



**„Feuchtwälder im Münsterland -
Humusformen als Indikatoren für Bodenorganismen“
Fachtagung 08. – 09. Oktober Münster**

Die Humusaufgabe als wesentlicher Bestandteil von Waldböden

2024 ist das Jahr des Waldbodens

2



Waldböden tragen als Vegetation natürliche Wälder und vom Menschen gepflanzte Forstwälder. Sie werden nicht oder nicht mehr durch Bodenbearbeitung umgestaltet und nicht gedüngt oder bewässert. Sie besitzen eine Streuauflage. Die Baumvegetation sowie die Intensität der Nutzung durch den Menschen beeinflussen die Entwicklung der Waldböden wesentlich.

[Pseudogley aus Lösslehm mit F-Mull aus Laubstreu, © GD NRW]

Waldböden besitzen eine Streuauflage

3



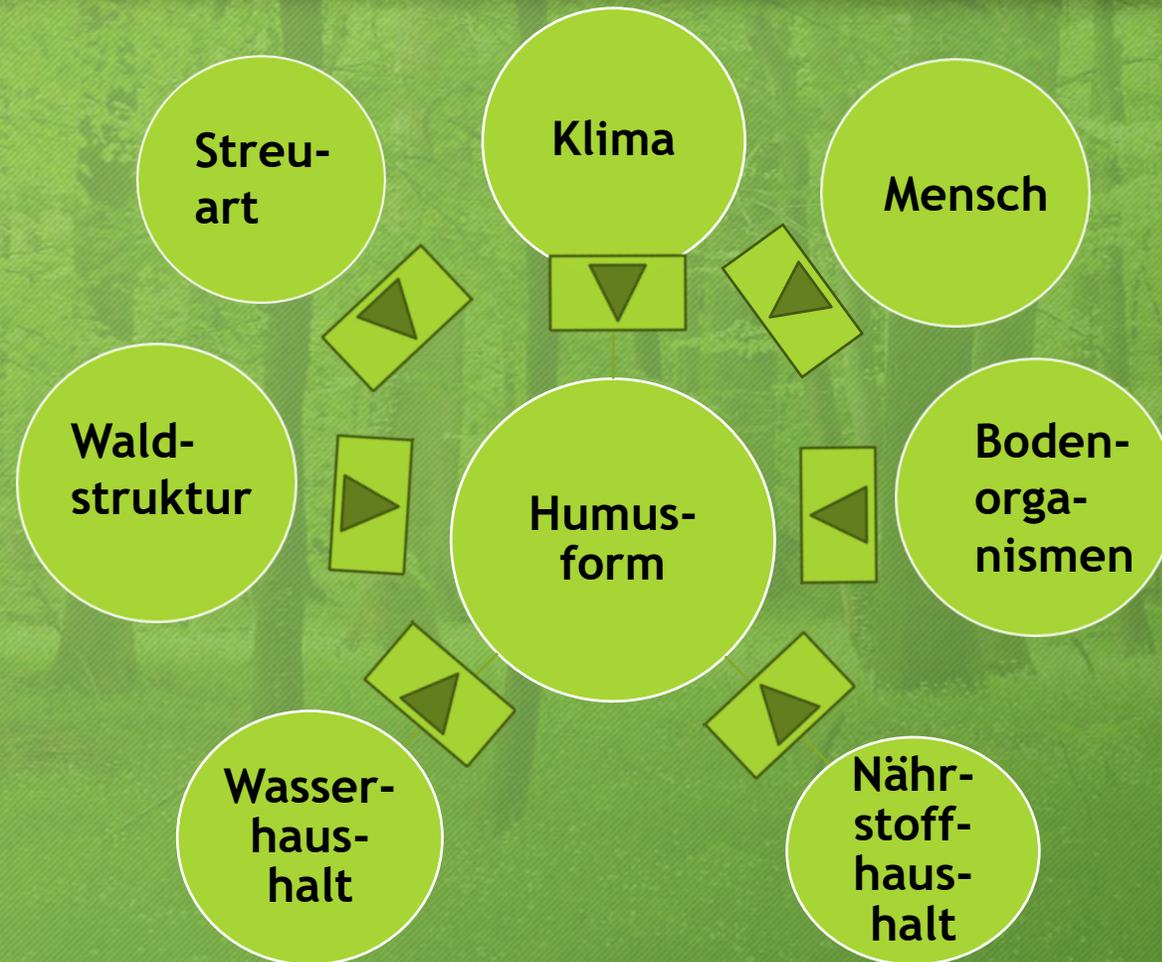
[Mullartiger Moder, Horizontfolge: Ol / Olf / Ohf / Oih, © G. Milbert]

Alle Waldböden unseres Klimaraums besitzen eine Streuauflage und bilden durch Zerkleinerung, Humifizierung und Mineralisierung in der Streuauflage und im Oberboden eine Humusform. Streuauflagen sind in unserem Klimaraum mit sommergrünen Laubwäldern natürlicher Bestandteil der Böden.

Waldböden besitzen eine Streuauflage

4

Die Streuauflage ist ein wesentlicher Teil der Waldböden



Die Umwandlung der Streu ist ein bodenbildender überwiegend biologischer Prozess:

- Zerkleinerung
- Humifizierung
- Mineralisierung

Dieser Prozess führt zu morphogenetisch definierten Humusformen.

Waldböden besitzen eine Streuauflage

5

„Ohne Humusauflage ist der Waldboden nichts“
(Friederike Lang, Universität Freiburg)

Merkmale & Eigenschaften der Streuauflage/Humusauflage:

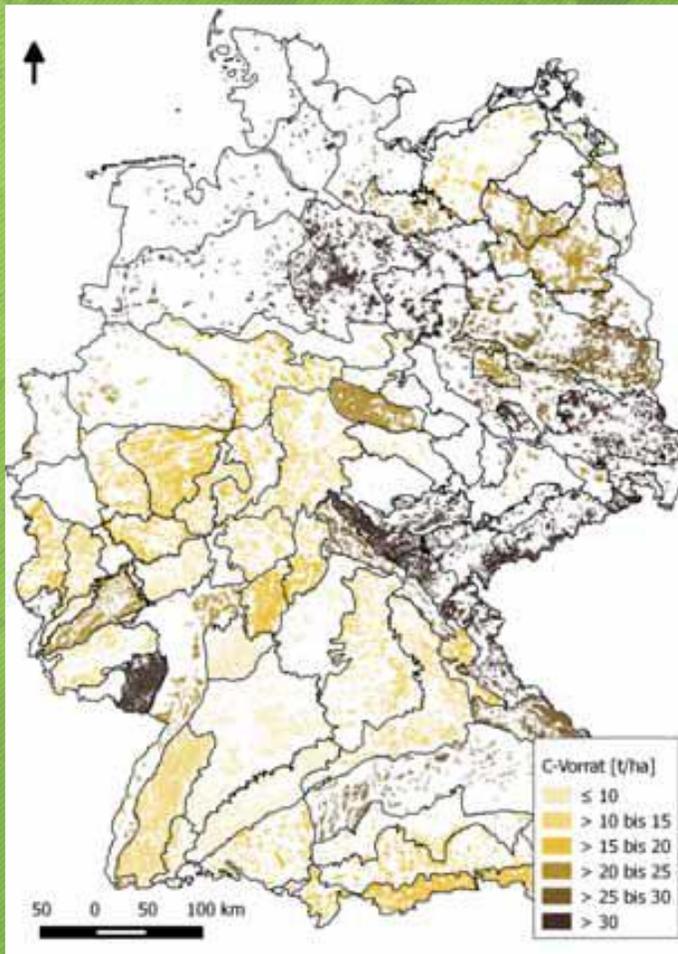
- hohe zeitliche und räumliche Dynamik
- wichtiger Lebensraum für Organismen
- sehr hohe Biodiversität
- hohe biologische Aktivität
- das Verdauungsorgan der Waldböden
- wichtiger Wasser und Nährstoffspeicher
- wichtiger Wurzelraum
- wichtiger Kohlenstoffspeicher
- hohe Nährstoffverfügbarkeit
- klima- und hoch umweltsensibel, passt sich rasch an Standortbedingungen an



[Moderartiger
Rohhumus,
Horizontfolge: Ol
/ Olf / Ohf / Okh
/ Ah-Ee, © G.
Milbert]

Streuauflagen speichern Kohlenstoff

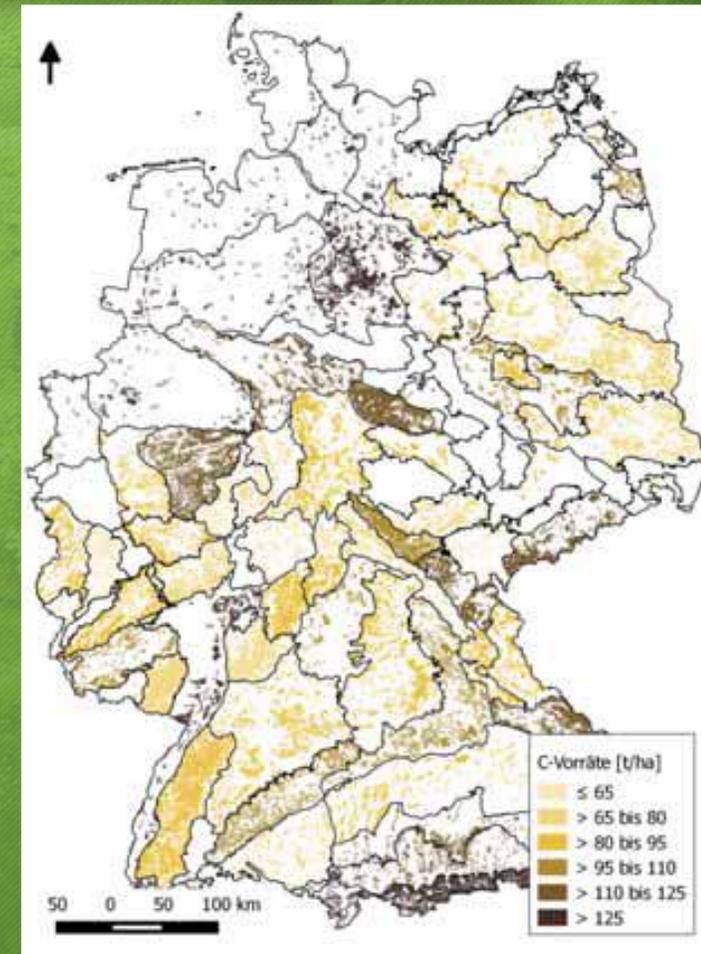
6



Kohlenstoffvorrat
der Humusauflage
(links) und des
Mineralbodens
(rechts) bis 90 cm
Tiefe

Zweite Boden-
zustandserhebung
(BZE II) 2007

Thünen Report 43



Gliederung der Humusformen -Systematik

7

„ Humusformen als Teil eines organisierten Ganzen betrachten. Mit einem morphogenetischen Ansatz betrachten wir die Merkmale der Streu und des Oberbodens als Resultat bodenbildender Prozesse. Wir beschränken uns nicht auf das Aneinanderfügen der beobachteten Merkmale, sondern sehen die Ineinanderfügen der einzelnen Prozesse und das Ineinanderwirken der einzelnen Organismen. „



[BZE-Probenahme, Ol+Of-Horizont, © G. Milbert]

Gliederung der Humusformen -Systematik

8

„Durch stete vergleichende Forschung und Merkmalsbeschreibung versuchen wir zu bildhaft geschlossenen Ganzheiten zu gelangen, die wir definieren, benennen und untereinander in Beziehung setzen. Dadurch entwickelt sich eine natürliche Gesamtform. So können wir das Fehlende und das sich Überschneidende erkennen und gezielt suchen und ergänzen.“

(Kubiëna 1955: Die Bedeutung des Begriffes Humusform für die Bodenkunde und Humusforschung, modifiziert)



[Moder unter Wirtschaftsgrünland auf Gley-Reduktosol, © G. Milbert]

Gliederung der Humusformen

9

Humusformen sind unterschiedlich - Vielfalt der Erscheinungsformen verstehen

- Inventur -> Erfassen der Verschiedenheit und der Häufigkeit der Unterschiede
- Klassifikation -> Gliederung der Erscheinungsformen nach Merkmalen
- Systematik -> Gliederung der Erscheinungsformen nach genetischen Kriterien



[Buchenblattstreu-Vorrat über Grabgang von *Lumbricus terrestris*, © O. Ehrmann]

Systematische Gliederung der Humusformen

10

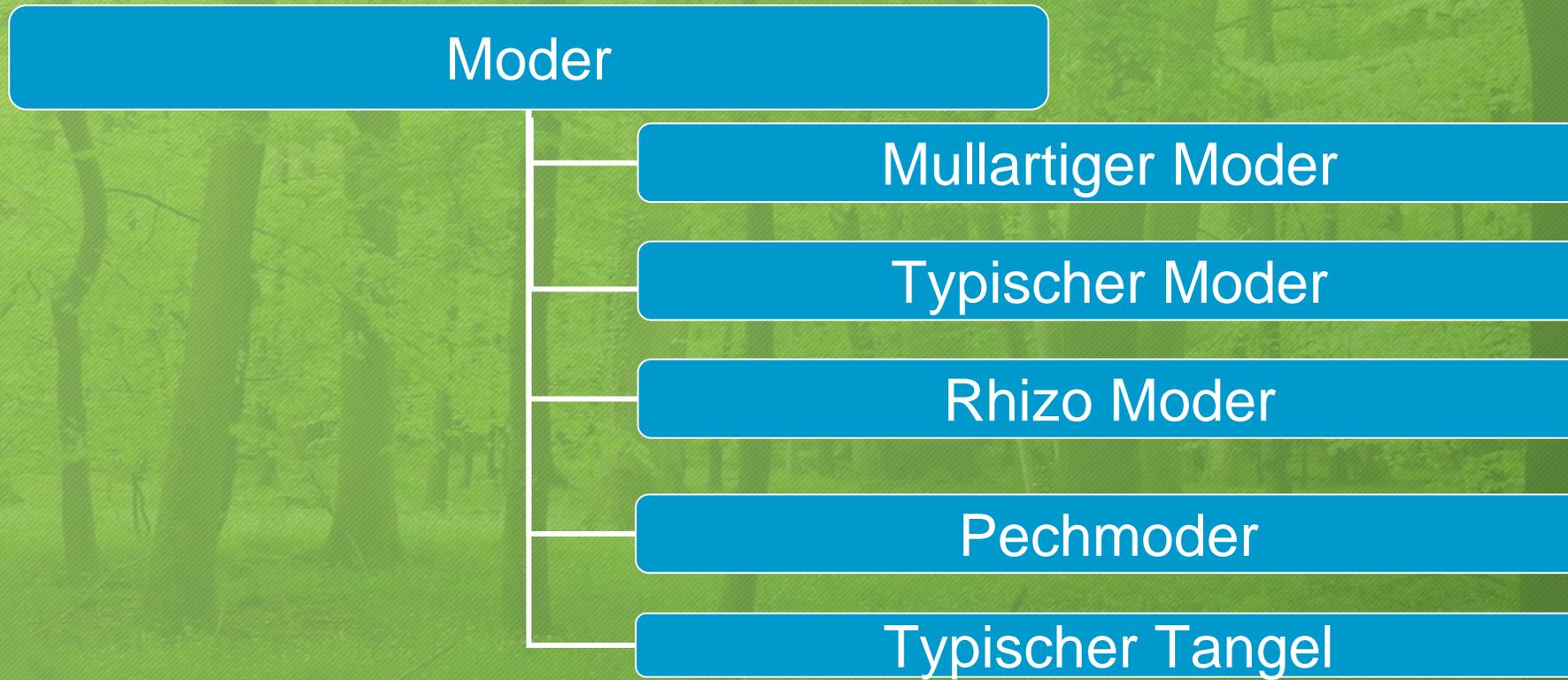
Eine Systematik ist eine wissenschaftliche Gliederung von Objekten in Einheiten. Dabei wird die Vielfalt der Objekte nach definierten Kriterien in eine überschaubare hierarchische Form gebracht. Die Vielfalt der Objekte und ihre Beziehung zueinander wird damit nachvollziehbar

Im Mittelpunkt stehen sowohl die umfassende Beschreibung einzelner Objekte als auch die Beziehungen zwischen den Objekten. Das erleichtert die Identifizierung und Einordnung von bisher nicht beschriebenen neuen Objekten in eine bestehende Systematik. Lücken, Widersprüche und Überschneidungen können erkannt werden.

Die pedogenetisch angelegte Systematik der Humusformen als Teilbereich der Bodensystematik verwendet dazu Merkmale der Böden als Resultat der Boden bildenden Prozesse und Faktoren. Die morphologischen Bodenmerkmale werden dazu definiert und klassifiziert.

Gliederung der Humusformen-Systematik

11



Humusformen als Resultat pedogener Prozesse

12

Je nach Wasser- und Nährstoffhaushalt, Streuart und Belebtheit bilden sich unterschiedliche Humusformen:

Moder



© U. Koch, GD NRW

moderartiger Rohhumus



© G. Milbert

Feucht-F-Mull



© G. Milbert

oligotroph. F-Moor



© G. Milbert

Systematische Gliederung der Humusformen

13

Abteilung	Klasse	Typ	Subtyp
Aeromorphe und Aerohydromorphe Humusformen	Mull-Humusformen	L-Mull F-Mull	9 Übergangs- und Abweichungssubtypen
	Auflage- Humusformen	Moder Rohhumus	9 Übergangs- und Abweichungssubtypen
	Initial- Humusformen	Initial-Mull Initial-Auflagehumus	
	Streunutzungs- Humusformen	Hager-Humus F-Rohhumus	
Hydromorphe Humusformen	Anmoor	Anmoor	
	Humusformen wachsender Moore	F-Moor M-Moor H-Moor	9 Abweichungssubtypen

Horizonte der Streuauflage und des Oberbodens

14

Die Horizonte sind in der aktuellen Humusformengliederung hierarchisch strukturiert und eindeutiger definiert. Eine Reihe neuer diagnostischer Horizonte wurde eingeführt.

Haupthorizonte: O, H, A, E

Horizonte (Beispiele): Ol, Of, Oh, Hn, Ax, Ee

Abweichungshorizonte (Beispiele): Odf, Owf, Oxh, Obh, Owbh, Okh, Osh, Hfn, Axp

Übergangshorizonte (Beispiele): Olf (Ol-Of), Ohf (Oh-Of), Ah-Go, Sw-Ax, Ah-Ee

Eine differenziertere Gliederung der Humusformen ist jetzt möglich.

stärkere Differenzierung der O-Horizonte

KA 5	KA 6	M% Corg	Vol% org. Feinsubstanz
O	O	> 15	
L	Ol	> 15	< 10
	Owl	> 15	< 10
Of	Of	> 15	≥10 - < 70
	Olf (Ol-Of)	> 15	≥10 - < 30
	Ohf (Oh-Of)	> 15	≥30 - < 70
	Odf	> 15	≥10 - < 70
	Owf	> 15	≥10 - < 70



Olf-Horizont mit Makrofauna-Losung
(organische Feinnsubstanz)

stärkere Differenzierung der O-Horizonte

16

KA 5	KA6	M% Corg	Vol% org. Feinsubstanz
Oh	Oh	> 15	≥ 70
	Obh	> 15	≥ 70
	Owbh	> 15	≥ 70
	Okh	> 15	≥ 70
	Owkh	> 15	≥ 70
	Osh	> 15	≥ 70
	Owsh	> 15	≥ 70
	Odh	> 15	≥ 70
	Owdh	> 15	≥ 70
Ovh	Ovh	> 15	≥ 70
	Oxh	> 15	≥ 70



[Okh-Horizont aus Fichtennadelstreu, © G. Milbert]

stärkere Differenzierung der Humusformen

17

Abteilung	Klasse	Typ	Subtyp	Kurzz.
Aero- morphe und aero- hydro- morphe Humus- formen	Mull-Humusformen			M
		L-Mull		ML
			A-Mull	MLA
			Typischer L-Mull	MLT
			Rhizo-L-Mull	MLR
			Feucht-L-Mull	MLF
		F-Mull		MF
			Feinhumusarmer F-Mull	MFL
			Typischer F-Mull	MFT
			Rhizo F-Mull	MFR
			Moderartiger F-Mull	MFM
			Feucht-F-Mull	MFF



[Adx-Horizont mit Wurzelfilz aus Esche-Wurzeln, © C. Wachendorf]

stärkere Differenzierung der Humusformen

18

Abteilung	Klasse	Typ	Subtyp	Kurzz.
Aero- morphe und aero- hydro- morphe Humus- formen	Auflage-Humusformen			A
		Moder		AM
			Mullartiger Moder	AMM
			Typischer Moder	AMT
			Rhizo-Moder	AMR
			Pechmoder	AMP
			Tangel	AMT
			Feucht-Moder	AMF
		Rohhumus		AR
			Moderartiger Rohhumus	ARM
			Typischer Rohhumus	ART
			Feucht-Rohhumus	ARF



[Skelett-Humusboden mit Rohhumus aus Calluna-Streu, © G. Milbert]

Beschreibung der Humusformen KA 6

19

Die Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 6) ermöglicht erstmalig eine ausführliche Beschreibung der Humusform mit Hilfe von 18 Merkmalstabellen

Nr.	Titel	Seite
C 24	Vegetation (Baumarten)	211
C 28 u. 29	Lumbriciden	216
C 40	Lagerungsform der O-Horizonte	240
C 42	Merkmale der Nadel- und Laubblattreste in O-Horizonten	242
C 44	Humifizierungsgrad pedogen nicht veränderter Torfe	247
C 45	Durchwurzelungsintensität und Wurzelverteilung	248
C 46	Flächenanteil und Verteilung von Pilzmycel	249



[Osh-Horizont aus Fichtennadelstreu, kompakt, scharfkantig brechend, © E. von Zezschwitz]

Beschreibung der Humusformen KA 6

20

Die neue Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA 6) ermöglicht erstmalig eine ausführliche Beschreibung der Humusform mit Hilfe von 18 Merkmalstabellen

Nr.	Titel	Seite
C 58	Bodenkundliche Torfartengruppen	266
C 60	Streuart	272
C 78 - 80	Grundnässestufe, Wasserverhältnisse, Staunässestufe	381
C 85	Humusformen als Varietäten der Bodensubtypen	470
C 102	Kurzzeichen und Gliederung der Humusformen	514
C 103	Streuzersetzbarkeit verschiedener Baumarten	516
C 104	C/N in organischen und mineralischen Horizonten	517
C 105	Trophiestufen natürlicher Moore	532



[Blattstreu aus Buchenlaub,
© G. Milbert]

aktuelle Systematik der Humusformen

Abteilung	Klasse	Typ	Subtyp	Kurzzeichen
Aeromorphe und Aero-Hydromorphe Humusformen				
	Mull-Humusformen			M
		L-Mull		ML
		A-Mull		MLA
		Typischer L-Mull		MLT
		Rhizo-L-Mull		MLR
		Feucht-L-Mull		MLF
		F-Mull		MF
		Feinhumusarmer F-Mull		MFL
		Typischer F-Mull		MFT
		Rhizo-F-Mull		MFR
		Moderartiger F-Mull		MFM
		Feucht-F-Mull		MFF



[A-Mull aus Eschenblattstreu mit Ax-Horizont, © G. Milbert]

aktuelle Systematik der Humusformen

22

Abteilung	Klasse	Typ	Subtyp	Kurzzeichen
Aeromorphe und Aero-Hydromorphe Humusformen				
	Auflage-Humusformen			A
		Moder		AM
			Mullartiger Moder	AMM
			Typischer Moder	AMT
			Rhizo-Moder	AMR
			Pechmoder	AMP
			Tangel	AMA
			Feucht-Moder	AMF
		Rohhumus		AR
			Moderartiger Rohhumus	ARM
			Typischer Rohhumus	ART
			Feucht-Rohhumus	ARF



[Typischer Moder aus Nadel- und Laubstreu, © R. Baritz]

aktuelle Systematik der Humusformen

23

Abteilung	Klasse	Typ	Subtyp	Kurzzeichen
Aeromorphe und Aero-Hydromorphe Humusformen				
	Initial-Humusformen			I
		Initial Mull		IM
		Initial-Auflagehumus		IA
	Hagerhumus- und Streunutzungs-Humusformen			X
		Hager-Humus		XH
		F-Rohhumus		XR



[Hagerhumus mit Kruste aus Calluna- und Flechtenstreu auf Dünensand, © G. Milbert]

aktuelle Systematik der Humusformen

Abteilung	Klasse	Typ	Subtyp	Kurz-zeichen
Hydromorphe Humusformen				
	Anmoor			O
		Anmoor		OA
	Humusformen natürlicher Moore			H
		F-Moor		HF
			Mesotrophes F-Moor	HFM
			Oligotrophes F-Moor	HFO
			Dystrophes F-Moor	HFD
		M-Moor		HM
			Eutrophes M-Moor	HME
			Mesotrophes M-Moor	HMM
			Oligotrophes M-Moor	HMO
		H-Moor		HH
			Polytrophes H-Moor	HHP
			Eutrophes H-Moor	HHE
			Mesotrophes H-Moor	HHM



[Mesotrophes H-Moor, Quellbereich der Eder, © U. Koch, GD NRW]

Definitionsbeispiel Horizont

25

- O Organischer Auflagehorizont, aeromorph bis aero-hydromorph, an der Bodenoberfläche aus abgestorbener Biomasse (vor allem Pflanzenstreu) [O von organisch].
 - 1. Anteil organischen Kohlenstoffs ≥ 15 Masse-% und
 - 2. unter aeromorphen bis aero-hydromorphen Bedingungen entstanden.

Organische Feinsubstanz ist dunkel gefärbte, amorphe organische Substanz in O- und H-Horizonten sowie deren Verzahnungshorizonten, die makroskopisch keine Gewebestrukturen mehr aufweist (Feinhumus).
- OI O-Horizont, besteht fast ausschließlich aus nicht oder wenig zersetzter abgestorbener pflanzlicher Biomasse, z. T. punktiert, gefleckt, gebräunt, gewellt, schwach rissig, löchrig und ausgekerbt. [I von Litter].
 - 3. Anteil organischer Feinsubstanz < 10 Vol.-%

Definitionsbeispiel Humusformentyp

26

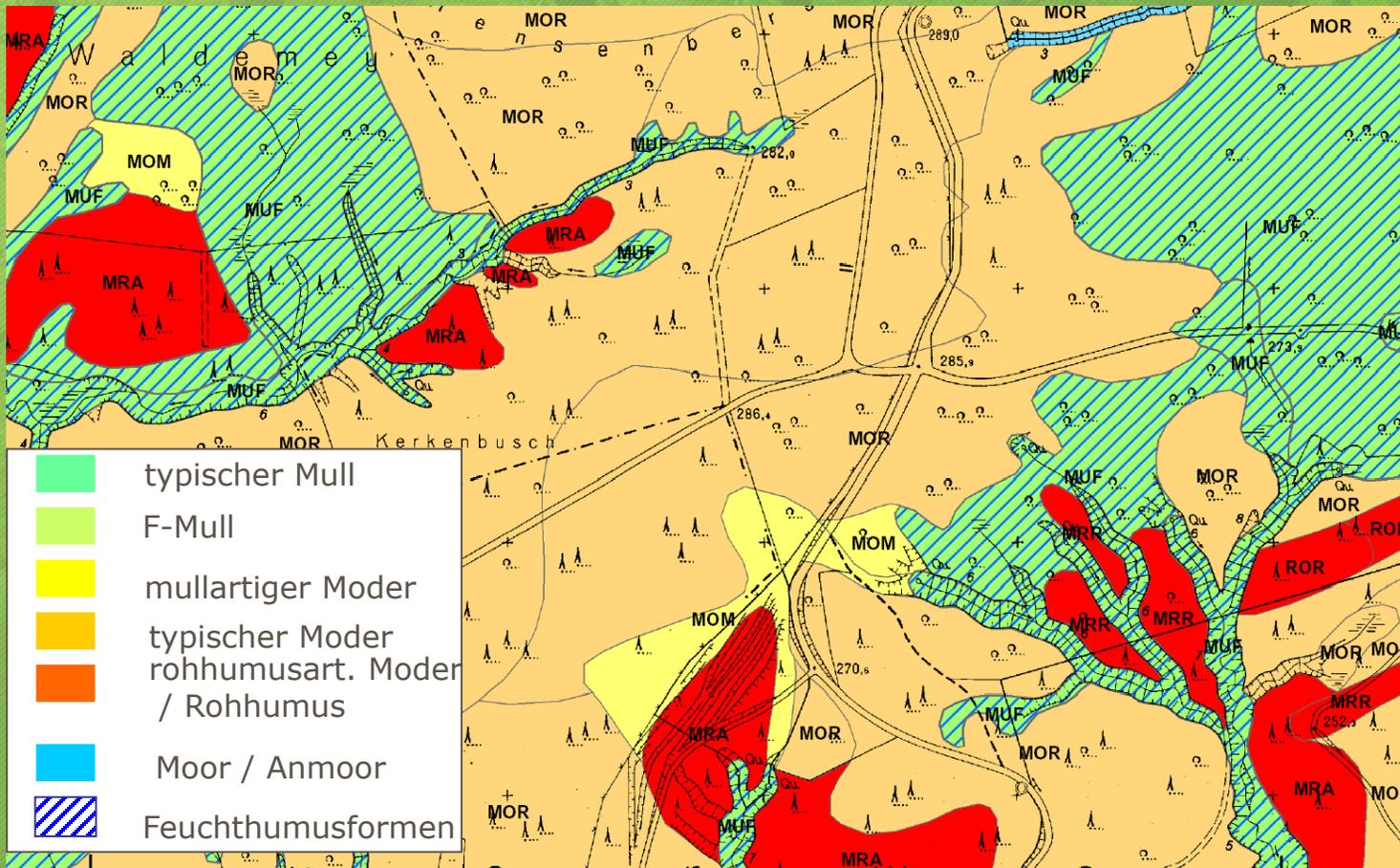
ML Typ: L-Mull

L-Mull kommt auf mäßig basenreichen bis sehr basenreichen Böden vor. Die Streuarten sind gut bis sehr gut zersetzbar. Die Streu wird innerhalb von 6 Monaten bis 2 Jahren humifiziert und mineralisiert. Der meist > 10 cm mächtige mineralische Oberboden ist hochbelebt und besitzt ein Aggregatgefüge (Krümel, Subpolyeder, Polyeder). Das Aggregatgefüge ist in stärker bindigen Böden stabil. An Standorten mit sandigen Substraten und Streu mit einem sehr engem bis engem C/N-Verhältnis findet ein rascher Streuabbau statt. Dabei entstehen trotz Bioturbation im Ah-Horizont keine stabilen Krümel oder Subpolyeder, sondern fein aggregierte humifizierte organische Substanz liegt neben der Mineralmatrix vor.

- Ol-Horizont vorhanden, locker bis schütter und
- Olf-Horizont fehlend bis lückig oder geringmächtig vorhanden, locker bis leicht vernetzt und
- Ax-, Au- oder hochbelebter Ah-Horizont vorhanden

Flächenhafte Darstellung (BK5F GD NRW)

27



[Typischer Moder, feinhumusreich, aus Fichtennadelstreu, © A. Konopatzky]

Humusaufgabe - wesentlich für Waldböden

28

Humusaufgaben besitzen eine wichtige Zeigerfunktion für Umwelteinflüsse und Änderungen der Standorteigenschaften wie:

- Entwässerung
- Stickstoffeintrag
- Bodenschuttkalkung
- Baumartenwandel
- Auflichtung
- Staubeinträge
- Bodenversauerung
- Übernutzung
- nachhaltiger Waldbau
- Klimawandel



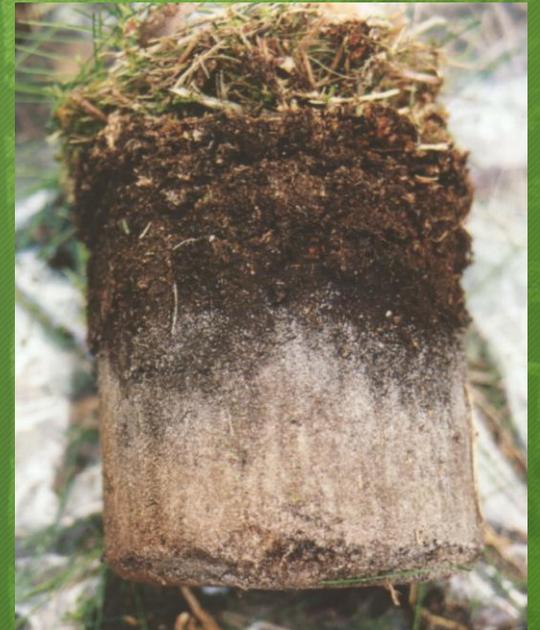
[Nach Räumung und anschließender Vergrasung einer Fichtenschadfläche lösen sich Humusaufgaben innerhalb weniger Jahre auf. © J. Evers NWFVA]

Der Wert von Humusauflagen wird unterschätzt

29

Bei der Forstlichen Standortskartierung, im Waldbau und auch bei der Bodenbeschreibung und Analytik verdienen Humusauflagen mehr Beachtung:

- Viele standortkundliche Kartierverfahren berücksichtigen die Humusauflage wenig oder gar nicht.
- Eine flächenhafte Darstellung der Humusformen sowie eine Analyse der Nährstoffvorräte, C/N, C/P und der Nährstoffverfügbarkeit ist erforderlich.
- Bei Aufforstungsmaßnahmen werden Reisig und Humusauflagen teilweise als störend empfunden und zusammengesoben. Pflanzverfahren, die Reisig und Humusauflagen auf der Fläche belassen, sind standortgerechter.
- Humusauflagen sind bedeutsame Kohlenstoffspeicher. Aus Sicht des Klimaschutzes sollten Humusauflagen und Waldböden insgesamt Kohlenstoffsenken darstellen und humusschonend genutzt werden.



[© G. Milbert]

Humusauflagen / Humusformen

30

Was bleibt zu tun?

- Auswertung der biogenen Merkmale von A-Horizonten
- Mehrschichtige Humusauflagen in den Blick nehmen und Regelung zur Benennung entwickeln
- Daten zu C/N und C/P nach Streuarten (Baumarten) zusammenstellen
- Humusdynamik vererdeter Moore
- Humusformendynamik bei Wiedervernässung
- Datenbank für chemische und physikalische Kennwerte der Humusformen
-



© GD NRW

Arbeitsgruppe Humusformen der DBG

31



© Stephan Melms

Workshop zu biogenen Merkmalen der A-Horizonte in Zierenberg

Danke für das Projekt Feuchtwälder!

32

Bleiben Sie humus- und bodenneugierig.

