

MOORE ALS ÖKOSYSTEME

Alfred Ringler

Vorbemerkung:

Wie andere Ökosysteme werden auch Moore zwingend der Systemforschung unterzogen (z. B. IBP "Moorhouse" – s. HEAL & PERKINS 1978, WILDI 1978 u. a.). Ihre vorher isoliert und fachspezifisch betrachteten Teile und Funktionen, darunter je nach Standpunkt "positive" und "negative" Wirkungen, können nunmehr als spezielle Äußerungen allgemeinerer Wirkungsweisen eingeordnet und verstanden werden. Freilich hat dieser wissenschaftliche Integrationsprozeß bereits seit rund 3 Jahrzehnten in ausgewählten Teilsystemen beachtliche Fortschritte erzielt (z. B. Wasserhaushalt: SCHMEIDL, SCHUCH & WANKE 1970, BADEN & EGGELSMANN 1964; Mikrobiobewelt und ihre Leistungen: z. B. BURGEFF 1961).

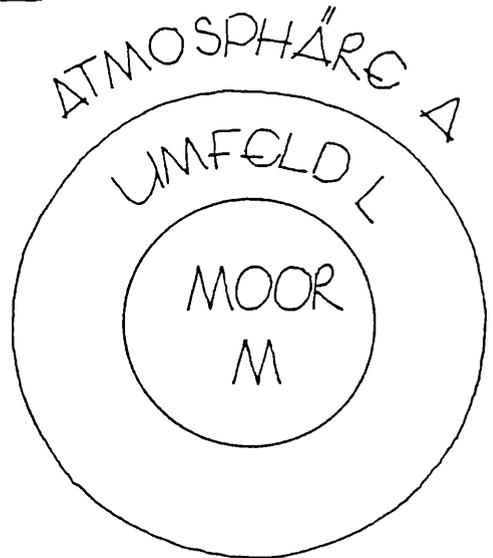
Planer und Pragmatiker mögen beispielsweise im norddeutschen Tiefland fragen:

Was interessieren uns Wirkungsweisen natürlicher Hochmoore, wo es nurmehr belanglose Reste davon gibt? In Teilen Bayerns, wo naturnahe Moore heute noch die vorentwässerten und kultivierten Moorflächen überwiegen (z. B. Ammergau), ist die Frage aber durchaus aktuell. Überdies geht es in diesem Seminar um *a l l e* Moore im geologischen Sinne, also auch die mit "Nichtmoorvegetation" bedeckten kultivierten Moorstandorte. Das einleitende Referat kann zwar wohl keinen Rahmen für das ganze Spektrum der Sichtweisen liefern, immerhin soll versucht werden, den Ökosystemcharakter von Mooren wertungsfrei zu umreißen.

Leider sind Moore so komplizierte "Organismen", daß diese Kurzfassung gezwungen ist, die textliche Ausformulierung weithin durch Skizzen und Kürzel zu ersetzen.

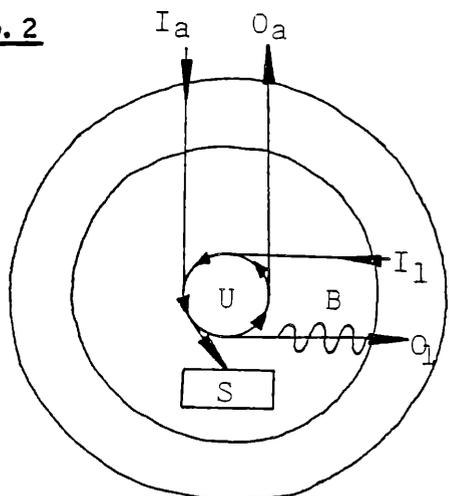
Die Einflußsphäre von Mooren

Jedes Moor wird von seinem Darunter, Darüber und Daneben (mit)gestaltet. In diesem Interaktions-(Wechselbeziehungs-)Feld interessieren uns heute die *Umfeldbeziehungen* ganz besonders:

Abb. 1

L ist ursprünglich die Landschaft, in der das Moor entsteht, dann wird sie zum beeinflussenden und beeinflussten Bereich um das Moor herum. L ist Teil des Systems Moor-Umfeld-Atmosphäre, dem Gegenstand der weiteren Ausführungen.

Wie die Teile dieses Systems durch Stofftransporte verbunden sind, zeigt Abb. 2 in grober Vereinfachung. Die Stoff- und Energieströme dieses Flußdiagramms sind als Transfer-Raten pro Zeiteinheit ausdrückbar.

Abb. 2

Erläuterungen s. umseitig

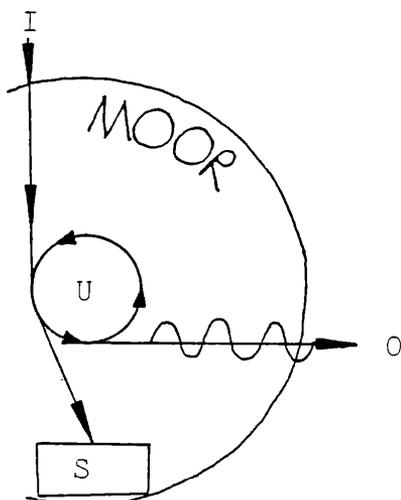
Erläuterungen zu Abb. 2:

- I_a Input aus der Atmosphäre (Wasser, gelöste Stoffe, Stäube, Pollen, Strahlung usw.)
- I_l Lateraler Input aus dem Umfeld (Hang- und Grundwasserdurchstrom, Oberflächenwasser, darin gel. und suspendierte Stoffe, in den Alpen auch Lawinen usw.)
- S Speicherung, Deponierung von Wasser, Stoffen und Energie (Ausgliederung aus den Kreisläufen, Akkumulation, Vorratssteigerung)
- U Biologisch-physikalischer Umsatz (mooreigene Stoffkreisläufe, Turnover, Umwandlungskette der Strahlungsenergie usw.)
- O_a Output an die Atmosphäre (z. B. Wärme, Albedo, Verdunstung, Denitrifizierung, H₂S-, CH₄-, CO₂-, NH₃-Abgabe)
- O_l Lateraler Output an das Umfeld (z. B. Abfluß vom Hochmoor, Nahrungskette zum Umland, Streugewinnung)
- B Bremsung des Outputs (z. B. Verzögerung und Abflachung des Oberflächenabflusses, Muldenrückhalt).

Faßt man die beiden Zuströme zu I zusammen und läßt die Abgabe an die Atmosphäre außer acht, so läßt sich das vereinfachte Flußdiagramm noch leichter einprägen:

Abb. 3

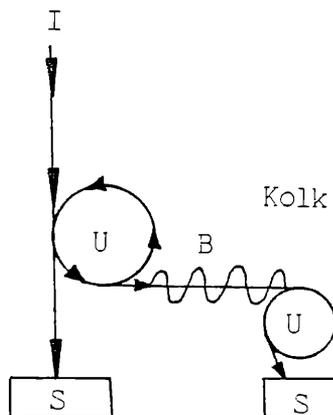
Vereinfachtes Flußdiagramm



Natürlich bestehen Transportsysteme nicht nur zwischen Atmosphäre, Moor und Umfeld, sondern auch innerhalb der Moore. Beispiele für solche, etwas kompliziertere Flußdiagramme sind:

Abb. 4

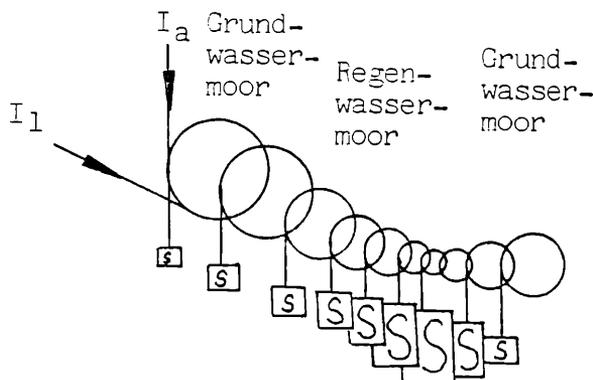
Hochmoor mit Kolken



In den Kolkbereichen ist nach GIES die Verdunstung höher. Es kommt zu einem lateralen Wasserstrom (in den hochdurchlässigen oberen 20 - 30 cm), der die Verdunstungsverluste ausgleicht. Damit ist eine Nährstoffanreicherung in Kolknähe verbunden (unterstützt durch winterliches "Ausfrieren" von Kationen; MÜLLER 1973)

Abb. 5

Soliombrogenes Hangmoor



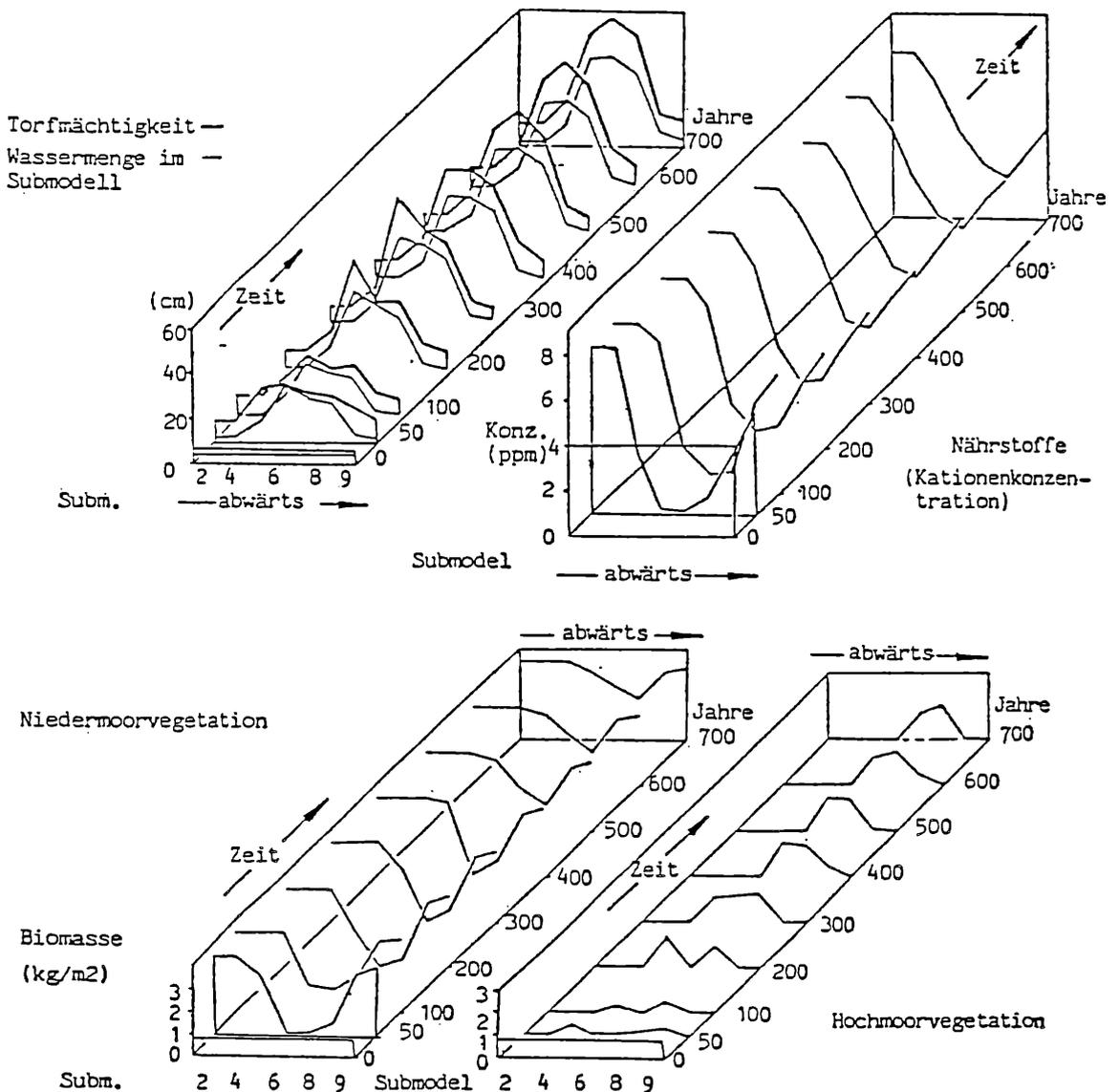
Im soliobrogenen Hangmoor verarmt der "Throughput" an kationenreichem Hangwasser immer mehr. Der Regenwassereinfluß nimmt zu. Vom Niedermoormilieu am oberen Ende zum Hochmoormilieu wird der Quotient Torfbildung/-zersetzung größer. Die Umsatz-

rate verläuft zur Speicherrate reziprok (vgl. hierzu die Studie von JENSEN 1961 im Sonnenberger Moor/Harz). WILDI (1978) bringt dies in einer empirisch gestützten Modellsimulation zum Ausdruck (Abb. 6).

Abb. 6

Moorsimulation auf sesselförmig profiliertem Hang unter Bedingungen des Schweizer Alpenrandes (1800 mm Jahresniederschlag); aus WILDI (1978).

Die Elemente des Modells in Relation zu Zeit und Raum



Doch Sonderfälle stehen vorerst nicht zur Debatte.
 Zunächst werfen wir einen Blick auf die einzelnen

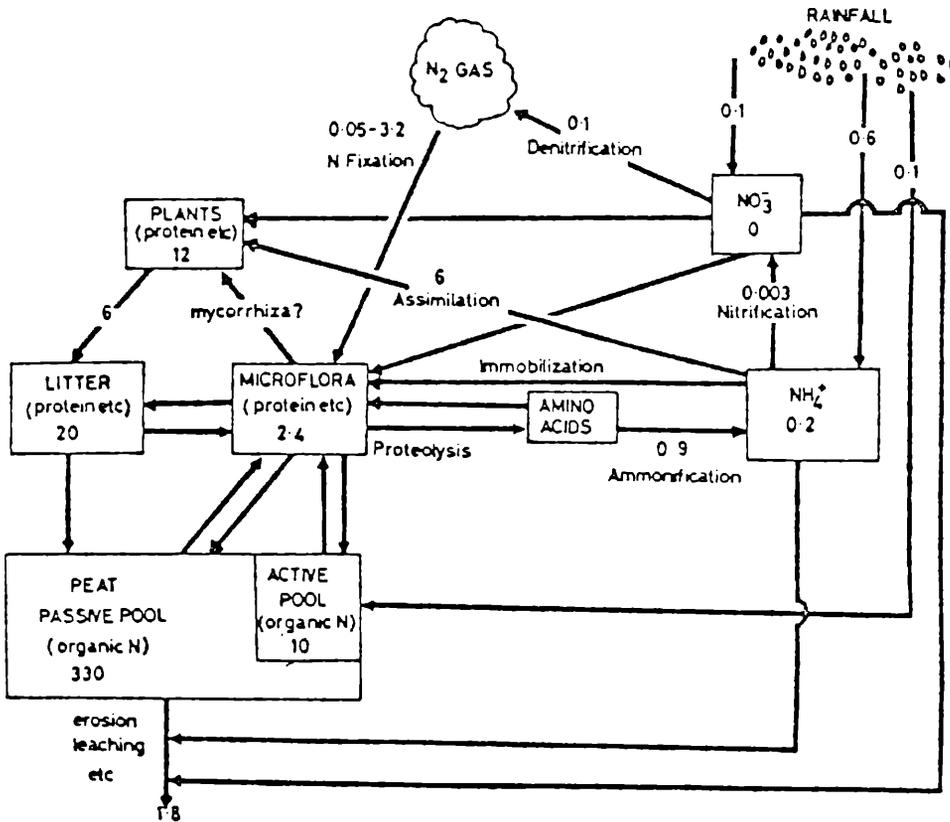
Flußgrößen und ihre Ursachen (Steuergrößen)

- I_a rund 300 cal/m². Tag Globalstrahlung (Hohenpeißenberg)
 bis zu 20 kg N/ha. Jahr (Industriegebiete Mitteleuropas)
 12 (Alpenrand)
- bis zu 6000 pC/l Regenwasser β -Aktivität (Zeit der Atombombentests)
 1000 - 2500 mm Jahresniederschlag (südbayerische Hochmoorregion)
- 0,5 - 32 kg N/ha. Jahr aus der N-Bindung (engl. Deckenmoore)

Die Variablen von I_a sind im wesentlichen bestimmt durch:

- Seehöhe, Breitengrad, orografische Lage (nach WANDTNER & LÖTSCHERT 1979 erhalten *Kamm*-Moore im Bayer. Wald mehr Blei aus den Glashütten), Nähe zu Emittenten und Ballungsgebieten, Meeresnähe (Na, Cl), Pollenangebot usw.
- I_o 500 - 600 mg Sulfat (Auslaugungswässer aus Raibler Schichten, die in die Kalkflachmoore des Loisachtales eintreten; nach LOHR (1967)
- U Beispiel: N-Umsatz in einem englischen Deckenmoor (MARTIN & HOLDING 1978)

Abb. 7



A preliminary summary of the nitrogen cycle in blanket peat showing the participation of microorganisms. Values in boxes represent the steady state quantity ($g\ m^{-2}$) of nitrogen in that particular pool to a depth of 30 cm. Values beside arrows represent the calculated rate of transfer ($g\ m^{-2}\ yr^{-1}$) between pools. Where no value is given no estimate of rate has been possible

Im vorstehenden Diagramm werden die einzelnen funktionellen Gruppen des Umsatzes sichtbar: Nitrifizierer, Denitrifizierer, N-Fixierer, Eiweißersetzer, Ammonifizierer usw.

Weiteres Beispiel:

Naturnahes Hochmoor am Alpenrand verdunstet im 10-jährigen Mittel 547 mm (SCHMEIDL, SCHUCH & WANKE 1970, SCHMEIDL 1973).

Die Variablen von I_a sind u.a. bestimmt durch:

Seehöhe (Temperatur), Breitengrad, Entwässerungsgrad (Nitrifizierung, Auswaschungsmöglichkeit usw.) . . .

S Da Torfaufbau $>$ Torfabbau, wächst das Hochmoor um 1 – 5 mm/Jahr.
Oberird. Nettoprümarproduktion blanket bog: ca. 360 g/m². Jahr (SMITH & FORREST 1978)
Vgl. Mineralboden-Nardetum: 190 dt.
Die blanket bog-Totalproduktion beträgt sogar ca. 660 g/m². Jahr (66 dt./ha.Jahr).
Anhäufung von Bio- und organogener Masse erzeugt einen mächtigen und wichtigen Speicher- und Austauschkörper für Niederschläge (hydrol. wirksame Schicht von ca. 30 cm kann bei 2/5 Austrocknung ein Starkregenereignis von 120 mm festhalten; vgl. auch die von SCHMEIDL, SCHUCH, VIDAL, EGGELSMANN, BAY u.a. nachgewiesene eindrucksvolle Abflachung der Abflußspitzen und für Schadstoffe (Schwermetalle, Radionuklide, polare Biozide usw.). Die außerordentlich hohe Kationenaustauschkapazität wurde von GESSNER & ANSCHÜTZ (1954) für lebende Torfmoose, von CHAPMAN (1965) u.a. für Torfe nachgewiesen.

Beispiele:

In den Talquellen kamen von 5000 – 6000 pC β -Aktivität (Bombentests) nach Passage der subalpinen Rohhumuslager im Einsickergebiet des Estergebirges nur 10 pC/l an (LOHR 1967).

Die Stoffretention erfolgt nicht nur über Ionenaustausch, sondern auch über metallorganische Komplexbildung und Mikrokreisläufe in der lebenden Torfmooschicht. Z.B. wandert ein Großteil des 1963 (Bombentests) in blanket bogs immittierten Cs-137 und Sr-90 mit der wachsenden Torfmoosoberfläche (CLYMO 1978). (Vgl. auch die hohen Na-, K- und Ca-Gehalte an Sphagnum fuscum-Polstern der Rhön – GIES 1972).

B Abfluß- und abtragsbremsende Strukturen bildet die Moorvegetation selbständig (Bulte und Schlenken, Porenreichtum und Oberflächenrauigkeit der Torfmoose), aber auch im Zusammenwirken mit Moorbewegungen und Frostwechsel (Querschlenken, Flarke, Kolktreppen).

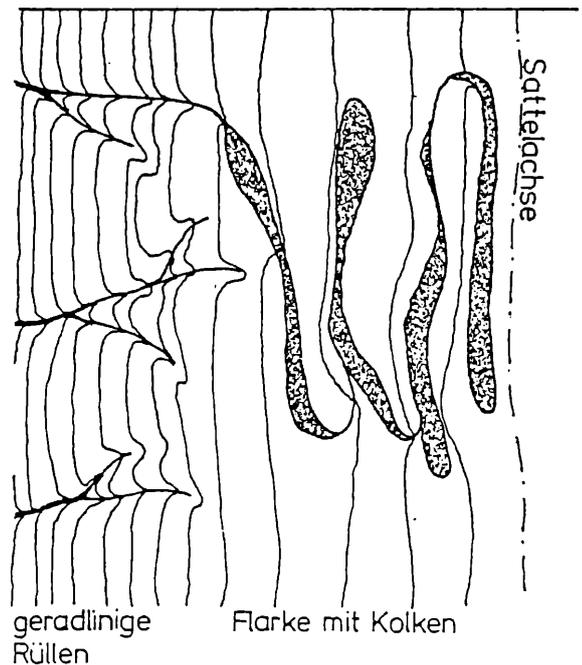
Beispiel:

Nach Durchsickern eines Niedermoor-Schilfbestandes von 50 m Länge hatte ein Abwasserstrom 1/5 – 1/10 seines Phosphatgehaltes verloren (KLÖTZLI 1967).

Auf vielen Gebirgsmooren herrscht ein Antagonismus von abflußbremsenden Quer- und abflußbeschleunigenden Längsstrukturen (Rüllen).

Abb. 8

Flarke und Rüllen auf dem Sattelmoor bei der Wilhelminenalpe (1380 m); schematisch



Die Moormorphologie wird im flacheren oberen Teil durch Bewegungsstrukturen des Moorkörpers bestimmt, in denen der Abfluß langsam hin- und hergeleitet wird. Wo das Moor versteilt, leiten lineare Erosionsrinnen den Abfluß "im Schuß" weiter.

In den südlichen Chiemseemooren benötigte der Hochmoorabfluß nach 5-tägiger Trockenzeit und einem Starkregen 10 h länger als das kultivierte Moor, um auf die Hälfte seines Spitzenwertes zu sinken (SCHMEIDL et al., s. o.)

Die Bremsfunktion von Mooren hängt aber auch von der landschaftlichen Lage ab (z.B. Karbodenmoor mit Sperriegel aus Moränen).

Wie greift der Mensch in den Moorhaushalt, d. h. das Transportsystem zwischen M (Moor), L (Umfeld) und A (Atmosphäre) ein?

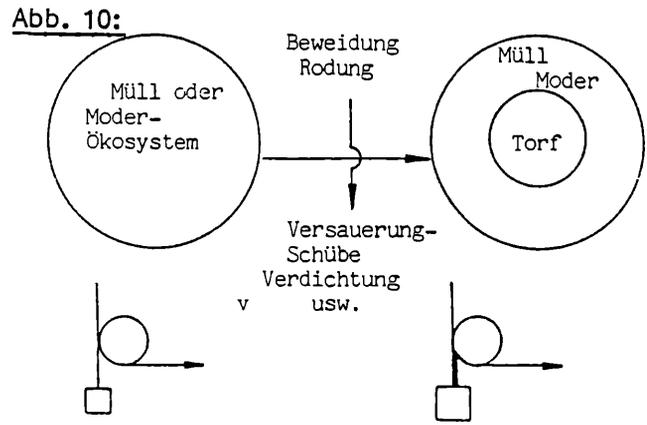
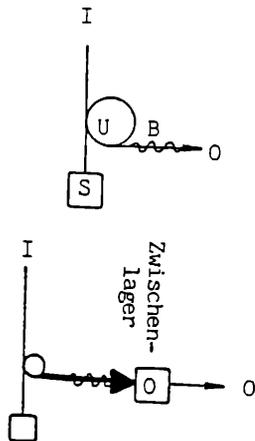
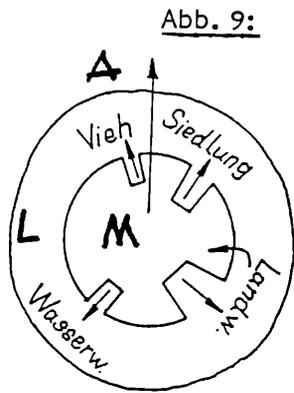
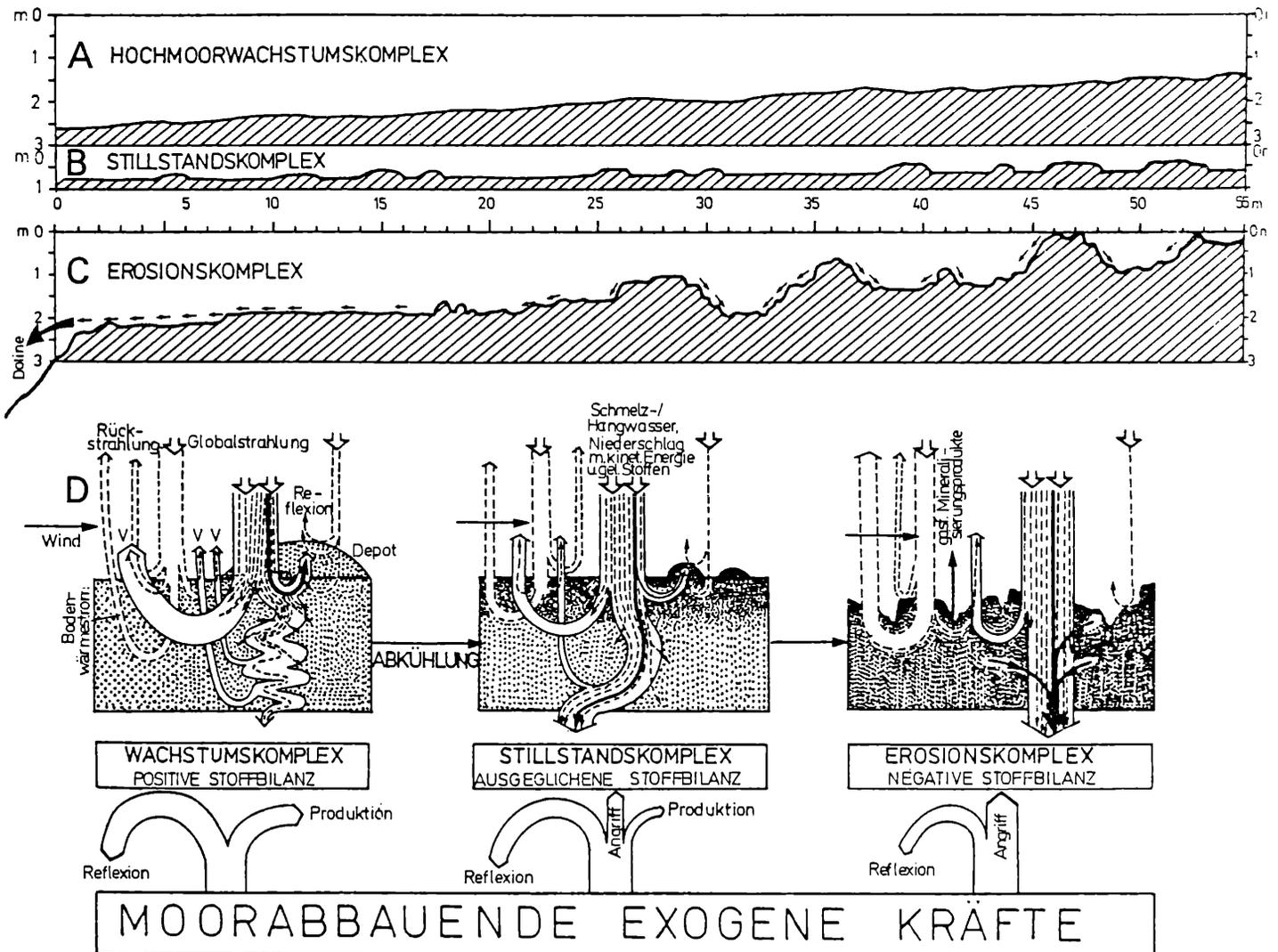


Abb. 11: Klimaabhängigkeit von Moorwachstum und -abbau



Erläuterungen s. umseitig

Erläuterungen zu Abb. 11:

A – C Oberflächennivellements dreier Gebirgsmoore (Aufnahme: Sommer 1980)

A Wachstumskomplex nahe der Bichelerbergalpe bei Wertach (900 m NN); Bestockung im Profil nicht berücksichtigt

B Stillstandskomplex bei der Hörmoosalpe SW Oberstaufen (1220 NN)

C Erosionskomplex bei den Scheuenwänden (1400 m NN); typisches Mikrorelief einer "Hochmoorruipe"

Das durch Nivellementpunkte im Abstand von 5–50 cm aufgenommene Profil erstreckt sich zwischen einem Berghang und einer riesigen Trichterdoline. Das ursprünglich wohl durch isophysenparallele Schlenkenstränge getreppte Hangmoor löste sich infolge anhaltender Weidebelastung (Trittlockerung, Frostlockerung durch Kammeisbildung, Zerfall des Torfgefüges und Mineralisierung, Ausschwemmung in die Doline) in eine wild zerfressene Mikrolandschaft aus Rillen, breiten Rinnen und Verebnungen, bis über 1 m hohen Torfresthügeln auf. Der Moorkörper wurde gewissermaßen "in den Berg hineingewaschen". Das Beispiel veranschaulicht den gegenwärtigen Zustand vieler Hochlagenmoore, insbesondere der Allgäuer Alpen.

D Einfaches Modell der Einträge, Um- und Durchsätze von Strahlungsenergie, kinetischer Energie, Wasser, Mineralstoffen und anderen Substanzen in einem Wachstums-, Stillstands- und Erosionskomplex der bayerischen Alpen.

Alle Größen sind ohne Lagebezug symbolisiert und erlauben keinen quantitativen Vergleich untereinander.

Bänder mit strichlierter Einfassung: Transformationsketten der Strahlungsenergie bzw. Wärmeströme

Bänder mit ununterbrochener Einfassung: Wasserumsatz und -durchfluß (Krümmungen deuten Bremseffekte an)

Strichlierte Linien innerhalb der Wasserströme: Transport von kinetischer Energie (z. B. Schleppspannung, Planschwirkung fallender Tropfen, Torfabschwemmung); Pfeile deuten deren Zerstreung/Umwandlung an;

fette schwarze Linien: in den Wasserströmen mitgeführte Substanzen

V Verdunstung (Evapotranspiration)

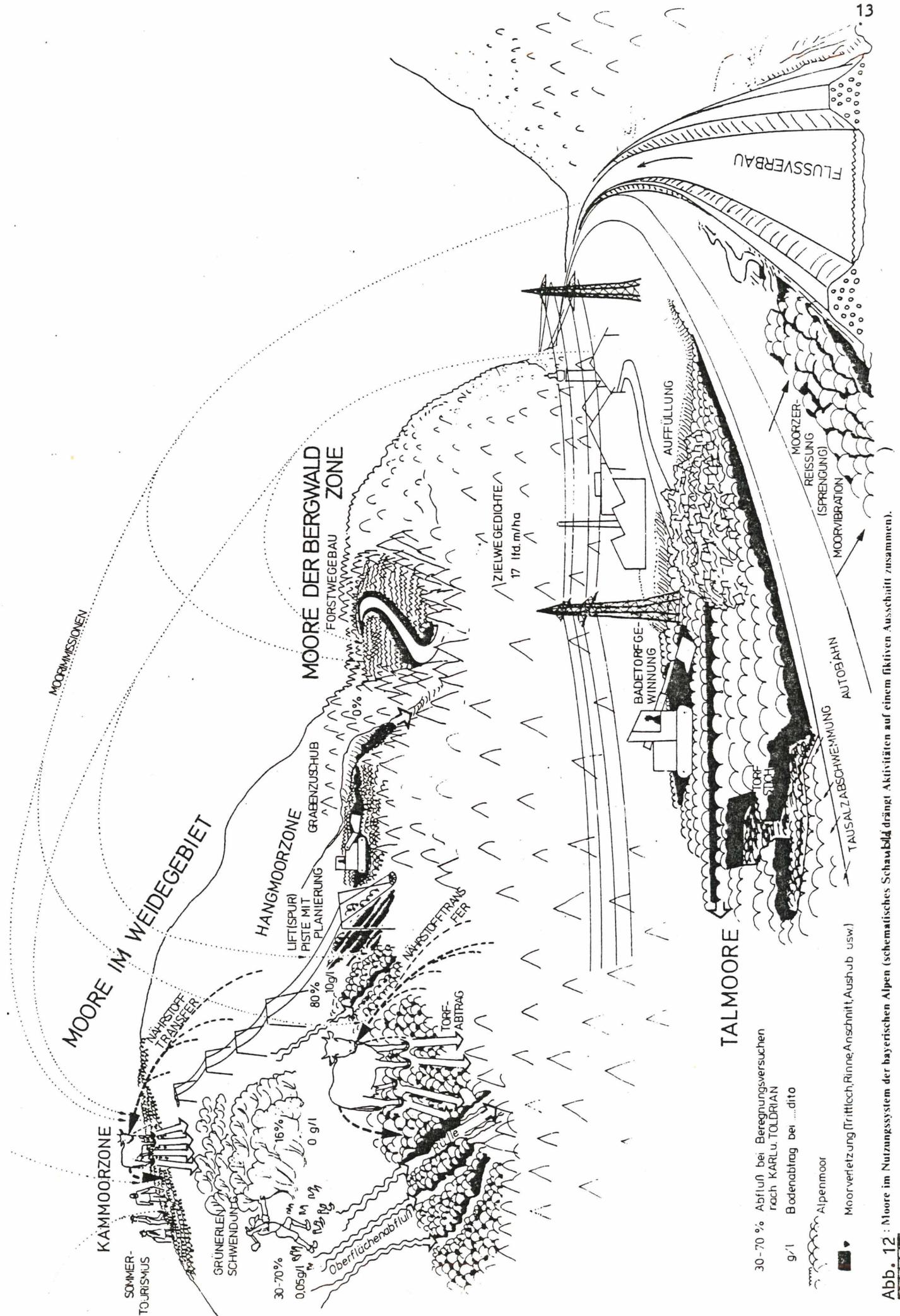
punktierte Kästen: Moorkörper (Punktverdichtung bedeutet Torfzersetzung und -verdichtung)

Durch hellebardenartig gegabelte Pfeile am unteren Rand soll versinnbildlicht werden, daß

– der Wachstumskomplex die moorbedrohenden äußeren Kräfte durch Speicher-, Umsatz- und Reflexionsmechanismen *abdämpft*, *ablenkt* und in *Produktion umsetzt* (Photosynthese, Wasser- und Torfzuwachs, Wasserspeicherung in den Hyalinzellen und Kapillarräumen der Torfmoospolster usw.). Der Begriff "Reflexion" wird dabei im allgemeinsten Sinne verstanden (incl. Rückgabe von Wasser und Energie an die Atmosphäre nach ökosystemeigenem Umsatz und Transport)

– Der Stillstandskomplex durch eine gewisse Linearisierung der Stoff- und Energiewege einen rascheren Durchsatz erreicht (Produktivitätseinbuße ist mit Begünstigung der abtragenden Kräfte verbunden)

– der Erosionskomplex endgültig aus dem aufbauenden bzw. Gleichgewichtsstatus in die Abbauphase umgekippt ist. Anstatt positiver herrscht negative Stoffbilanz (Destruktion anstelle Produktion). Die Verdunstungsleistung ist verringert. Geringer Vegetationsschluß erlaubt Abtrag der nunmehr völlig ungedämpften Abflüsse. Der Abtrag erfolgt *horizontal* (Abschwemmung in die Vorfluter), nach *unten* (Einschwemmung in Dolinen und Felsklüfte) und *nach oben* (gasförmige Endprodukte der Mineralisierung).



30-70% Abfluß bei Beregnungsversuchen
nach KARLU, TOLDRIAN
9/l Bodenabtrag bei ... dito

Alpenmoor
Moorverletzung (Trittlloch, Rinne, Ansschnitt, Aushub usw.)

Abb. 12 : Moore im Nutzungssystem der bayerischen Alpen (schematisches Schaubild, drängt Aktivitäten auf einem fiktiven Ausschnitt zusammen).

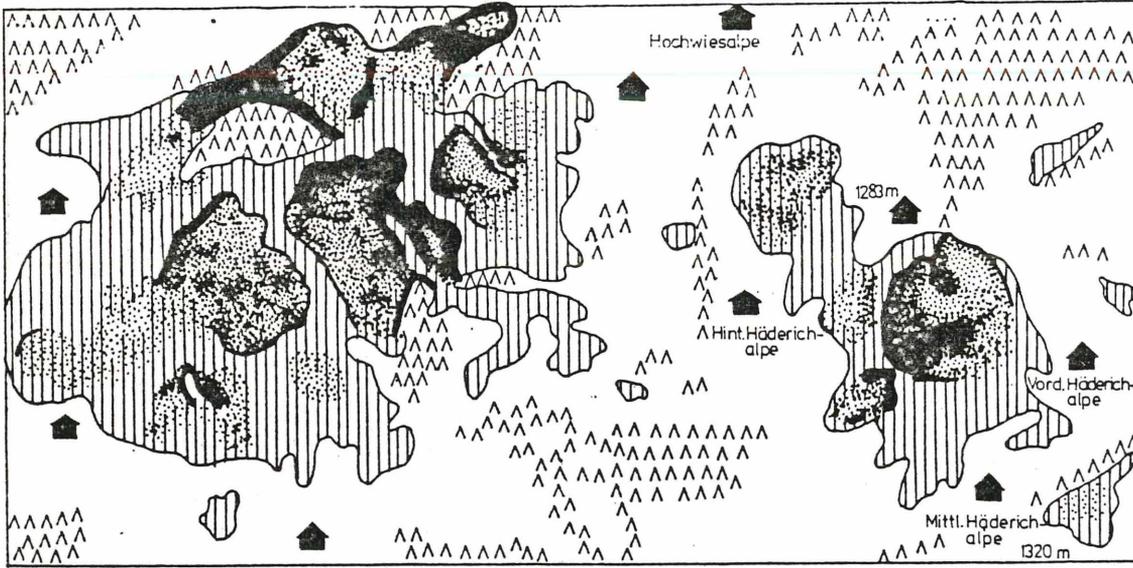
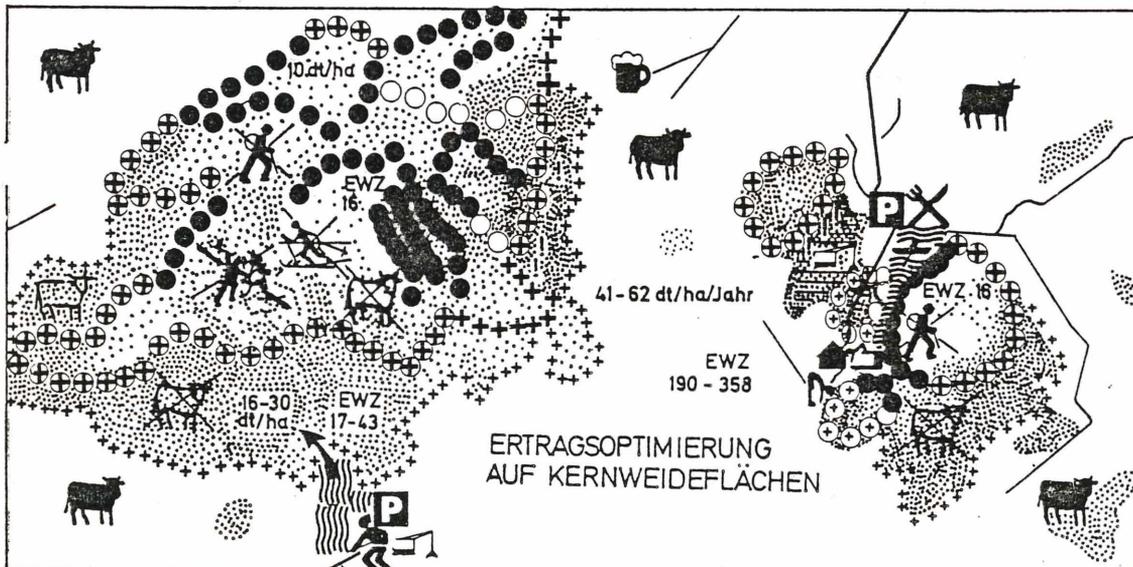


Abb. 13



Unten: Punkte: Relative Dichte der Beweidungsschäden (Viehtritte, Eutrophierung usw.) im Moorbereich
 Schwarze Punktchen: Erhaltene Hochmoorrandzonation
 Weiße Punktchen: Hochmoor-Randzonation ist hier zerstört (Abgrenzung der engeren Schutzzone)
 Rufezeichen: Vorkommen seltener Arten im Meliorationsbereich (i.d.F. Höchstvorkommen von *Carex chondrorrhiza* in Deutschland)
 Kl. Bagger und Querschraffur: Meliorationsgebiet 1980
 Vertikale Schlangenlinien mit schwarzem Pfeil: Piste mit Begleitlagen schiebt Schwemmkegel ins Moor vor;
 Waagrechte Schlangenlinien: Aufstauung der Lagzone, Bootsbetrieb usw.
 Schwarze Linien: Wege- und Straßensystem erschließt Alpen und Gastronomie
 Dicke Kreuze: Grenze der nutzungsreifen Moorkernzone
 Kleine Kreuze: Grenze der Pufferzone (höchstens sporadischer kontrollierter Viehtrieb; naturnahe Erholung)
 EWZ: Ertragswertzahl (Maßstab für den Weidewert; s. Text)
 dt/ha: Trockenmasseertrag in 1 Weideperiode

Nutzungsmodell für Almen/Alpen mit wertvollen Mooren (Beispiel: Moordistrikt Häderich)

Die drei Kärtchen zeigen denselben Ausschnitt unter verschiedenen Gesichtspunkten.

Oben: Hochmoor (punktiert entsprechend der Latschen-Bestockungsdichte), Hochmoorrandwald (schwarz), Niedermoor mit Sickerfluren (schräffelt), Fett- und Magerweiden (weiß) mit Weidewäldern. Als Mittelpunkte der Bewirtschaftungseinheiten sind die Algebäude eingetragen.

Mitte: Das natürliche Transportsystem des Moordistriktes (schematisch und stark vereinfacht). Dabei bedeuten:
 Dicke schwarze Pfeile: Hang- und Quellwasserführende Flut- und Laggrinnen zwischen den Hochmoorkörpern;
 Weiße große Pfeile: Hangwasserzüge, die in die Hochmoore einsickern und dabei ionenärmer werden (soliombrogene Gradienten);
 Kleine Pfeile: Rüllensysteme auf den Hochmooren
 Dicke Schrägbalken: Abfluß- und abtragsstauende Nagelfluhriegel am Mooreinhang
 Dünne Balken: Terrassenartige Querstrukturen auf dem Hochmoor (Kolktreppen, Flarke usw.)
 Schwarze Punkte: Torfrichter (in Verbindung mit Untermoorkanälen oder großen Rüllern)
 Weiße Kreise: Hauptwasserscheide Rhein/Donau

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Biol. Alfred Ringler
 Alpeninstitut München
 Schieggstr. 21

8000 München 71

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [6_1981](#)

Autor(en)/Author(s): Ringler Alfred

Artikel/Article: [Moore als Ökosysteme 6-14](#)