. Torf kann als Energieträger in Kraftwerken verbrannt werden oder wird im Erwerbsgartenbau auf Grund seiner bodenphysikalischen Eigenschaften (adsorbtionsfähiges Substrat) verwendet. Früher wurde Torf auch als Baumaterial gebraucht.

10. Moorrestitution

In der Kulturlandschaft v.a. im Süden Skandinaviens sind naturnahe Moore durchweg gefährdet, von der Flächenausdehnung her stark im Rückgang begriffen und in ihrer Qualität vielfach beeinträchtigt. Es liegt also nahe bereits bestehende aber teilentwässerte Flächen in ihrem Wasser- und Nährstoffhaushalt so zu stabilisieren, dass oligotrophe Gemeinschaften erhalten werden können oder sich neu entwickeln. Dabei haben erste praktische Erfahrungen gezeigt, dass eine Wiederherstellung des ursprünglichen, natürlichen Zustandes in einem absehbaren Zeitrahmen unmöglich ist. Immerhin ist es möglich, solch Zustände herzustellen, bei denen eine weitere Torfzehrung unterbunden und eine neuerliche Torfbildung initiiert wird. Derartige Restitutions-Konzepte müssen individuell auf die jeweiligen Moorsysteme zugeschnitten sein.