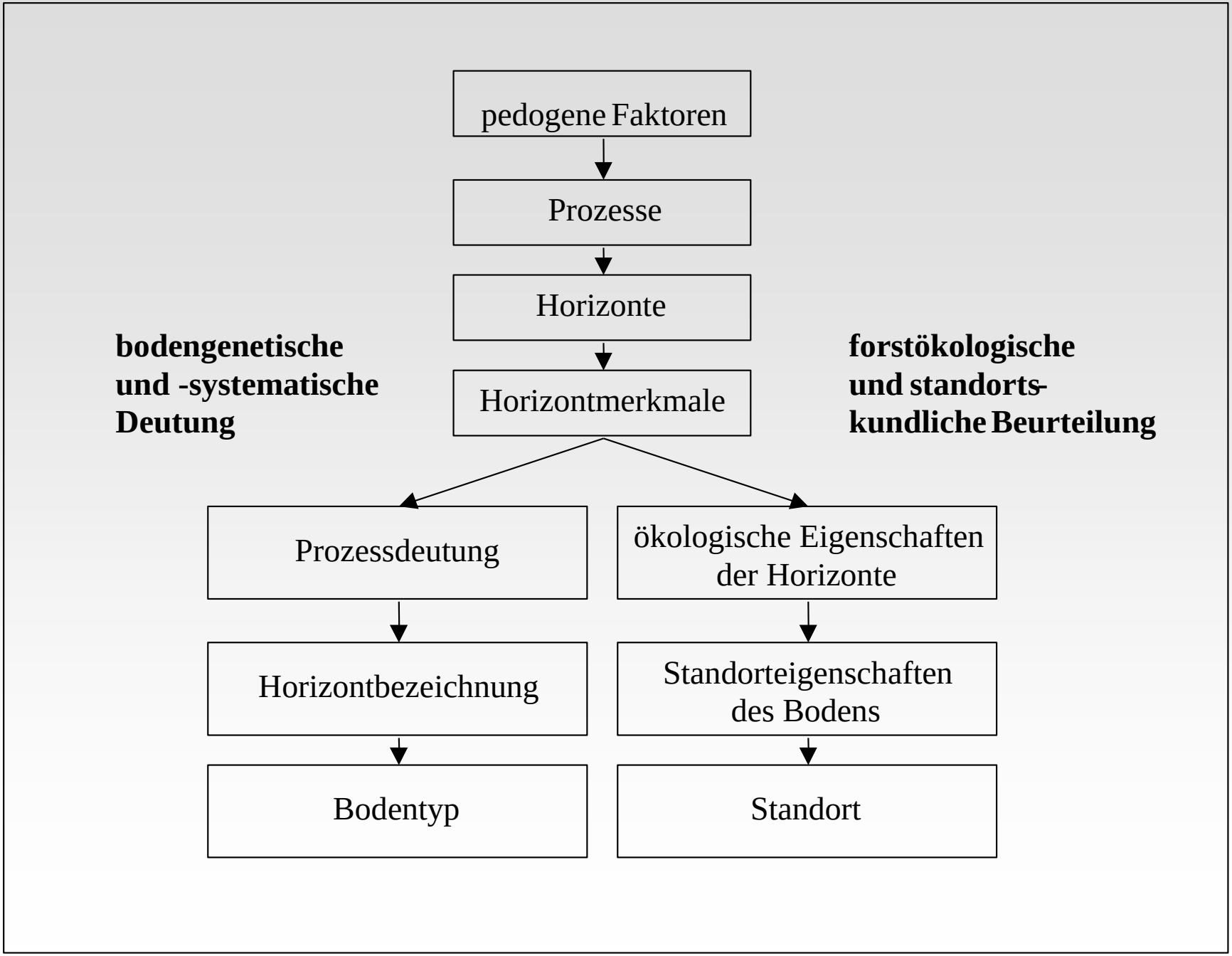
I. Einführung


pedogene Faktoren
Prozesse
Horizonte
Horizontmerkmale
bodengenetische und -systematische Deutung
forstökologische und standorts-kundliche Beurteilung
Prozessdeutung
ökologische Eigenschaften der Horizonte
Horizontbezeichnung
Standorteigenschaften des Bodens
Bodentyp
Standort

Ziele der Forstlichen Standortskartierung

Ziel ist die Erfassung aller für das Wachstum wichtigen natürlichen Bedingungen. Die standortskundlichen Ergebnisse dienen als Entscheidungsgrundlage für eine wirtschaftliche und ökologische Forstwirtschaft.

Hieraus leiten sich folgende technischen Aufgaben ab:

- **Standortstypen sind im Gelände kartenmäßig abzugrenzen und somit jede Fläche einem Standortstyp zuzuordnen**
- **die wesentlichen Standortseigenschaften sind zu beschreiben**
- **aus den Standortseigenschaften sind Vorschläge für die standortsgerechte Baumartenwahl abzuleiten.**

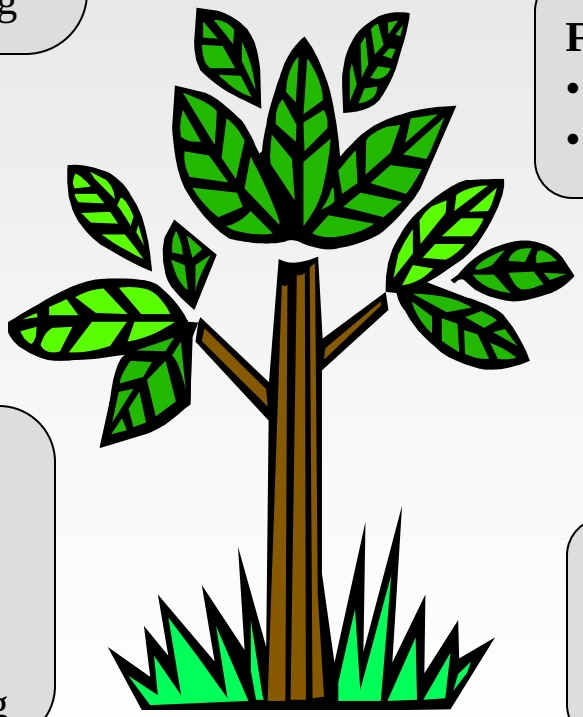
Anwendungsbereiche der Forstlichen Standortskunde

Waldbau
- Baumartenwahl
- Baumartenmischung
- Bestandesgründung
- ökologische Waldentwicklungsplanung

Forstpolitik und Umweltvorsorge
- Daten, Zahlen, Argumente
- Landnutzungsplanung
- Bodenschutzgebiete
- Boden- und Waldbewertung

Forstliche Rahmenplanung
- Landeswaldprogramm
- Waldfunktionenkartierung

Bodenschonende Holzernte
- Weichbödenbereiche
- Seilkraneinsatz



Walderschließung
- optimale Trassenführung

Waldschutz
- Fruchtbarkeitserhaltung bzw. förderung
- Sanierung von Wäldern
- Bodenschutzkalkung
- Ausgleichs- bzw. Startdüngung

Naturschutz
- Waldbiotopkartierung
- Naturwaldzellen
- Schutzgebietsausweisungen

Geschichte

- 18. / 19. Jhdt.: erste standortskundliche Ansätze
  - auf Wirtschaftskarten abteilungsweise Symbole für Bodenbeschaffenheit (Gestein, Humus) und Lage
  - Heinrich von Cotta (1763-1844): Standortsgüteklassen I - X
- Emil Ramann (1851-1926):
  „Forstliche Bodenkunde und Standortslehre“ (1893)
- 20. Jhdt:
  - „Anleitung zur Standorts- und Bestandesbeschreibung beim Forstlichen Versuchswesen“ (Ramann, 1909)
  - Standortsgüteklassen / Standortsklassen kennzeichnen über die Wuchsleistung („Bonität“) der aufstockenden Baumart den Standort
  - Walter Wittich (1897-1977): Definition des *forstlichen Standortes*
  - nach 1945: Forsthoheit der Länder → eigenständige Kartierverfahren auf Bundeslandebene; DDR: Ostdeutsches Verfahren seit 1951 beständig weiterentwickelt (SEA)
  - AK Standortskartierung in der AG Forsteinrichtung → „Forstliche Standortsaufnahme“ (Erstauflage: 1953)

Emil Ramann (1893):
„Forstliche Bodenkunde und Standortslehre“

„Ist das vorliegende Buch auch nur als erster Versuch zu betrachten, so steht doch zu hoffen, dass es anspornend wirken möge, die Forstliche Standortslehre auf die Höhe zu bringen, welche sie erreichen muss, um für die Forstwissenschaft zu sein, wozu sie berufen ist, **die naturwissenschaftliche Begründung des Waldbaues.“**

Grundbegriffe

- Standort
- forstlicher Standort
- Standortstyp (syn.: Standortsform, Standortseinheit)
- Standortstypengruppe (syn. Standortsformengruppe)
  (Kriterien der Gruppierung: waldbauliche Möglichkeiten, Gefährdung, Ertragsfähigkeit)
- Wuchsbezirk
- Wuchsgebiet

Standortsform → Befundebene

Standortsformengruppe → Bewertungsebene

Grundbegriffe

- Standortsfaktoren
- Standortselemente
- Standortsmerkmale

Standortsfaktoren (Umweltfaktoren)

- Wasser (Bodenwasserspeicher, kapillarer Aufstieg, relative Luftfeuchte, Niederschläge, ...)
- Licht (Intensität und Dauer der Lichteinwirkung)
- Wärme (Temperatur, Länge der Vegetations-periode, ...)
- Ernährung (CO_2, O_2, Nähr- und Schadstoffe, ...)
- mechanische Faktoren (Wind, Schnee, Eis, Erosion, ...)
- .....
- .....

Das *Zusammenspiel* der Standortsfaktoren ist wachstumswirksam

- Faktoren können sich
  - o verstärken (addieren, multiplizieren)
  - o abschwächen, aufheben

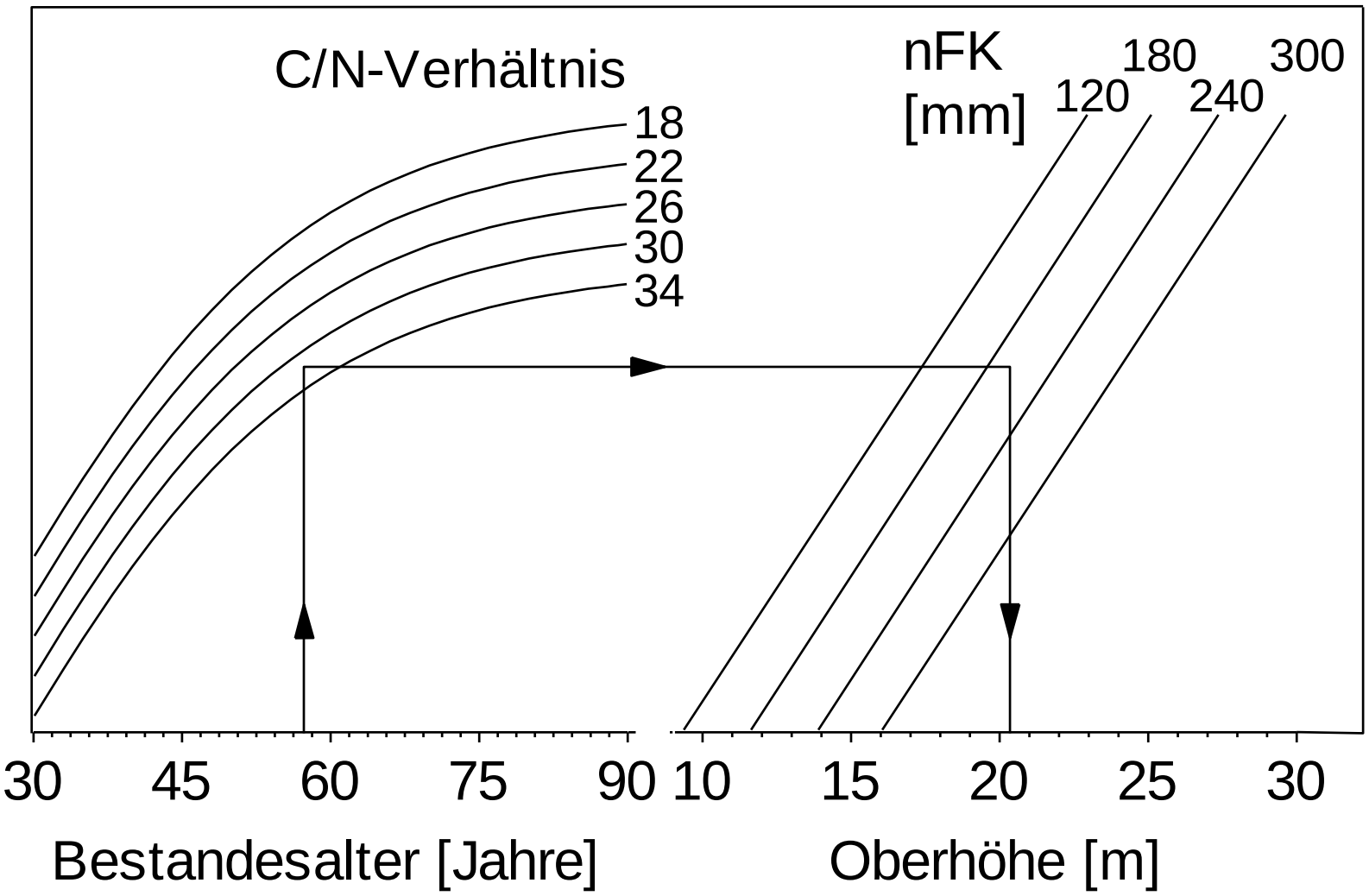
Synergieeffekte

„das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“

- Bsp.:

eine günstige Wasserversorgung kann eine mäßige Nährstoffversorgung kompensieren

Zusammenspiel von Wasser- und Nährstoffhaushalt



Ziel der Standortskunde ist nicht die Erfassung der einzelnen Standortsfaktoren, sondern das Ergebnis ihres Zusammenwirkens

(Bezugsgröße: Wuchsleistung, „Bonität“)

↓

„Standortselemente“
(Standortsfaktorenkomplexe)

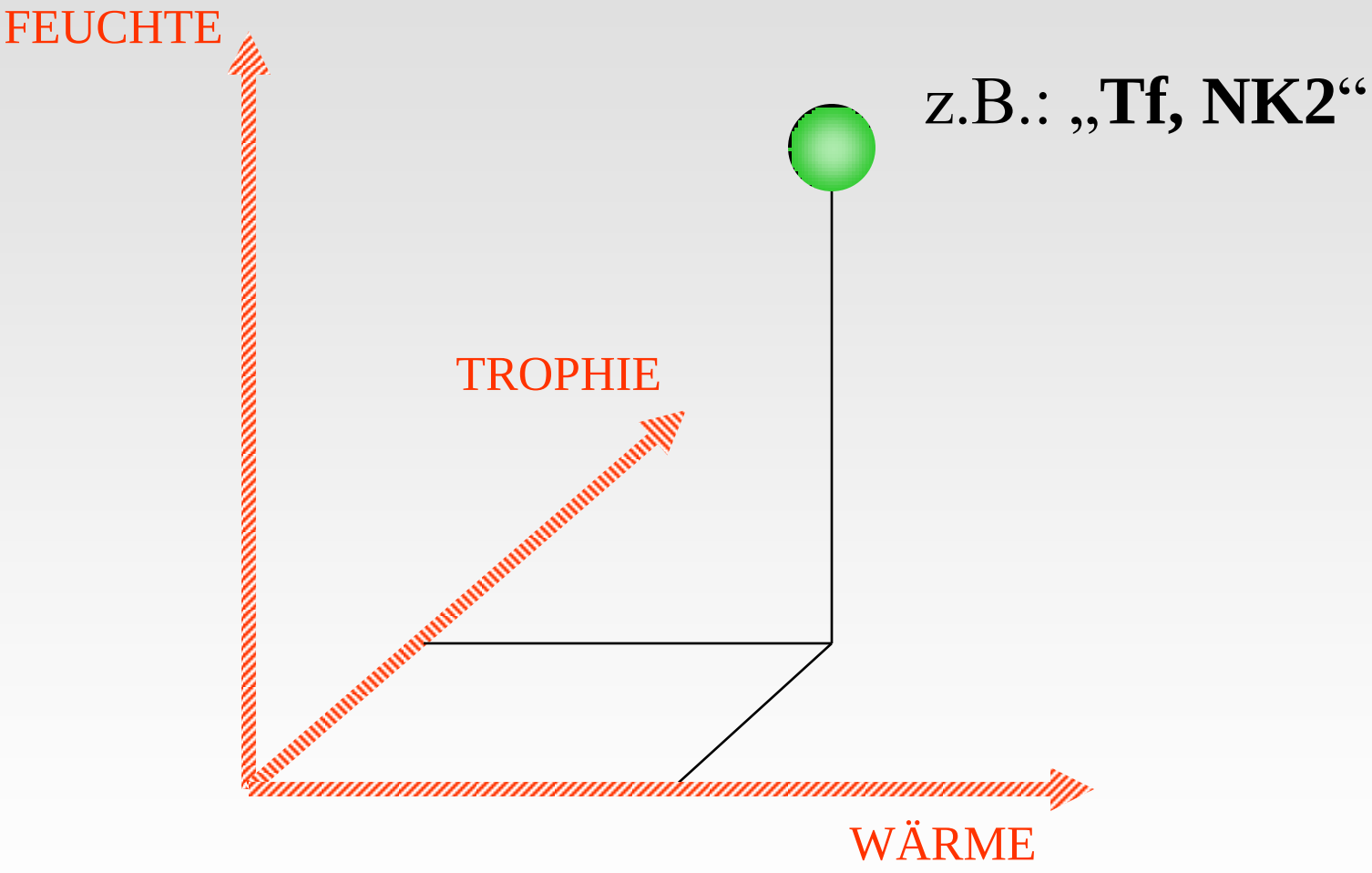
Standortselemente

WASSER-HAUSHALT (Feuchte)

NÄHRSTOFF-HAUSHALT (Trophie)

WÄRME-HAUSHALT

Ökologische Koordinate eines Standortes



Standortsmermale

Einfach herleitbare Indikatoren aus den Bereichen

- Lage
- Klima
- Boden
- Vegetation

aufgrund derer sich Aussagen zu den Standorts-elementen treffen lassen.

Standortsmerkmale:
(= einfach herleitbare Indikatoren aus den Bereichen Lage, Klima, Boden und Vegetation, aufgrund derer sich Aussagen über die Standortselemente Wärme / Trophie / Feuchte treffen lassen)

Indikatoren für die TROPHIE

Bereich BODEN (/ LAGE):

- Ausgangsgestein (Silikate, Carbonate, Pufferkapazität, Verwitterbarkeit)
- Bodenart (Wasserspeichervermögen, Austauschkapazität)
- Bodentyp
- Humusform, Humusmenge und –qualität (C/N, C/P, biol. Aktivität)
- effektive Kationenaustauschkapazität
- Basensättigung, pH-Wert
- Bodenwasserhaushalt (unter dem Aspekt der Nährstoffverfügbarkeit und -nachlieferung)
- physiologische Gründigkeit

Bereich VEGETATION:

- Waldgesellschaften
- ökologische Artengruppen (Trophieweiser)
- Wuchsleistung der aufstockenden Baumarten

Standortsmerkmale:
(= einfach herleitbare Indikatoren aus den Bereichen Lage, Klima, Boden und Vegetation, aufgrund derer sich Aussagen über die Standortselemente Wärme / Trophie / Feuchte treffen lassen)

Indikatoren für die FEUCHTE

Bereich LAGE:

- Lage im Relief
- Exposition, Inklination (Verdunstung)
- Unter-, Oberhang, Kuppe, Senke (Hangzuschusswasser)

Bereich BODEN:

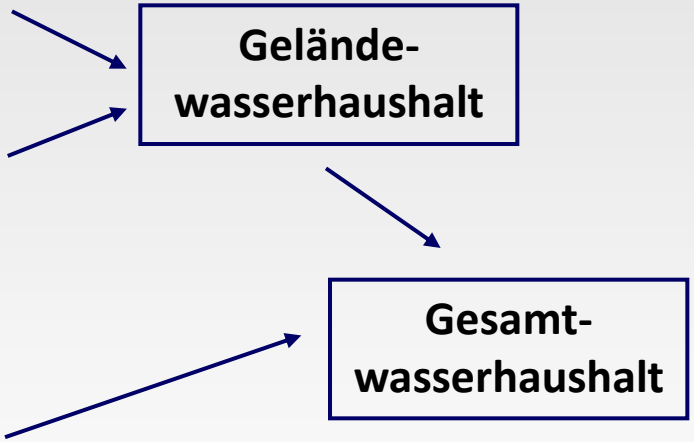
- Bodenart, TRD, Humusgehalt, Skelettanteil → nFK
- physiologische Gründigkeit, Wurzelraum → nFK_{WE}
- Grundwasserabstand → kapillarer Aufstieg

Bereich KLIMA:

- regionale , höhenzonale Klimadifferenzierung
- Niederschläge (Menge, zeitliche Verteilung)
- Verdunstung
- ... → Feuchteindices

Bereich VEGETATION:

- Waldgesellschaften, ökologische Artengruppen, Wuchsleistung



Standortsmerkmale:
(= einfach herleitbare Indikatoren aus den Bereichen Lage, Klima, Boden und Vegetation, aufgrund derer sich Aussagen über die Standortselemente Wärme / Trophie / Feuchte treffen lassen)

Indikatoren für die WÄRME

Bereich LAGE:

- horizontale (regionale) Klimadifferenzierung
- vertikale (höhenzonale) Klimadifferenzierung
- Lage im Relief (Exposition, Inklination, ...)

Bereich KLIMA:

- punktuell gemessene, für den Standort interpolier- oder übertragbare Klimadaten
- Jahresdurchschnittstemperatur
- Durchschnittstemperatur während der Vegetationsperiode (Mai – September)
- Dauer der Vegetationsperiode in Tagen
- ... → Klimaindices

Bereich BODEN:

- nasse, "schwere" Böden (tendenziell kalt); trockene "leichte" Böden (tendenziell warm)

Bereich VEGETATION:

- klimabedingte Waldgesellschaften
- ökologische Artengruppen (Wärmezeiger)
- natürlich vorhandene Baumarten

Standortsmerkmale aus den **Bereichen**

LAGE	BODEN	KLIMA	VEGETATION
Großraum, Wuchsgebiet, Wuchsbezirk, Höhenlage, Exposition, Inklination, usw.	Ausgangsgestein, Bodentyp, Bodenart, Humusform, Wurzelraum, usw.	Durchschnitts- bzw. Summenwerte von Temperatur, Niederschlag, Vegetationszeitdauer, usw.	Waldgesellschaften, ökologische Artengruppen, Wuchsleistung

geben **direkt** oder **indirekt**

Auskunft über die

Standortselemente

Wärmehaushalt	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt
(**WÄRME**)	(**FEUCHTE**)	(**TROPHIE**)

und führen so zur Herleitung des

FORSTLICHEN STANDORTES

→ „kombinierte Methode“

II. Nährstoffhaushalt (Trophie)

Klassifikation der Trophiebereiche

(aus der Vegetationsökologie stammender Ansatz zur Kennzeichnung des Gesamtnährstoffangebotes an einem Standort)

- **Eutroph**

= sehr gut bis gut nährstoffversorgt

- **Mesotroph**

= mittel nährstoffversorgt

- **Oligotroph**

= gering nährstoffversorgt

- **Dystroph**

= sehr gering nährstoffversorgt

griech. trophein = nähren ernähren; eu = gut;
meso = mittel; oligos = gering; dys = sehr arm

Nährstoffherkunft

- Lithogene Herkunft (überwiegender Teil des Nährstoffvorrats im Boden; sog. „nativer“ Vorrat)
- Atmogene Herkunft (nasse / trockene Deposition)
- Biogene Herkunft (→ Humusmineralisierung)

Nährstoff-Pools (Vorräte im Wurzelraum)

- Mobilisierbare Reserve: z.B. in Kristallgittern von Tonmineralen, N in schwer mineralisierbarem Lignin, Nährstoffe im Dauerhumus des Mineralbodens, ...
- Nachlieferbare Reserve: Nährstoffionen in Mineralrandpositionen, N in leicht mineralisierbaren Aminosäuren, Mg im Dolomit, ...
- Austauschbare Nährstoffe („pflanzenverfügbare Nährstoffe“): an den Oberflächen des Humus und an Tonmineralen adsorbierte Stoffe (→ KAK)
- In der Bodenlösung befindliche Ionen

Nährstoffverfügbarkeit ist abhängig von

- Elementkonzentration in der Lösung
- Elementmenge in austauschbarer Form
- Transportrate (Feuchtebedingungen, Transpiration)
- Durchwurzelbarkeit und Wurzelwachstum (→ Bodentemperatur)
- pH-Wert (steuert Mineralisation, Verwitterung, Wurzelwachstum)

Versorgung = Vorrat * Verfügbarkeit

„pflanzenverfügbarer“
Nährstoff-Pool
→ NH_4Cl-Extrakt

Bodenfeuchte, pH-Wert,
Durchwurzelung ...

Nadel- / Blattspiegelwerte
(Baumernährung)
→ Säureaufschlussverfahren

Langfristig mobilisierbare und
nachlieferbare Reserve
→ Säureaufschlussverfahren

Bewertung der pflanzenverfügbaren **Vorräte** im effektiven Wurzelraum (Humusauflage + Mineralboden) als Vielfaches der durchschnittlichen Vorräte von Baumhölzern (→ K=400 kg/ha; Ca=400 kg/ha; Mg=100 kg/ha)

K [kg/ha]	<200	200-400	400-600	600-800	800-1200	1200-1600	>1600
(Faktoren)	(½)	(1)	(1 ½)	(2)	(3)	(4)	(>4)
Ca [kg/ha]	<200	200-400	400-800	800-2000	2000-4000	4000-8000	>8000
(Faktoren)	(½)	(1)	(2)	(5)	(10)	(20)	(>20)
Mg [kg/ha]	<50	50-100	100-200	200-500	500-1000	1000-2000	>2000
(Faktoren)	(½)	(1)	(2)	(5)	(10)	(20)	(>20)
Bewertung	Sehr gering	Gering	Gering bis Mittel	Mittel	Mittel bis Hoch	Hoch	Sehr hoch

Nährstoffversorgung

Für die Erfassung der Nährstoffversorgung gibt es keine wirksamen bodenkundlichen Verfahren. Bester Prüfstein für die Erfassung der Versorgung ist die Vegetation selbst:

- Mangelsymptome (Blattverfärbungen, ...)
- Kronenverlichtung
- Wuchsleistung
- Artenverteilung der Pflanzengesellschaften (Weiserpflanzen)
- Nadel- / Blattanalysen !

<u>Nadel- / Blattanalysen</u> weisen auf die aktuelle Ernährungssituation der Bäume hin. Für die Interpretation stehen einheitliche Orientierungs-werte für Versorgungsstufen zur Verfügung.
Voraussetzung: Probennahme unter Normbedingungen (z.B. Jahreszeit, ...).
Keine kausalanalytische Interpretation der Unterversorgung möglich; vielfältige Gründe möglich (z.B. geringes Angebot im Boden, physiologisch bedingte Ernährungsstörungen, Wurzelschädigungen, Antagonismen bei der Nährstoffaufnahme, ...)

Nährstoffversorgung - Bsp.: Magnesium

BZE-Stichprobe: Fichte, 1. Ndjg.

Klasse	Bewertung	Wertebereich (mg/g)	Häufigkeit [%] n=606
1	Sehr gering	< 0.75	14.5
2	Gering	0.75 - 1.00	27.2
3	Mittel	1.00 - 1.25	34.3
4	Hoch	1.25 - 1.50	15.4
5	Sehr hoch	>= 1.50	8.6

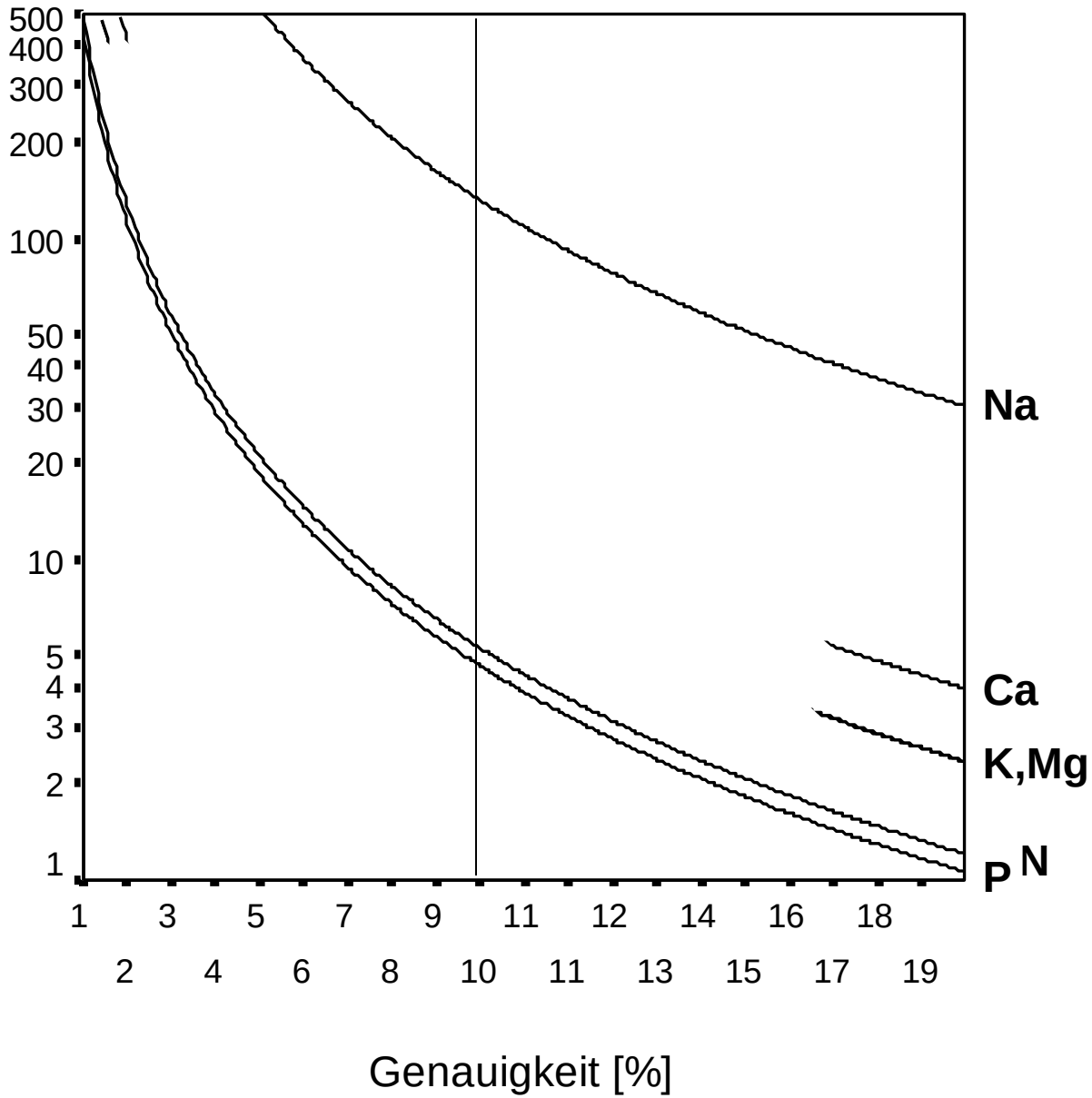
BZE-Stichprobe: Kiefer, 1. Ndjg.

Klasse	Bewertung	Wertebereich (mg/g)	Häufigkeit [%] n=350
1	Sehr gering	< 13	8.6
2	Gering	13 - 14	13.3
3	Mittel	14 - 15	17.1
4	Hoch	15 - 17	27.3
5	Sehr hoch	>= 17	33.7

Bewertung der Elementgehalte [mg/g] in Fichten- und Kiefernnadeln (1.Ndjg.)

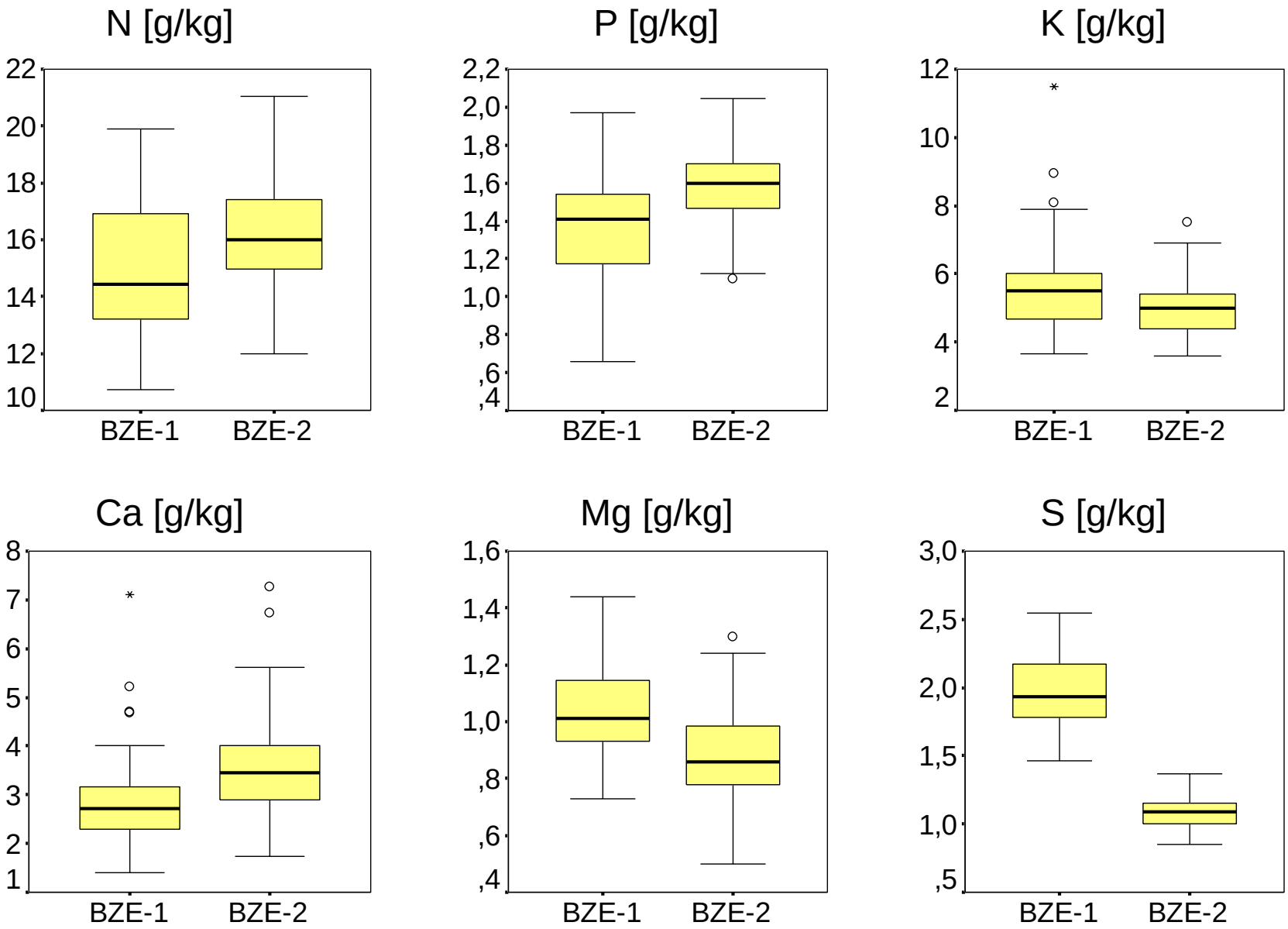
N	Fi, Ki	< 13	13-14	14-15	15-17	>= 17
P	Fi, Ki	< 1.2	1.2-1.4	1.4-1.8	1.8-2.0	>= 2.0
K	Fi, Ki	< 3.5	3.5-4.0	4.0-5.0	5.0-7.0	>= 7.0
Ca	Fi	< 1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-5.0	>= 5.0
Ca	Ki	< 2.0	2.0-2.6	2.6-3.3	3.3-4.0	>= 4.0
Mg	Fi, Ki	< 0.75	0.75-1.00	1.0-1.25	1.25-1.50	>= 1.50
Mn	Fi, Ki	< 0.05	0.05-1.0	1.0-2.0	2.0-4.0	>= 4.0
Fe	Fi, Ki	< 0.02	0.02-0.05	0.05-0.10	0.10-0.50	>= 0.50
Cu	Fi, Ki	< 0.002	0.002-0.003	0.003-0.005	0.005-0.007	>= 0.007
Zn	Fi, Ki	< 0.015	0.015-0.030	0.030-0.050	0.050-0.070	>= 0.070
S	Fi, Ki	< 0.5	0.5-1.0	1.0-1.2	1.2-1.4	>= 1.4
Bewertung		Sehr gering	Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch

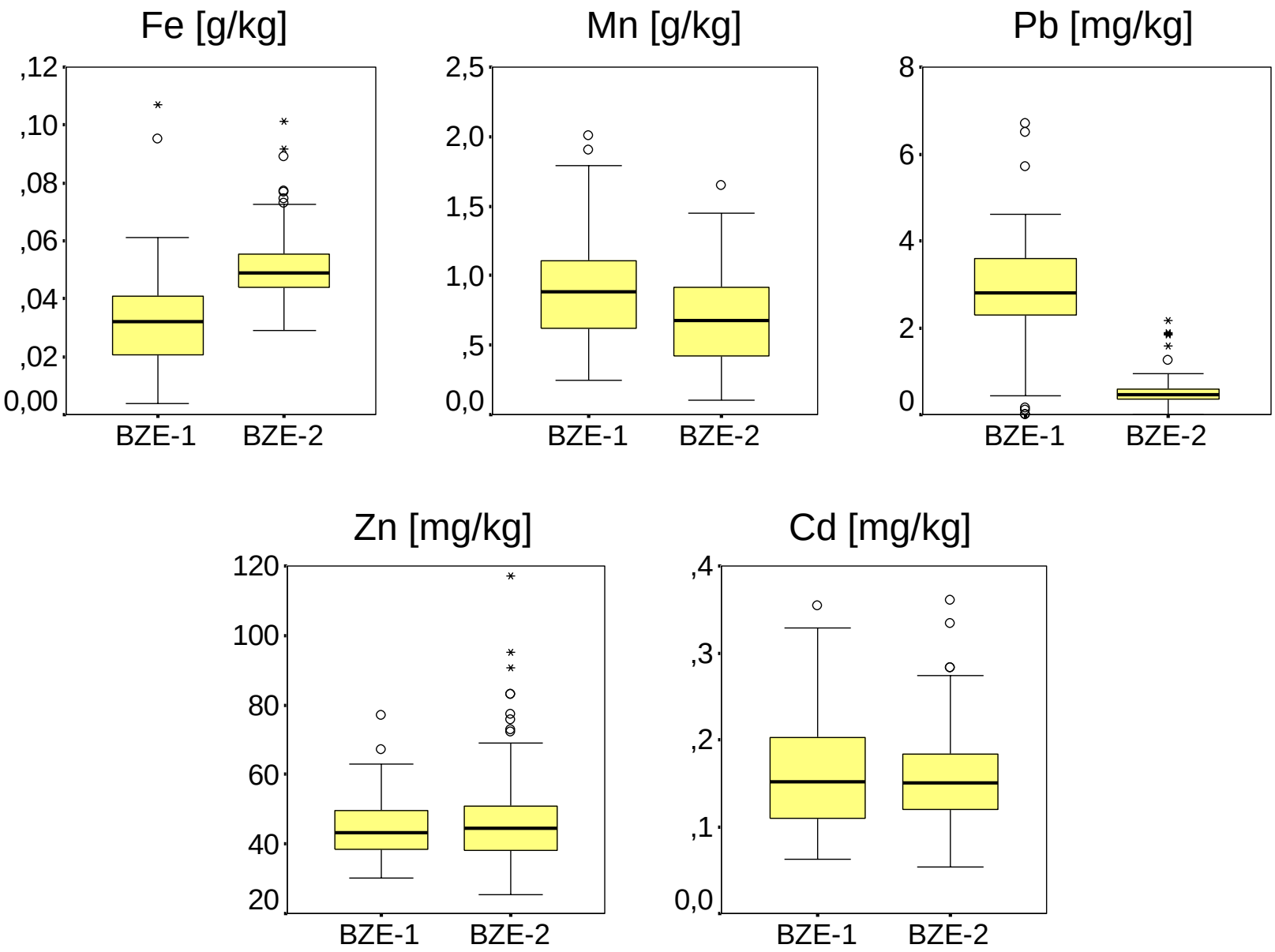
Benötigter SP-Umfang für vorgegebene Genauigkeit des Mittelwertes ε [%]
bei Irrtumswahrscheinlichkeit von α=0,05



ε = 10 %
→
SP-Umfang:
n=5 (P,N)
n=10 (K,Mg)
n=16 (Ca)
n=120 (Na)

Vergleich zwischen BZE-1 und BZE-2 (Gesamtkollektiv, n=63 bzw. n=143)

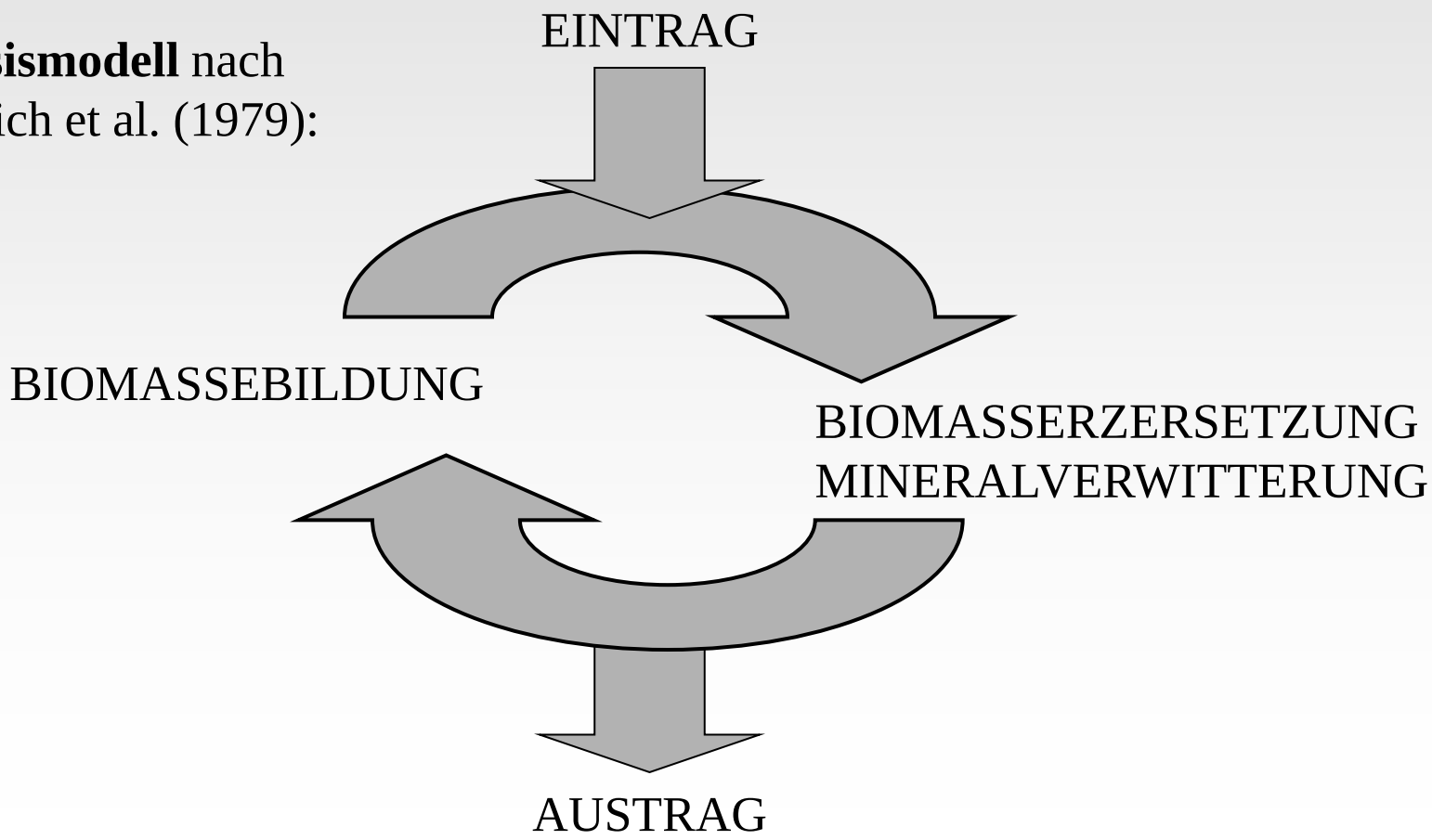



Fe [g/kg]
,12
,10
,08
,06
,04
,02
0,00
BZE-1
BZE-2
Mn [g/kg]
2,5
2,0
1,5
1,0
,5
0,0
BZE-1
BZE-2
Pb [mg/kg]
8
6
4
2
0
BZE-1
BZE-2
Zn [mg/kg]
120
100
80
60
40
20
BZE-1
BZE-2
Cd [mg/kg]
,4
,3
,2
,1
0,0
BZE-1
BZE-2

Exkurs: Modelierung des Stoffhaushalts auf Dauermessflächen des forstlichen Umweltmonitorings (Level II-Programm)

Grundprinzip:
Ein **Stoffhaushaltsmodell** ist ein vereinfachtes Abbild der in einem Waldökosystem ablaufenden Stoffflüsse zur Verdeutlichung der Wirkungen von Stoffeinträgen und –austrägen auf Waldökosysteme.

Basismodell nach Ulrich et al. (1979):

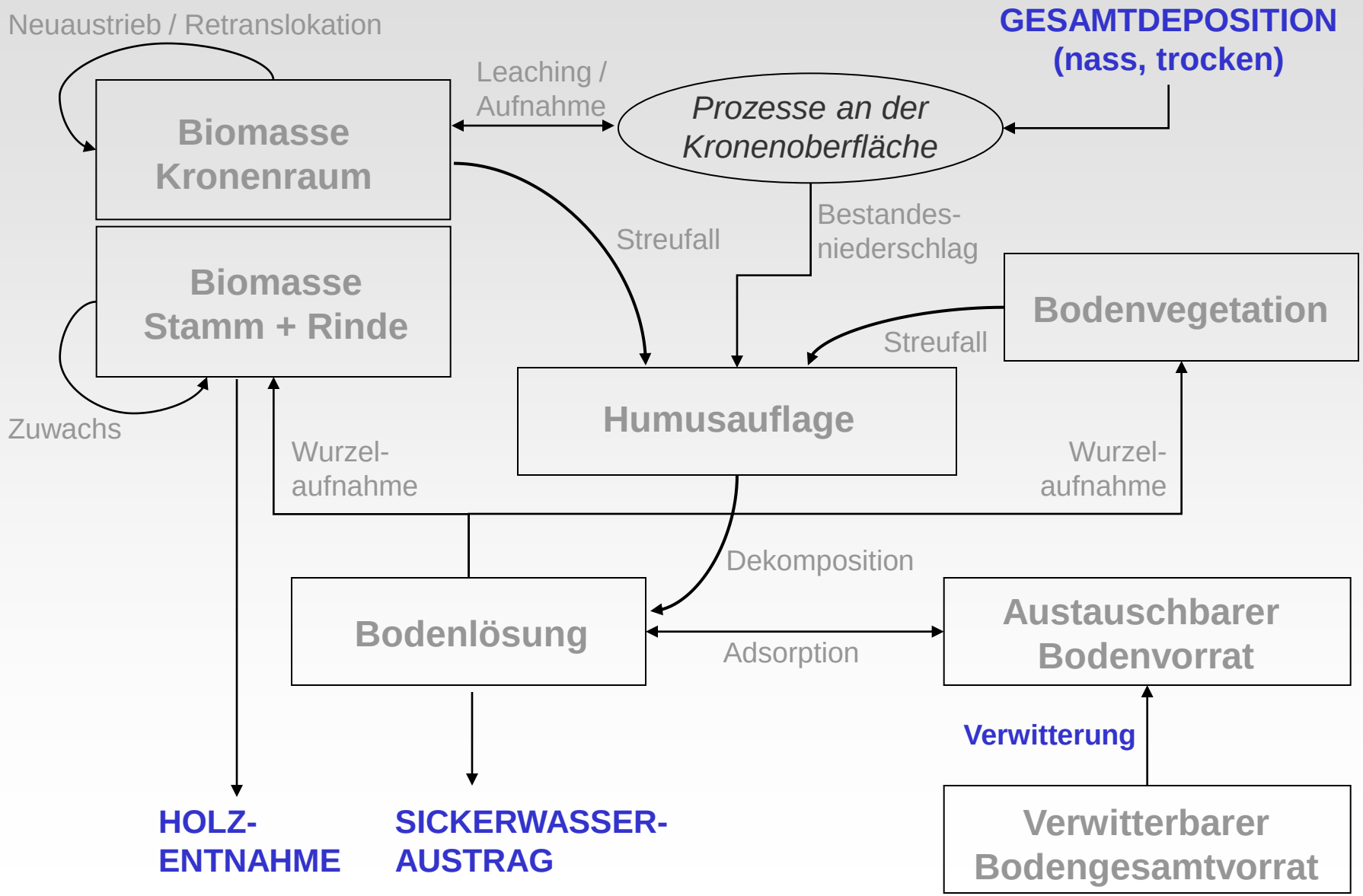


Das **erweiterte Kompartimentmodell** dient der Beschreibung aller bedeutenden Stoffflüsse eines Waldökosystems.

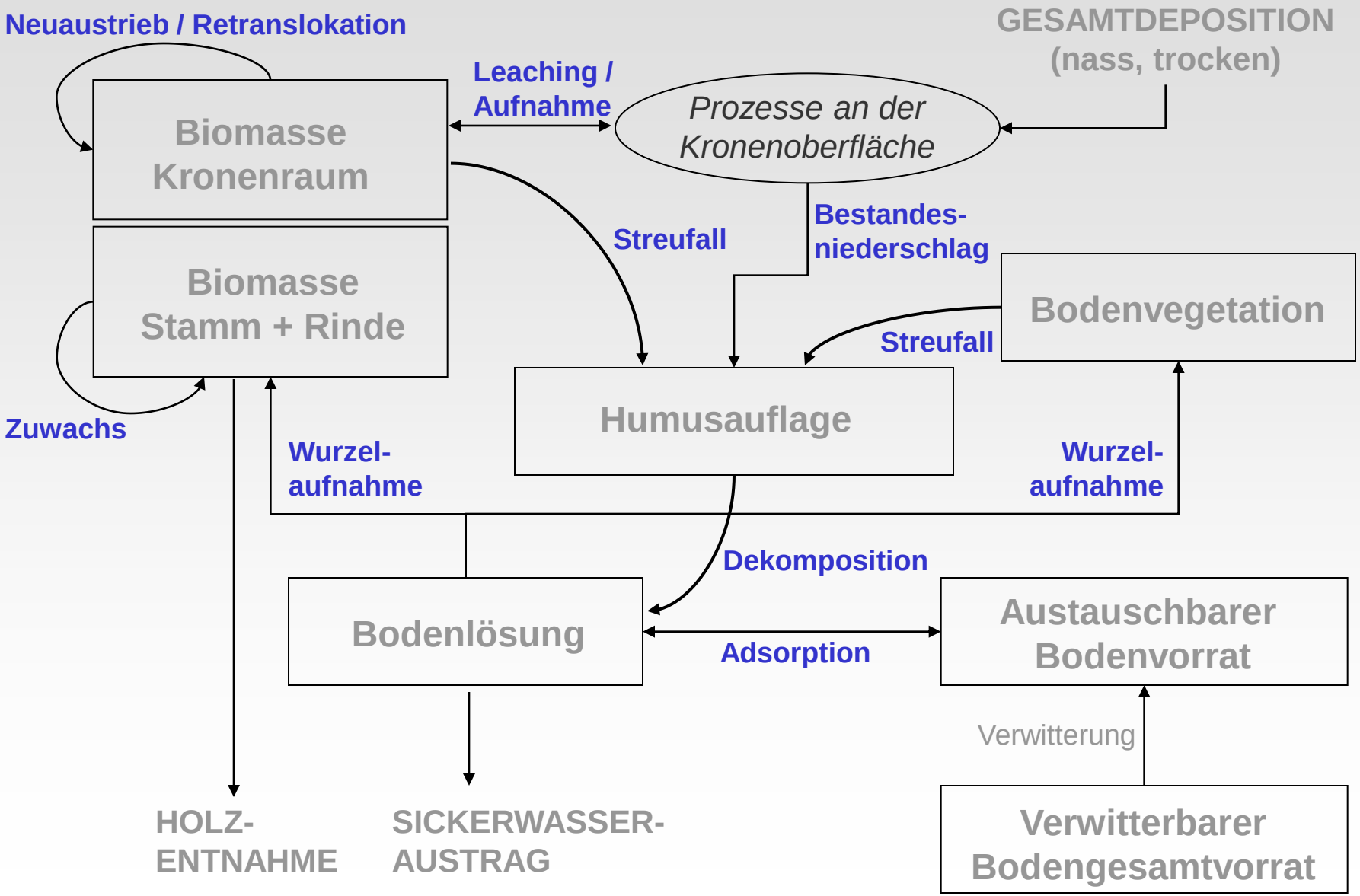
Natürliche Ökosysteme sind biologisch gesteuert. Durch anthropogene Stoffeinträge und die Forstwirtschaft unterliegen diese Vorgänge einer zusätzlichen Fremdsteuerung.

Zielstellung: Darstellung des Ausmaßes dieser Fremdsteuerung mit Hilfe von Bilanzrechnungen. Schlussfolgerungen für die Stabilität der Systeme.

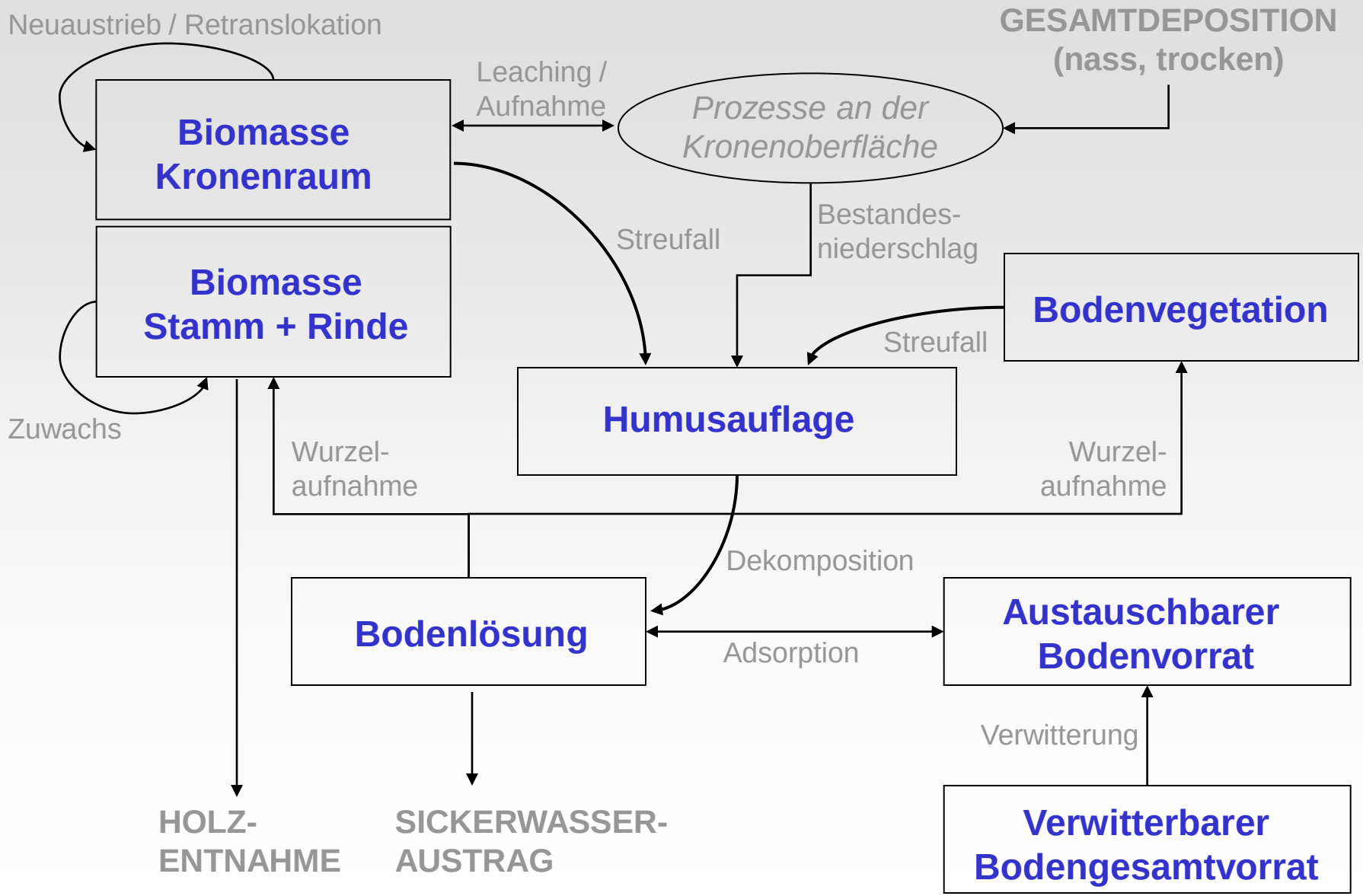
Stoffhaushaltsmodell: externe Elementflüsse



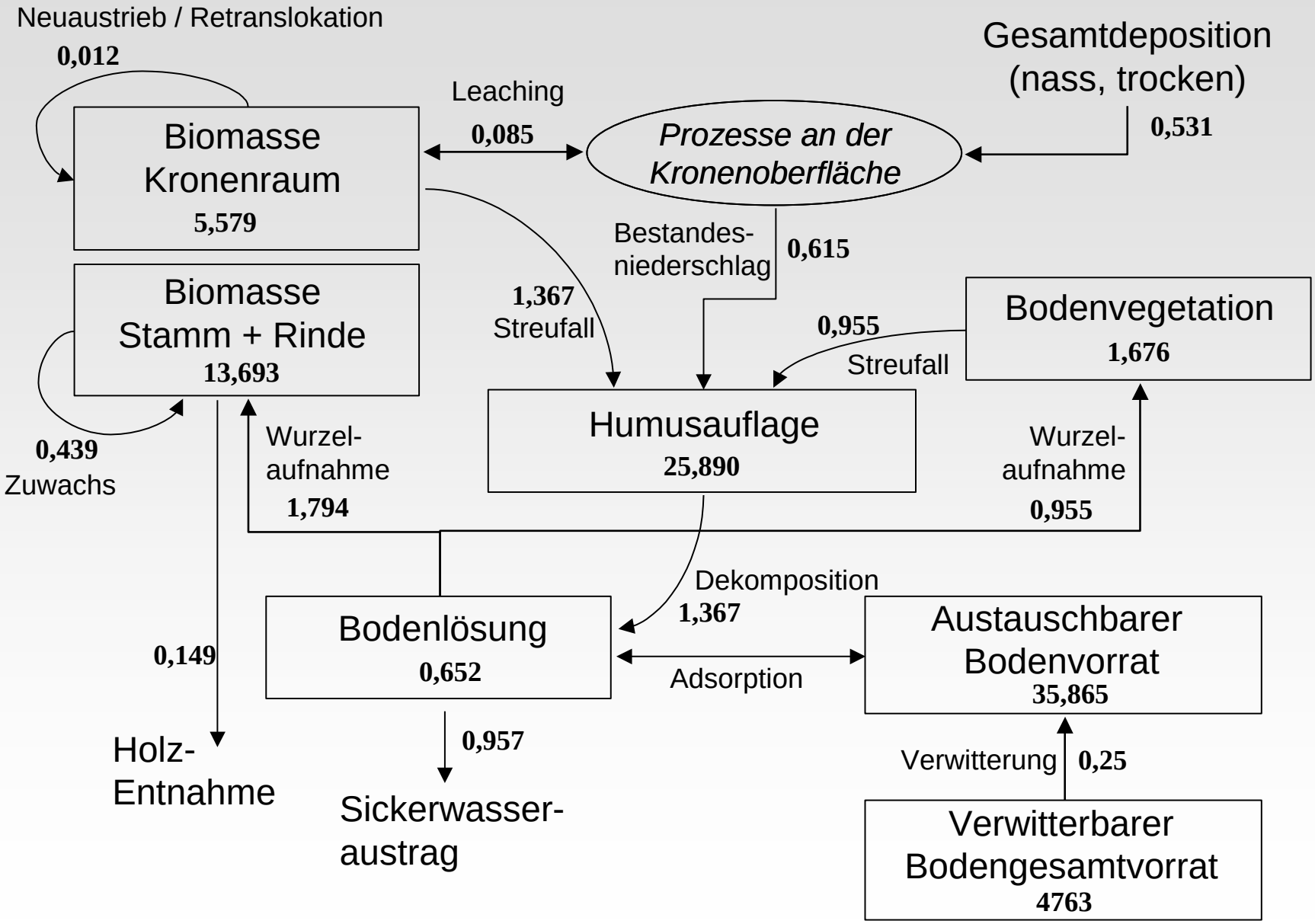
Stoffhaushaltsmodell: interne Elementflüsse



Stoffhaushaltsmodell: Elementvorräte (Pools)



Bsp.: Basen-Flüsse und -Pools (Ca+ Mg+K) als Mittelwerte von 6 Level II-Flächen [kmol/ha*a bzw. kmol/ha]



Vergleich der Elementspeichermengen (6 Level II –Flächen)

Stickstoff

	Bio-masse Bestand	*Bio-masse Krone*	*Humus-auflage*	*Boden-vegetation*	*Aust. Boden-vorrat*	*Boden-vorrat gesamt*
kg/ha	243	159	1035	44	-	4326
%	100	65	425	18	-	> 1000

Median aller Flächen (und Jahre)

Zum Vergleich:

- Wurzelaufnahme des Bestandes (Median 1997-2004) = 40,5 kg/ha,a (17 %)
- Festlegung im Zuwachs (Median 1997-2004) = 4,9 kg/ha,a (2,0 %)

Calcium

	Bio-masse Bestand	*Bio-masse Krone*	*Humus-auflage*	*Boden-vegetation*	*Aust. Boden-vorrat*	*Boden-vorrat gesamt*
kmol/ha	12,5	3,5	10,2	0,77	23,28	985
%	100	28	81	6	186	> 1000

Median aller Flächen (und Jahre)

Zum Vergleich:

- Wurzelaufnahme des Bestandes (Median 1997-2004) = 1,36 kmol/ha,a (10,9 %)
- Festlegung im Zuwachs (Median 1997-2004) = 0,314 kmol/ha,a (2,5 %)

Magnesium

	Bio-masse Bestand	*Bio-masse Krone*	*Humus-auflage*	*Boden-vegetation*	*Aust. Boden-vorrat*	*Boden-vorrat gesamt*
kmol/ha	3,16	0,82	4,07	0,39	3,45	878
%	100	26	129	12	109	> 1000

Median aller Flächen (und Jahre)

Zum Vergleich:

- Wurzelaufnahme des Bestandes (Median 1997-2004) = 0,25 kmol/ha,a (7,9 %)
- Festlegung im Zuwachs (Median 1997-2004) = 0,070 kmol/ha,a (2,2 %)

Vorratsänderungen im Boden (→ Bilanz)

Stickstoff

Vorratsänderung (kg/ha*a N) =

Gesamtdeposition – Zuwachs – Sickerwasseraustrag – Denitrifikation

(Denitrifikation ca. 2 kg/ha*a)

→ 6 Level II-Flächen 1997-2004: **+ 6,8 kg/ha*a** → **AKKUMULATION**

Summe basischer Kationen („Säureneutralisationskapazität“, SNK)

Vorratsänderung (kmol/ha*a Ca, Mg, K) =

Gesamtdeposition + Verwitterung – Zuwachs – Sickerwasseraustrag

(Verwitterungsrate ca. 0,25 kmol/ha*a)

→ 6 Level II-Flächen 1997-2004: **- 0,65 kmol/ha*a** → **VERARMUNG**

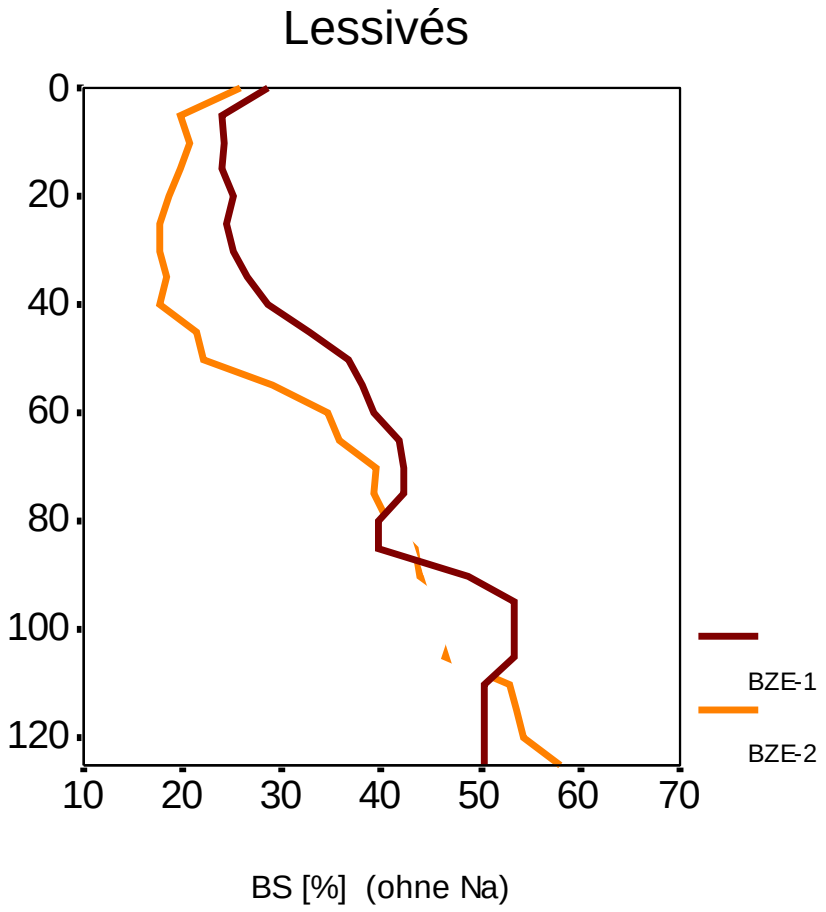
Vollständige Aufzehrung der verfügbaren Basenvorräte (rein rechnerisch) in

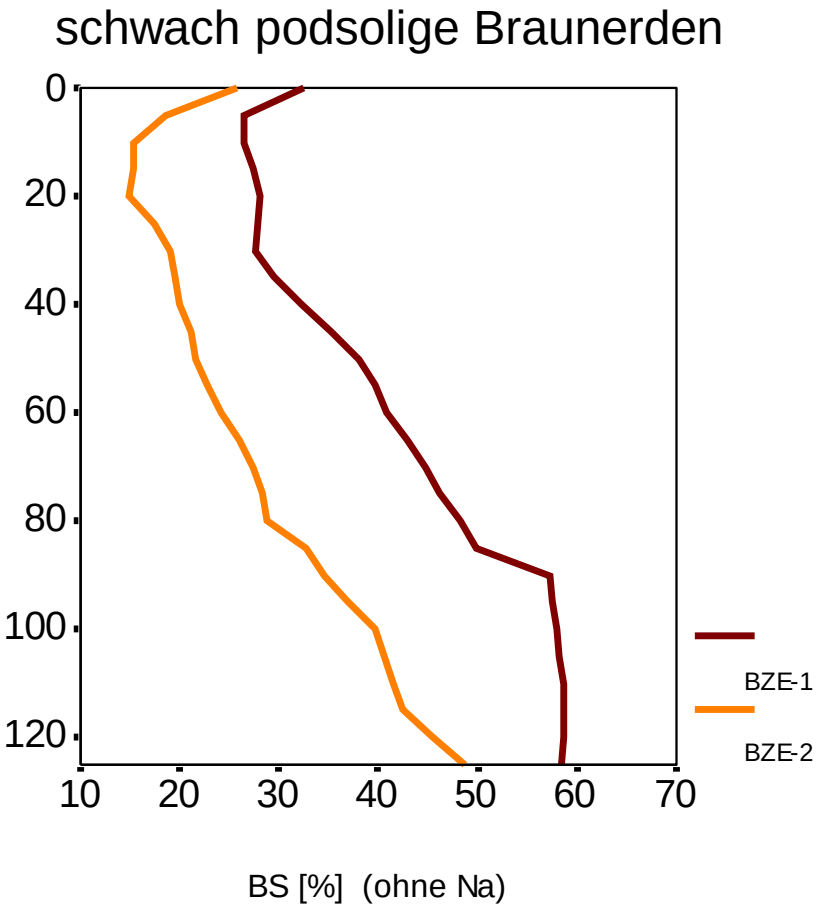
35,87 kmol/ha / 0,65 kmol/ha*a = **<u>55 Jahren</u>**

austauschbarer
Bodenvorrat

Sind die Befunde der Intensivmessflächen flächenrepräsentativ?

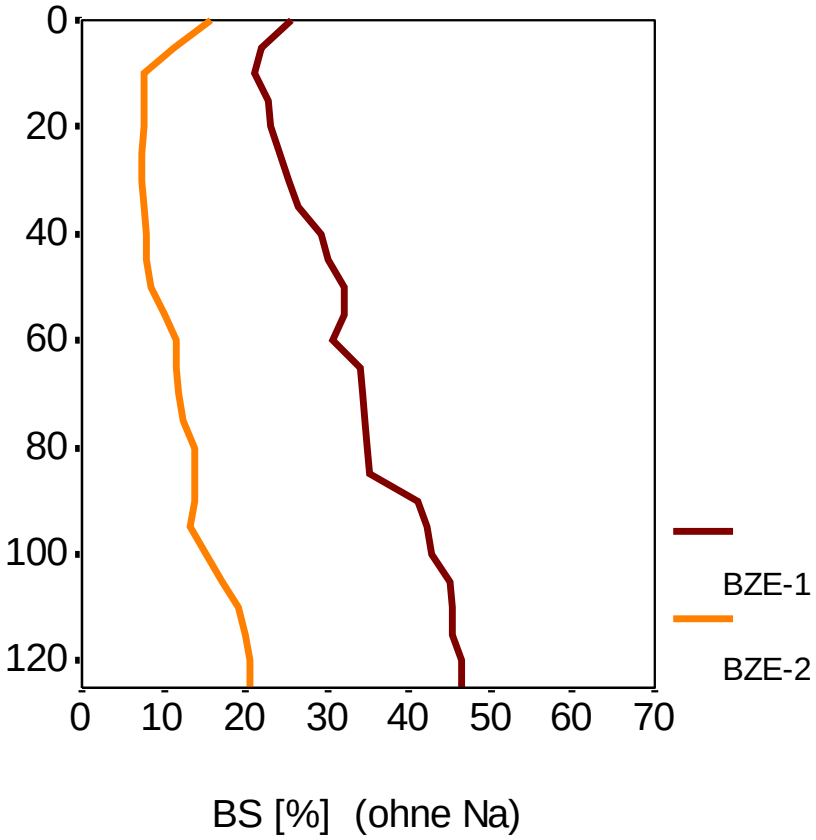
Unterschiede der Basensättigung zwischen BZE-1 und BZE-2



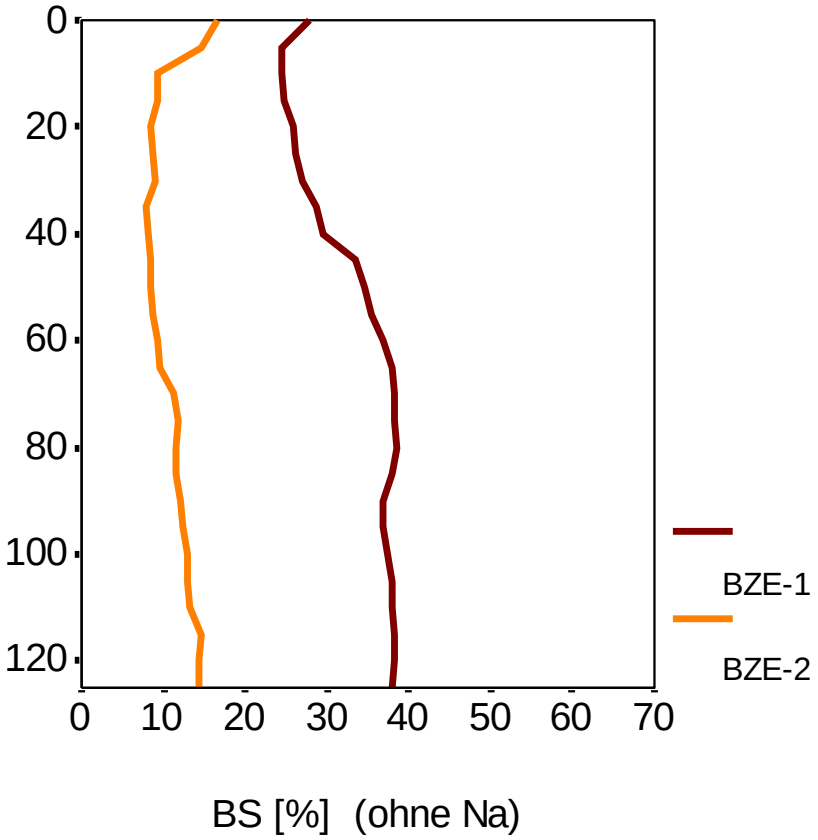


Unterschiede der Basensättigung zwischen BZE-1 und BZE-2

mäßig podsolige Braunerden



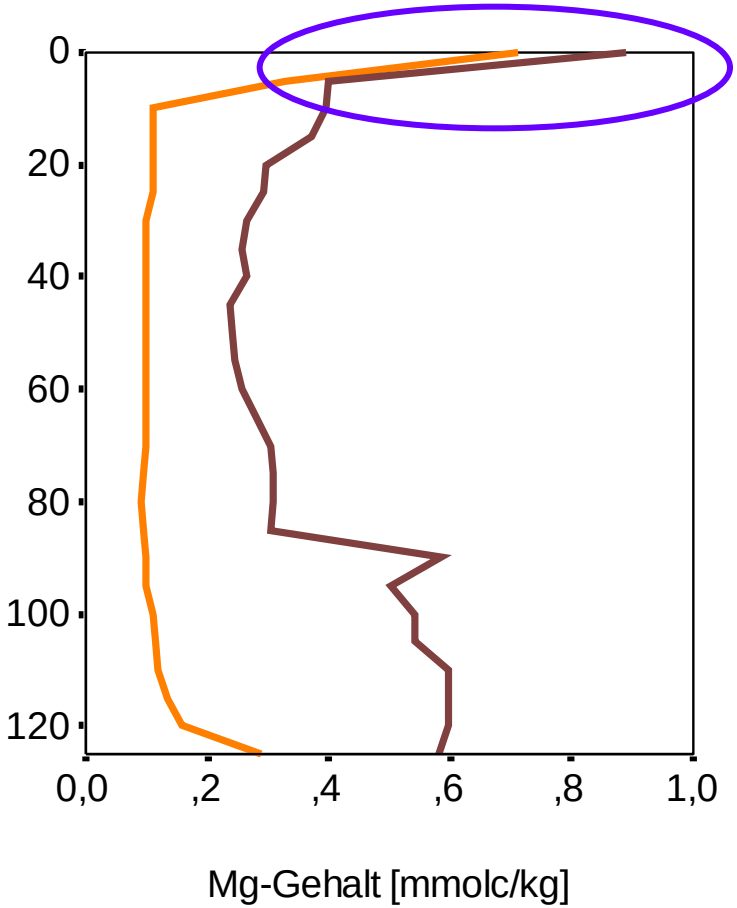
stark pods. Braunerden bis Podsole



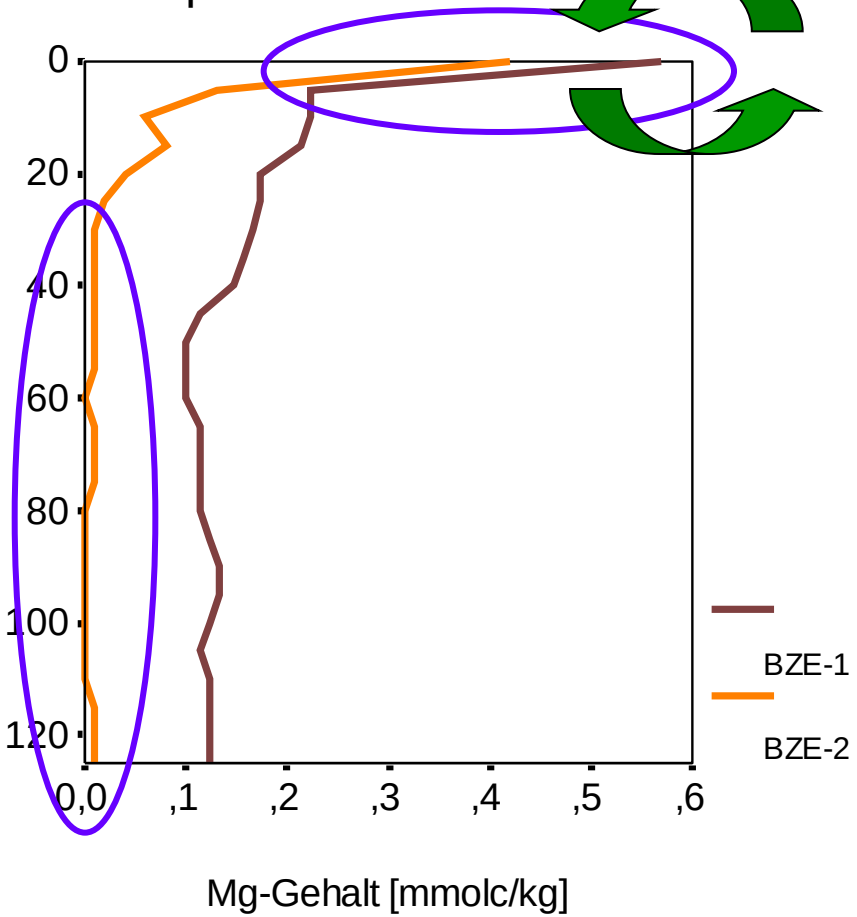
Elementgehalte (Bsp. Mg)

„Kleiner Stoffkreislauf“

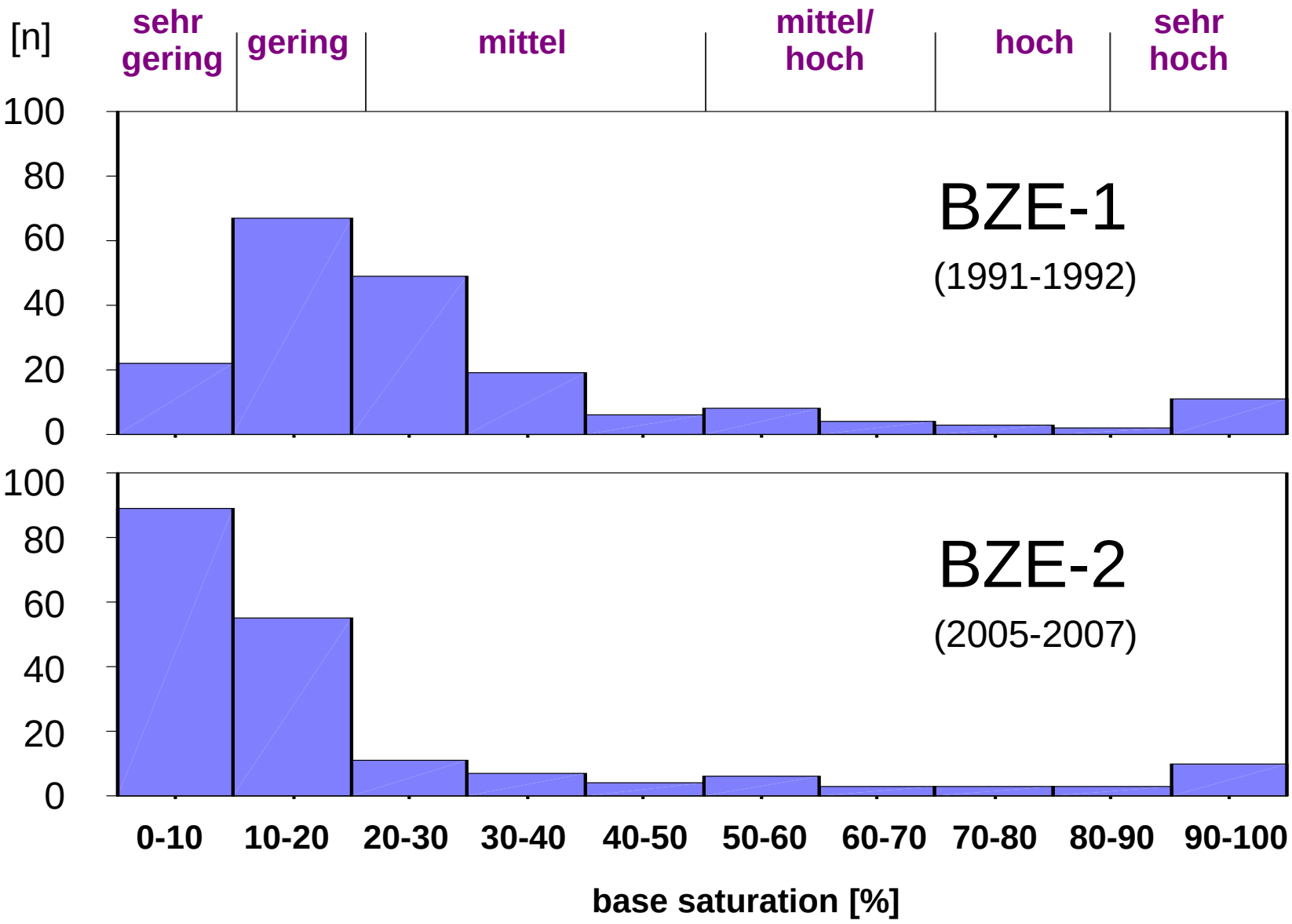
schwach pods. Braunerden



stark pods. Braunerden + Podsole



Basensättigung (Ca^{++} + Mg^{++} + K^{+}) [%] in 0-60 cm



Räumliche Unterschiede der
Depositionssituation

→ **geringe Säure- und Basen-Depositionsraten**

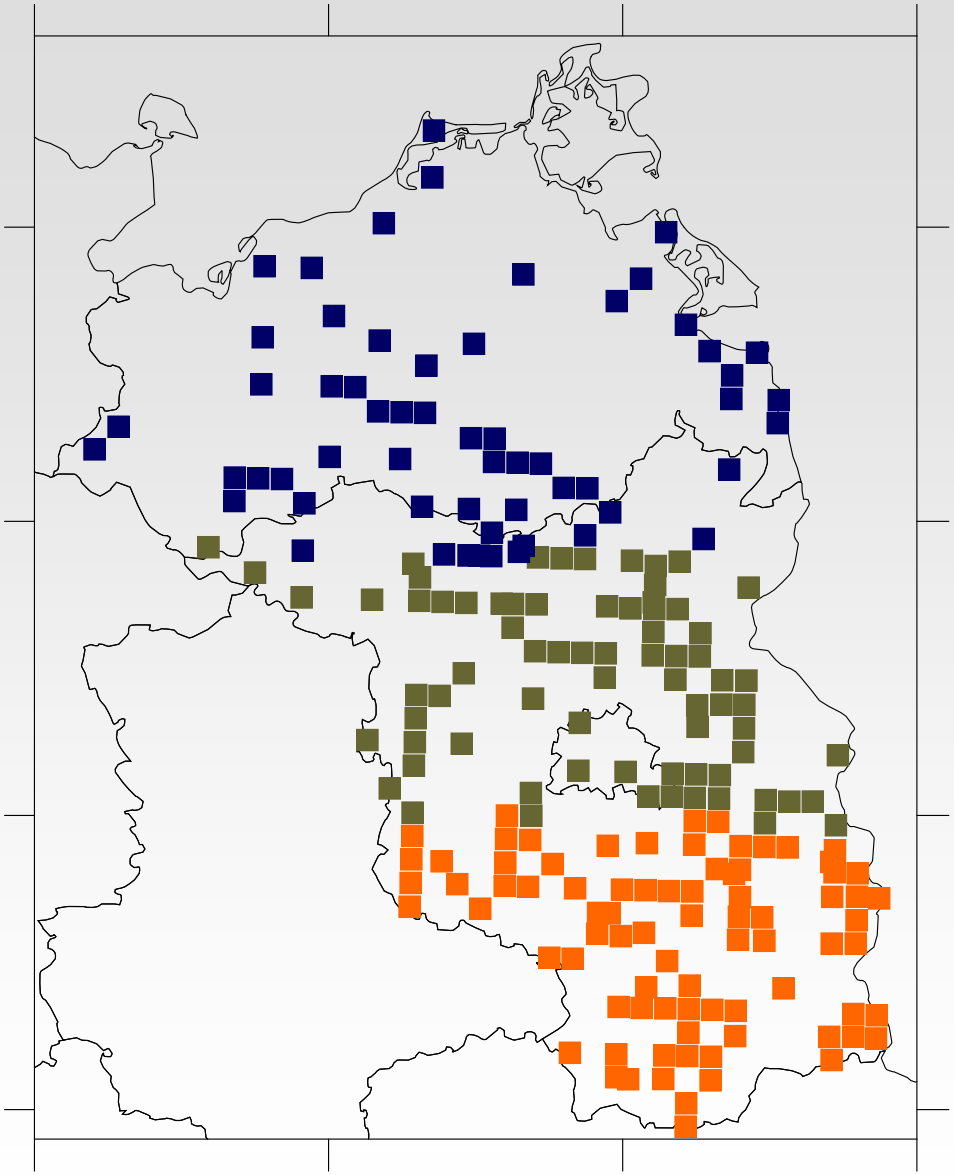
Nord

→ **mitlere Säure- und Basen-Depositionsraten**

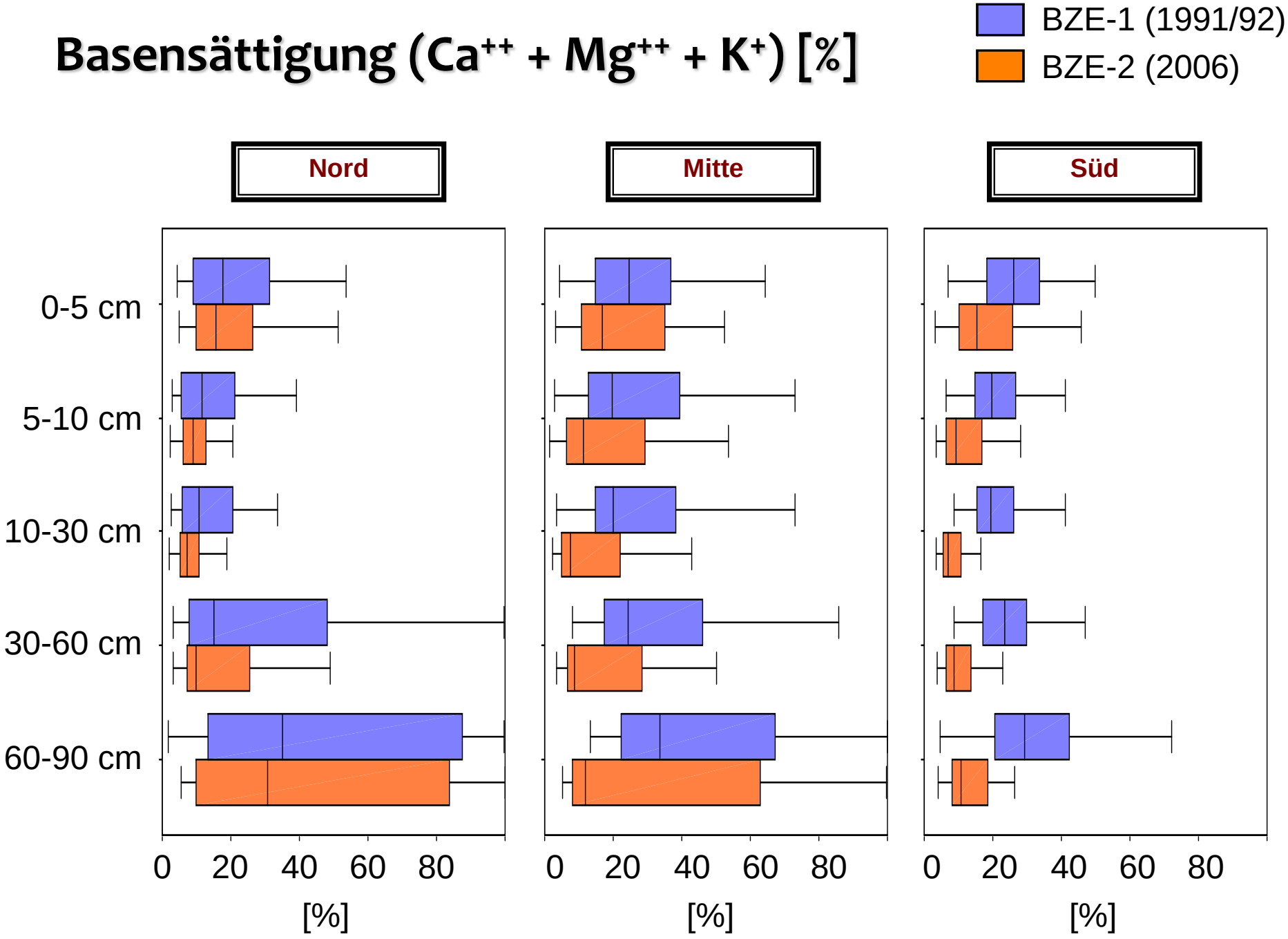
Mitte

→ **Sehr hohe** Ca-, Mg-, K- Depositions-raten in den 1980ern (Flugaschen aus Braunkohlever-brennung)

Süd



Basensättigung (Ca^{++} + Mg^{++} + K^{+}) [%]



Kompensationskalkung

<u>Bsp.:</u> **3 t** Dolomit / ha mit 80 % $CaCO_3$ und 10 % $MgCO_3$

→ entsprechen 2.400 kg $CaCO_3$ und 300 kg $MgCO_3$

1 mol $CaCO_3$ entspricht 40 + 12 + 16 * 3 = 100 g

1 mol $MgCO_3$ entspricht $\underbrace{24 + 12 + 16 * 3}_{\text{Summe der Atommassen von Ca bzw. Mg, C und O}}$ = 84 g

1 mol H^+ entspricht 1 g

2.400 kg $CaCO_3$ puffern X kg (bzw. X kmol) H^+. Dann gilt:

2.400 kg		X				
$CaCO_3$	**+**	**$2\ H^+$**	**→**	**Ca^{2+}**	**+ CO_2 ↑**	**+ H_2O**
100 g/mol		2 g/mol				

2.400 kg / 100 g/mol = X kg / 2 g/mol ..... **X = 48**

300 kg $MgCO_3$ puffern Y kg (bzw. Y kmol) H^+. Dann gilt analog:

300 kg / 84 g/mol = Y kg / 2 g/mol ..... **Y = 7**

55

→ SNK von 3 t/ha Dolomitkalk = **55 kmol/ha**

Kompensation des jährlichen Basenverlustes (rein rechnerisch) über **84 Jahre** (55/0,65)

Vorteile der Kalkung

Verbesserung der Humusqualität, Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit

→ Erhöhung der Baumvitalität und Bestandesproduktivität

Mögliche negative Nebeneffekte

Humusabbau

Erhöhung von Nitratausträgen

Verflachung des Wurzelsystems → Erhöhung des Sturmwurf- und Trockenstressrisikos

Veränderungen des Artenspektrums

→ *Wahrung der natürlichen standörtlichen Heterogenität !!!*

→ *kein Ausgleich der durch die Substrate vorgegebenen Unterschiede im Säurestatus !!!*

Einschätzung der Kalkungsbedürftigkeit der Waldfläche von Mecklenburg-Vorpommern aufgrund der Kalkungsrahmen anderer Bundesländer

Anteil kalkungswürdiger Standorte [%]					
	P	B(a)	B(r)	L	Ges.
v. Wilpert et al. (2010) ≥3,0 t/ha (BW)	10	0	0	17	5
v. Wilpert et al. (2010) ≥1,5 t/ha (BW)	60	53	22	50	48
Stetter (2010) (BY)	100	73	11	17	58
NW-FVA (2010) (NI)	30	93	78	83	73
Asche (1998) „erforderlich“ (NW)	100	100	100	67	95
Asche (1998) „dringend“ (NW)	50	20	0	17	23
Leube (2000) (SN)	10	13	0	0	8
NW-FVA (2010) (ST)	40	93	56	33	63
Krauss (1997) (BB) ≥3,0 t/ha	40	73	44	50	55
Krauss (1997) (BB) ≥1,5 t/ha	40	87	67	67	68

Standortskundliche Kennzeichnung der Trophie

Einfach erfassbare Merkmale zur Bewertung der Trophie:

Ausgangssubstrat

Bodentyp

Humusform

Bodenart

Mineralzusammensetzung der Gesteine

Gestein			*Minerale*		*Helligkeit*
	„basisch“ (quarzarm, dunkel)	„sauer“ (quarzreich, hell)			
Erguss-gestein (Vulkanit)	**Basalt**	**Rhyolith**			
	++	-	Olivin	Insel-, Ketten-, Bandsilikate	dunkel
	++	-	Augit		
	+	-	Hornblende		
	+	++	Biotit	Glimmer (Schichtsilikate)	
	-	+	Muskovit		hell
	++ (Ca-reich)	++ (Na-reich)	Plagioklas	Feldspäte (Gerüstsilikate)	
	-	++	Kalifeldspat		
Tiefen-gestein (Plutonit)	-	++	Quarz		
	Gabbro	**Granit**			

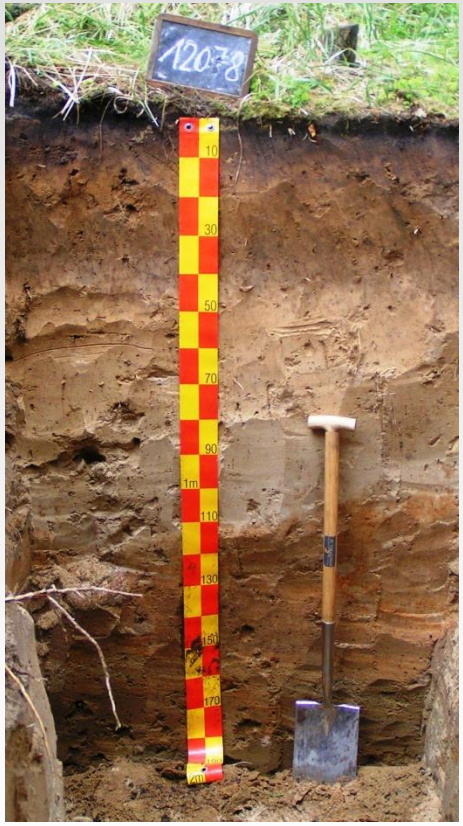
Bodentypen und Humusform

Prozentuale Verteilung der Humusformen auf Bodentypen in der BZE I

	Braun-erde (n=945)	Terra fusca (n=67)	Gley (n=75)	Para-braun-erde (n=103)	Podsol (n=129)	Rego-sol, Ranker (n=25)	(Para-) Rend-zina (n=71)	Pseudo-gley (n=185)
MU	16	84	28	29	5	12	86	21
MuMo	11	10	13	25	2	4	3	11
MO	42	6	30	39	34	28	11	41
RMo	15	0	5	5	25	12	0	17
Roh	16	0	24	2	34	44	0	10

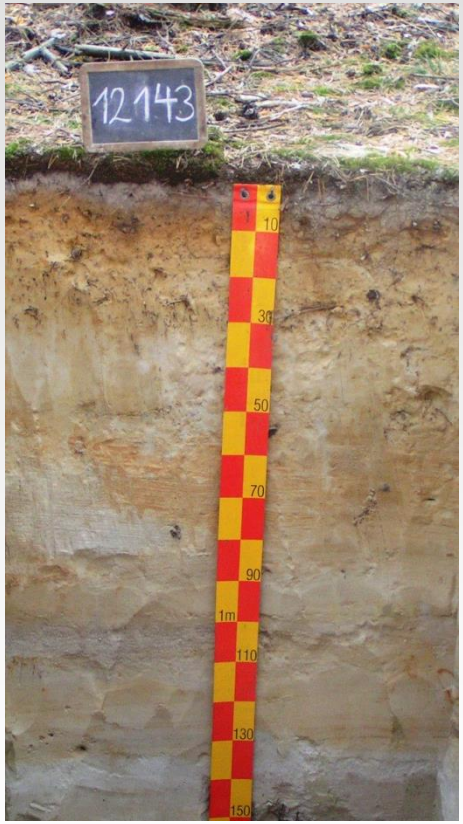
BZE-2 Brandenburg (nach Bodentypen stratifizierte Auswertung)

Lessivés



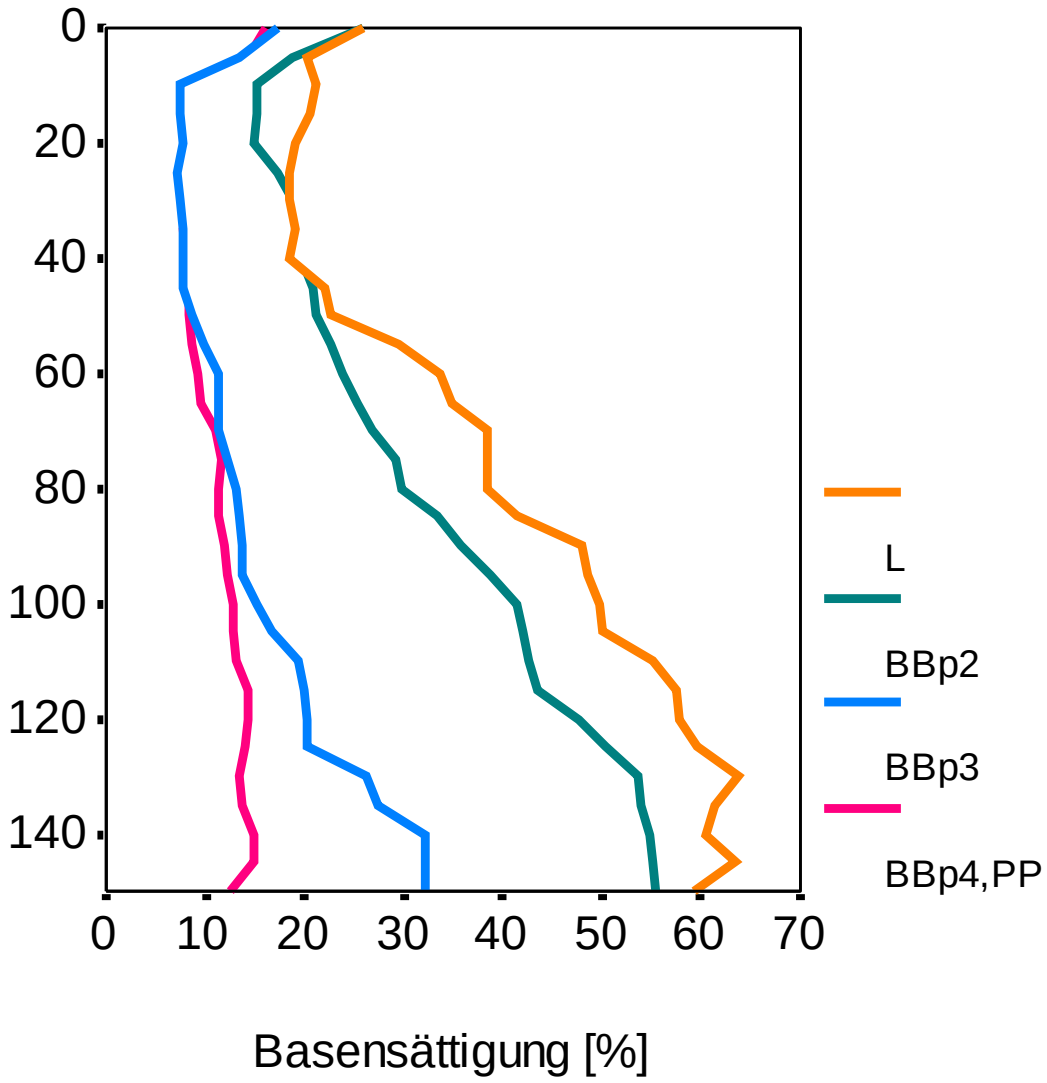
Braunerden, schwach podsolig

Braunerden, mäßig podsolig



Podsole und stark podsolige Braunerden

Bodenfruchtbarkeit

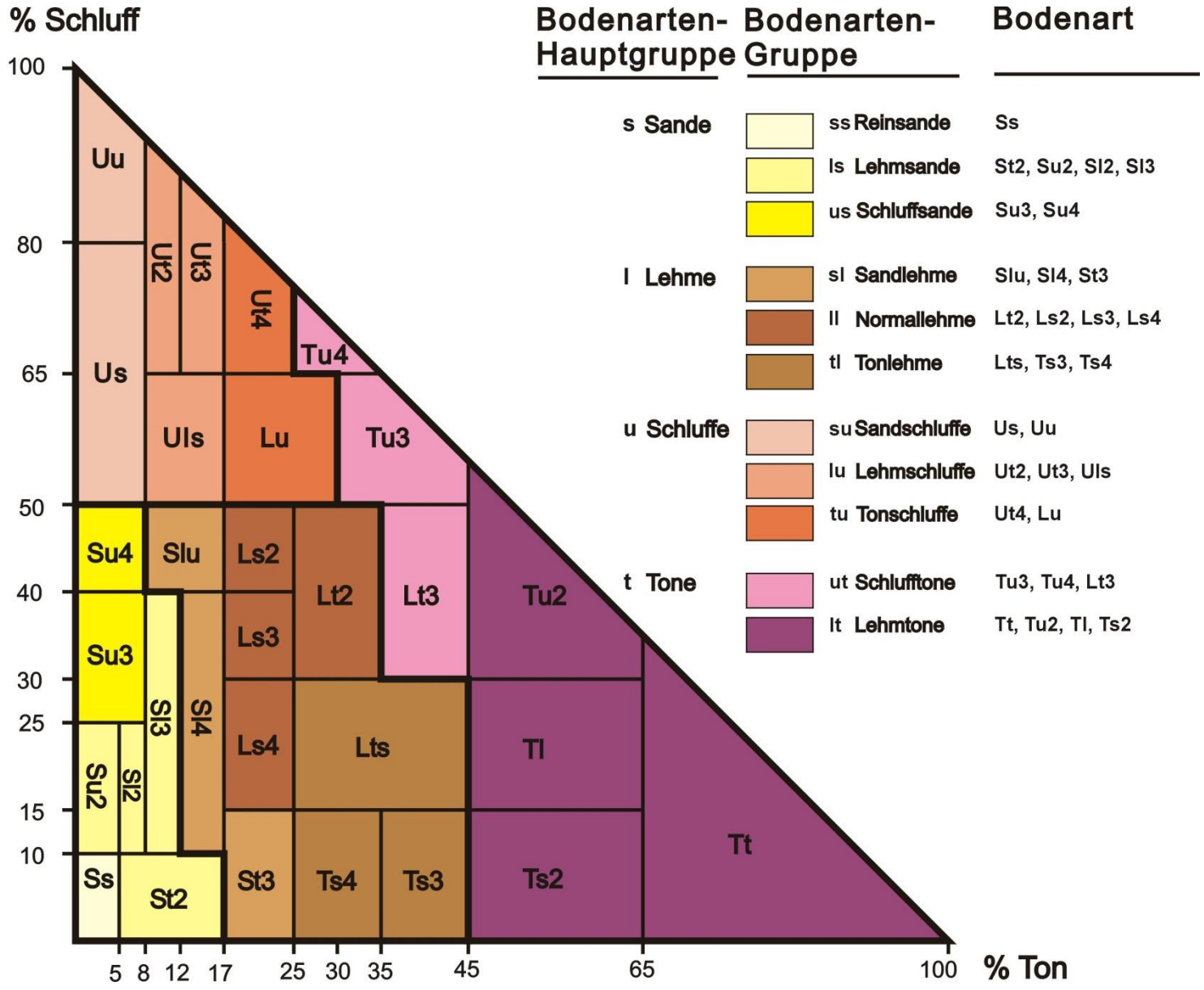


Bewertung

Elastizität gegenüber Säurebelastung

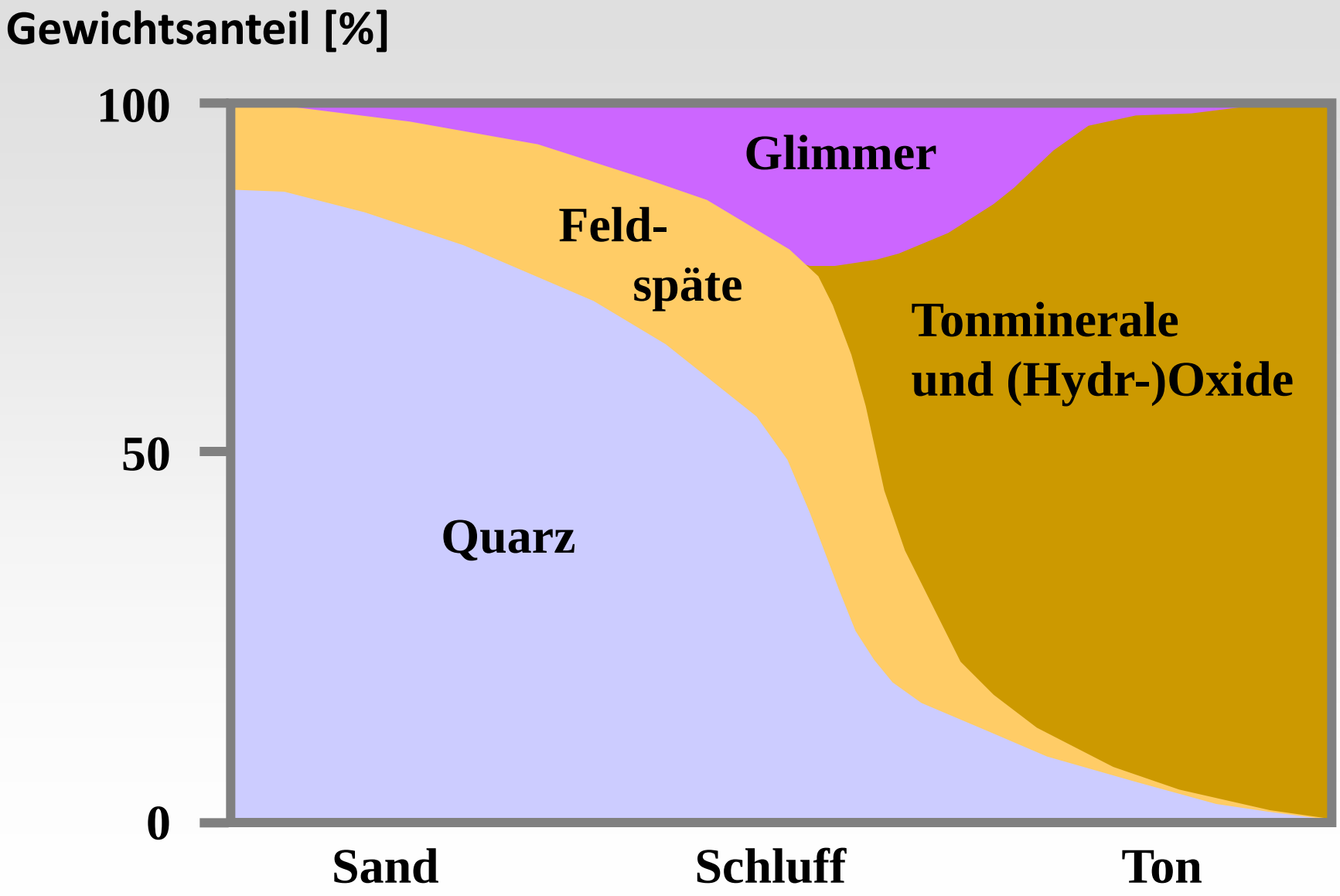
[%]	
< 5	sehr gering
5-15	gering
15-30	mäßig
30-50	mittel
50-70	mäßig hoch
70-85	hoch
> 85	sehr hoch

Korngrößenzusammensetzung und Bodenart



AG Boden, 2005

Mineralzusammensetzung der Bodenartenhauptgruppen



Bestimmung der Bodenart mittels Fingerprobe

Die Bodenart kann im Gelände mittels **Fingerprobe** ermittelt werden. Die Bodenprobe wird so befeuchtet, dass beim Pressen kein Wasser austritt; sie befindet sich in "frischem" Zustand. Anschließend wird die Probe in den Handtellern gerollt, in der Handfläche zerrieben und zwischen Daumen und Zeige-finger gequetscht, um ihre Körnigkeit, Bindigkeit und Formbarkeit zu prüfen.

Fingerprobe

1. Versuch, die Probe zwischen den Handtellern zu einer bleistiftdicken Wurst auszurollen		
a) ausrollbar	zu 4	
b) nicht ausrollbar	zu 2	
2. Prüfen der Bindigkeit zwischen Daumen und Zeigefinger		
a) bindig, formbar, haftet am Finger	lehmiger Sand	*Sl2 bis Sl4*
b) nicht bindig	zu 3	
3. Zerreiben in der Handfläche		
a) in den Fingerrillen mehlig-stumpfe Feinsubstanz sichtbar	schluffiger Sand	*Su2 bis Su4*
b) in den Fingerrillen keine Feinsubstanz sichtbar	Reinsand	*Ss*
4. Versuch, die Probe zu einer Wurst von halber Bleistiftstärke auszurollen		
a) ausrollbar	zu 10	
b) nicht ausrollbar	zu 5	
5. Prüfen der Bindigkeit zwischen Daumen und Zeigefinger		
a) bindig, haftet deutlich am Finger	zu 6	
b) nicht oder schwach bindig	zu 7	
6. Beurteilen von Feinsubstanz und Sandanteil		
a) wenig Feinsubstanz, nur klebrige Sandkörner ("Honigsand")	toniger Sand	*St2 bis St3*
b) viel Feinsubstanz, Sandkörner sicht – und fühlbar	stark sandiger Lehm	*Ls4*
c) viel Feinsubstanz, samtartig – mehlig, kaum Sandkörner	schluffiger Lehm	*Lu*
7. Beurteilen von Bindigkeit und Sandanteil		
a) deutlich Sandkörner sicht – und fühlbar, nicht bindig	sandiger Schluff	*Us*
b) deutlich Sandkörner sicht- und fühlbar, schwach bindig	sandig-lehmiger Schluff	*Uls*
c) nur wenige oder keine Sandkörner sicht- oder fühlbar	zu 8	
8. Beurteilen der Konsistenz		
a) samtartig – mehlig, nicht bindig	Reinschluff	*Uu*
b) samtartig – mehlig, schwach bindig und formbar, keine Sandkörner	toniger Schluff	*Ut2 bis Ut4*
10. Beurteilen des Sandanteils		
a) Sandkörner gut sicht – und fühlbar, stark rissig	sandiger Lehm	*Ls2 bis Ls3*
b) Sandkörner nicht oder kaum fühlbar	zu 11	
11. Versuch, die Wurst zu einem Ring zu formen		
a) schlecht formbar, schwach glänzende Gleitfläche	schluffiger Ton	*Tu2 bis Tu4*
b) gut formbar	zu 12	
12. Beurteilen der Gleitfläche bei der Quetschprobe		
a) Gleitfläche stumpf bzw. sehr schwach glänzend	toniger Lehm	*Lt2 bis Lt3*
b) Gleitfläche glänzend	zu 13	
13. Prüfen zwischen den Zähnen		
a) Knirschen	lehmiger Ton	*Tl*
b) butterartige Konsistenz	Reinton	*Tt*

Besonderheit Reinsande

Die Reinsande (T < 5 %; U < 10 %) lassen sich nach ihrem Fein-, Mittel- und Grobsandanteil weiter differenzieren. Diese Differenzierung kann wichtig sein, weil die Fraktionen des Sandes unterschiedliche Eigenschaften haben, die u.a. für die Beurteilung des Wasserhaushaltes von erheblicher Bedeutung sind. Die Ansprache erfolgt am einfachsten unter Verwendung der im Laborpraktikum hergestellten **Vergleichsröhrchen** mit gesiebten Kornfraktionen.

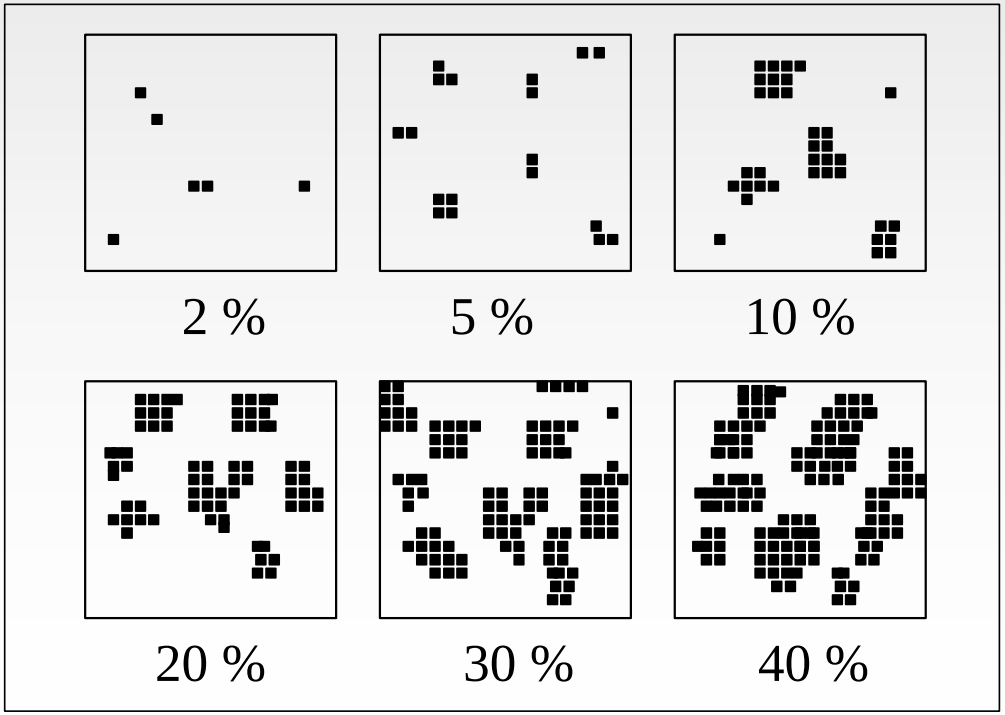
Code	*Bezeichnung*	*Feinsand [%]*	*Mittelsand [%]*	*Grobsand [%]*
fS	Feinsand	75-100	0-25	0-25
fSms	mittelsandiger Feinsand	50-75	15-50	0-35
mSfs	feinsandiger Mittelsand	25-50	40-75	0-35
mS	Mittelsand	0-25	65-100	0-35
mSgs	grobsandiger Mittelsand	0-25	40-65	10-60
gSms	mittelsandiger Grobsand	0-25	15-40	35-85
gS	Grobsand	0-25	0-15	60-100

Grobboden- / Skelettanteil

Feinboden: Fraktionen < 2 mm

Grobboden (Skelett): Fraktionen > 2 mm (**gr** = Grus = eckig/kantig 2 – 63 mm; **g** = Kies = gerundet 2 - 63 mm; **x** = Steine = > 63 mm)

Der Anteil des Grobbodens am Gesamtboden wird nach Volumenprozenten geschätzt. Die Schätzung der Volumenprozente kann mit Hilfe der Flächenanteile an der Profilwand erfolgen (vgl. Abb.). Die Skelettfraktionen müssen dabei etwa zur Hälfte aus dem Feinboden herauspräpariert sein. Durch Multiplikation der Flächenanteile mit dem Faktor 0,7 lassen sich dann ungefähr die Vol.-%-Anteile ermitteln.



Code	*Bezeichnung*	*Vol.-%*
x1, g1, gr1	sehr schwach steinig, kiesig, grusig	< 1
x2, g2, gr2	schwach steinig, kiesig, grusig	1-10
x3, g3, gr3	mittel steinig, kiesig, grusig	10-30
x4, g4, gr4	stark steinig, kiesig, grusig	30-50
x5, g5, gr5	sehr stark steinig, kiesig, grusig	> 50

Bsp.: feinsandiger Mittelsand, schwach kiesig = mSfs, g2

Bestimmung der Körnungsart (SEA 95)

(reiner) Sand (S)	Erdfrische Probe ohne Spuren in den Hautriefen, erdtrockene Probe staubt nicht
Anlehmiger Sand (alS)	Erdfrische Probe mit Spuren von Schluff und Ton in den Hautriefen, erdtrockene Probe staubt deutlich
Lehmiger Sand (lS)	Erdfrische Probe zwischen den Handflächen zu einer dicken Walze oder Kugel ausrollbar, erdtrockene Probe staubt stark
Staubsand (stbS)	Fühlt sich weich an, bildet im erdtrockenen Zustand in den Wind geworfen eine deutliche Fahne, Grubenwände stürzen weit weniger schnell ein als beim Sand
Sandiger Lehm (sL)	Erdfrische Probe bis Bleistiftstärke ausrollbar
Lehm (L)	Erdfrische Probe zu Figürchen formbar, aber nicht zur Schnur ausrollbar, mit stumpfer Schmierfläche
Lehmiger Schluff (lU)	Wie beim Lehm, fühlt sich aber beim Trockenreiben wie Mehl an und lässt sich von den Händen leicht abklopfen
Schlufflehm (UL)	Wie zuvor, aber bindiger
Lehmiger Ton (lT)	Erdfrische Probe zwischen Daumen und Zeigefinger zu einer langen dünnen, aber wenig biegsamen Schnur ausrollbar, matt glänzende Schmierflächen beim Überstreichen mit dem Fingernagel
Ton (T)	Wie zuvor, Schmierflächen jedoch stark glänzend

Bestimmung des Substratfolgetyps

Sand: S, alS oder lS bis mindestens 80 cm Tiefe; weitere Unterteilung in

- mittel- und feinkörniger Sand
- grobkörniger Sand
- mittel- und feinkörniger Bändersand*)
- grobkörniger Bändersand
- Staubsand
- Bänderstaubsand

Decklehm: 20 – 80 cm mächtige Decke aus sL, lU oder UL über Sand

Deckton: 20 – 80 cm mächtige Decke aus lT, uT, sT oder T über Sand

Tieflehm: mindestens 40 cm mächtige Schicht aus sL, L, lU oder UL unter 40 – 80 cm mächtiger Sandschicht

Tiefton: mindestens 40 cm mächtige Schicht aus lT, uT, sT oder T unter 40 – 80 cm mächtiger Sandschicht

Lehm: mindestens 80 cm mächtige Schicht aus sL, L, lU oder UL unter höchstens 40 cm mächtiger Sandschicht

Ton: mindestens 80 cm mächtige Schicht aus lT, uT, sT oder T unter höchstens 40 cm mächtiger Sandschicht

Moor: mindestens 80 cm mächtiger Torfkörper

*) Bändersand: Bänder oder Nester von mindestens lS oder schwerer (tonreicher) mit einer Gesamtmindestmächtigkeit von 16 cm auf 160 cm Profiltiefe (=10%)

Allg.:

Bodenform = Bodentyp + Ausgangsgestein

NO.-dt. Verfahren:

Hauptbodenform = Horizontfolgetyp + Substratfolgetyp

Bsp.:

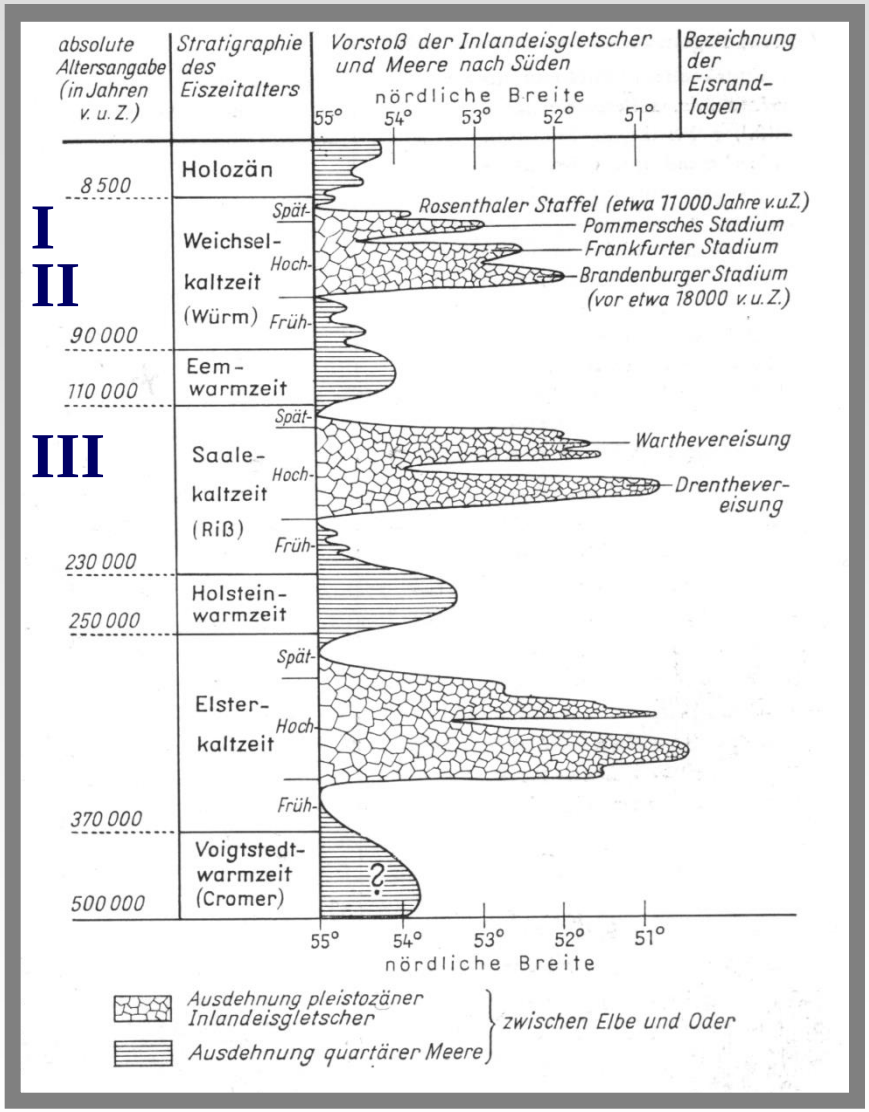
- **Sand**-Ranker
- **Bändersand**-Braunerde
- **Lehm**-Fahlerde
- **Tieflehm**-Fahlerde

Ableitung der KMgCaP-Serie (geologische Serie)

Bezeichnung	Spezifischer Elementgehalt	Eiszeit
Serie I	K [mg/100g]: 750 – 1150 (889), Ca [mg/100g]: 120 – 240 (168), hoher K-, Mg-, Ca-, P-Gehalt; deutlicher Anstieg der Elemente K, Mg, Ca mit zunehmendem gS-Anteil	Ablagerungen des Pommerschen Stadiums und der Grundmoräne der Frankfurter Staffel (Weichseleiszeit)
Serie II	K [mg/100g]: 450 – 850 (599); Ca [mg/100g]: 30 – 160 (97); K-, Mg-, Ca-, P-Gehalte niedriger als bei Serie I; geringerer Anstieg der Elemente mit zunehmendem gS-Anteil als bei Serie I	Ablagerungen des Brandenburger Stadiums der Weichseleiszeit sowie Vermischungsmaterial aus Weichsel- und Saaleeiszeit
Serie III	K [mg/100g]: 450 – 850 (593); Ca [mg/100g]: 30 – 160 (78); Elementgehalte ähnlich wie bei Serie II, aber fehlender Anstieg der Elemente mit zunehmendem gS-Anteil	Ablagerungen des Warthestadims der Saaleeiszeit sowie Sandersande der Frankfurter Staffel

Die Eiszeit in Brandenburg

LFE



aus: Wagenbreth & Steiner, 1982

<u>Weichselglazial</u>

Pommersches Stadium → Torun-Eberswalder Urstromtal

Frankfurter Stadium → Warschau-Berliner Urstromtal

Brandenburger Stadium → Glogau-Baruther Urstromtal

<u>Saaleglazial</u>

Warthestadium → Breslau-Magdeburger Urstromstal

Bezeichnung der Nährkraftstufen

R	REICH
K	KRÄFTIG
M+	M mit besseren Schichten im Untergrund
M	MITTEL
Z+	Z mit besseren Schichten im Untergrund
Z	ZIEMLICH ARM
A+	A mit besseren Schichten im Untergrund
A	ARM

Beispiele für Nährkraftstufen terrestrischer Standorte

Def. von (Stamm-)Nährkraftstufen mit Beispielen:

(R)	reich (eutroph)	hohe Basensättigungen im Oberboden; z.B. nicht entkalkte Geschiebemergelböden, lehmreiche Auenböden
(K)	kräftig	z.B. im Oberboden entkalkte Geschiebemergelböden, häufig Parabraunerden und Fahlerden der End- und Grundmoräne
(M+)	mittel mit besseren Schichten im Untergrund	M-Standort mit Lehm- oder Schluffschichten unterlagert*
(M)	mittel (mesotroph)	z.B. silikatreichere (Bänder-)Sandbraunerden z.T. auf anlehmigen Grobsanden; auch Kolluvien
(Z+)	ziemlich arm mit besseren Schichten im Untergrund	Z-Standort mit Lehm- oder Schluffschichten unterlagert*
(Z)	ziemlich arm	Reinsandsubstrate ohne Anlehmigkeit; z.B. Braunerde-Podsole auf Flug-, Tal-, Sander- und Geschiebesanden
(A+)	arm mit besseren Schichten im Untergrund	A-Standort mit Lehm- oder Schluffschichten unterlagert*
(A)	arm (oligotroph)	sehr silikatarme Sandsubstrate mit ausgeprägten Podsolierungsmerkmalen
* Voraussetzung für die Ausweisung von "+" ist eine kompakte L- oder U-Schicht mit > 40 cm Mächtigkeit in einer Tiefenlage von 80 – 160 cm. Falls die Mächtigkeit < 40 cm ist, spricht man von Bändern (vgl. Bändersand, Bänderstaubsand)		

Ableitung der (Stamm-)Nährkraftstufe terrestrischer Standorte

1. **Bestimmung des Bodentyps (Horizontfolgetyp)**
2. **Bestimmung des Substrat(folge)typs**
3. **Charakterisierung des geol. Ausgangsmaterials hinsichtlich des Alters (→ KMgCaP-Serie)**
4. **Tiefenlage carbonathaltiger Horizonte (Entkalkungsgrenze)**
5. **Bodenart im Unterboden (B-Horizont)**

Ableitung der Stamm-Nährkraftstufe terrestrischer Standorte

Horizontfolgetyp: Braunerde, podsolige Braunerde, Fahlerde, Staugleyfahlerde

KMgCaP-Serie	$CaCO_3$-Tiefe	Substrattyp																				
		Sand																Deck-lehm und Deckton		Tieflehm und Tief-ton		Lehm und Ton
		mittel- und fein-körniger Sand			grob-körniger Sand			mittel- und fein-körniger Bänder-sand			grob-körniger Bänder-sand			Staub-sand		Bänder-staub-sand						
		S	alS	lS	S	alS	lS	S	alS	lS	S	alS	lS	S	alS + lS	S	alS + lS	über S	über bS	S	alS + lS	
I	0.8-1.6m	M	K	K	K	K	K	M	K	K	K	K	R	M	K	K	K	K	R	K	K	R
	1.6-3.0m	M	M	K	M	K	K	M	K	K	K	K	R	M	K	K	K	K	K	K	K	
	frei bis 3m	M	M	K	M	K	K	M	K	K	K	K	K	M	K	M	K	K	K		K	
II	0.8-1.6m	Z	M	M	M	M	K	M	K	K	M	K	K	M	M	M	K	K	K	M+	K	K
	1.6-3.0m	Z	M	M	Z	M	M	M	M	K	M	K	K	M	M	M	K	M	K	M+	K	K
	frei bis 3m	Z	M	M	Z	M	M	M	M	K	M	M	K	Z	M	M	M	M	K			
III	1.6-3.0m																			M+	K	K
	frei bis 3m	Z	M	M	Z	M	M	M	M	K	M	M	K	Z	M	M	M	M	K			K
VIII	frei bis 3m	A	Z	Z	A	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	M

Ableitung der Stamm-Nährkraftstufe terrestrischer Standorte

Horizontfolgetyp: Podsol

KMgCaP-Serie	$CaCO_3$-Tiefe	Substrattyp																				
		Sand																Deck-lehm und Deckton		Tieflehm und Tief-ton		Lehm und Ton
		mittel- und fein-körniger Sand			grob-körniger Sand			mittel- und fein-körniger Bänder-sand			grob-körniger Bänder-sand			Staub-sand		Bänder-staub-sand						
		S	alS	lS	S	alS	lS	S	alS	lS	S	alS	lS	S	alS + lS	S	alS + lS	über S	über bS	S	alS + lS	
I	0.8-1.6m	Z	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M						M+	M+	M+
	1.6-3.0m	Z	Z	M	Z	M	M	Z	M	M	M	M	M	Z						M+	M+	M+
	frei bis 3m	Z	Z	Z	Z	Z	M	Z	Z	M	Z	M	M	Z	Z					M+	M+	
II	0.8-1.6m	Z																		Z+		
	1.6-3.0m	Z						Z						Z						Z+	Z+	M+
	frei bis 3m	A	Z					Z						Z								Z+
III	1.6-3.0m																			Z+	Z+	M+
	frei bis 3m	A	Z	Z	A	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z								
VIII	frei bis 3m	A	A		A	A		A	A		A	A		A						A	A	Z

Ableitung der Stamm-Nährkraftstufe terrestrischer Standorte

Horizontfolgetyp: Ranker, podsoliger Ranker ("Saumpodsol")

KMgCaP-Serie	$CaCO_3$-Tiefe	Substrattyp																				
		Sand															Deck-lehm und Deckton		Tieflehm und Tief-ton		Lehm und Ton
		mittel- und fein-körniger Sand			grob-körniger Sand			mittel- und fein-körniger Bänder-sand			grob-körniger Bänder-sand			Staub-sand		Bänder-staub-sand						
		S	alS	lS	S	alS	lS	S	alS	lS	S	alS	lS	S	alS + lS	S	alS + lS	über S	über bS	S	alS + lS	
I	0.8-1.6m	M			M				K					M		K				M+		
	1.6-3.0m	Z			M				M					M		K						
	frei bis 3m	Z							M					M		K						
II	0.8-1.6m	Z			Z				M			K		M		K				M+		M+
	1.6-3.0m	Z			Z				M			M		Z		M						
	frei bis 3m	A							Z					Z		M						
III	1.6-3.0m																			M+		
	frei bis 3m	A			A				M			M		Z		M						
VIII	frei bis 3m	A			A				A			A		Z		Z						

Bestandeszieltypenerlass Brandenburg (BZT für feuchtes Tieflandsklima Tf)

Stamm-feuchte stufe	Stammnährkraftstufe			
	Reich	Kräftig		Arm
Ü...0	RER	RER		
Ü...1	RER/RER-EDL mit SEI	RER/RER-EDL mit SEI		
Ü...2	EDL-SEI/EDL-RER, WLI-HBU/ SEI-WLI-HBU, RER/EDL	EDL-SEI/EDL-RER, WLI-HBU/ SEI-WLI-HBU, RER/EDL		
O...2	RER	RER		MBI
O...3	RER/RER-EDL/EDL-SEI	RER/RER-EDL/EDL-SEI		GKI/GKI-L/MBI-GKI
O...3 ü	RER/RER-EDL	RER/RER-EDL		MBI
O...4	EDL/EDL-RER/EDL-SEI	EDL/EDL-RER/EDL-SEI		GKI/GKI-L/MBI-GKI
O...4 w	EDL/EDL-RER/EDL-SEI	EDL/EDL-RER/EDL-SEI		GKI-L/MBI-GKI
O...4 ü	EDL/EDL-RER/EDL-SEI	EDL/EDL-RER/EDL-SEI		MBI
N...0	RER/RER-EDL	RER/RER-EDL	• • • • • • •	MBI
N...1	EDL/EDL-RER/EDL-SEI	EDL/EDL-RER/EDL-SEI		SEI-BI/GBI/GBI-GKI
N...2	EDL/EDL-SEI/SEI-RER/ EDL-RER, RBU	EDL-SEI/EDL-RER, RBU/ EDL/ SEI-RER, WLI-HBU, RBU		SEI-BI/GBI/GBI-GKI
N...3	RBU-EDL/EDL/EDL-SEI	RBU/RBU-EDL, SEI		GKI-L, RBU, SEI/ GBI-GKI/GBI
N...1 w	EDL-SEI/RER-EDL/ SEI-RER/EDL	EDL-SEI/RER-EDL/ SEI-RER/EDL		
N...2 w	EDL-SEI/SEI-RER/EDL	SEI-EDL/SEI-WLI-HBU, RER		
T...1 w	RBU-EDL/EDL-SEI/EDL	RBU-SEI/RBU/RBU-EDL/ SEI-EDL, WLI-HBU		
(T)...1	RBU-EDL/RBU-SEI/ EDL/EDL-SEI	RBU/RBU-EDL, SEI		GKI-L/GBI/GBI-GKI
(T)...2 g	RBU-EDL/RBU-SEI/RBU	RBU/ RBU-EDL, SEI, GDG, ELA, N		GKI-L/GBI-GKI
(T)...2	RBU-EDL/RBU-SEI/RBU	RBU/ RBU-EDL, SEI, GDG, ELA, N		GKI-L/GBI-GKI
(T)...3	RBU-TEI/RBU-EDL/RBU/ TEI-EDL	RBU-TEI/RBU/RO		GKI-L, GBI

Ableitung der Zustands-Nährkraftstufe

Morphologische und analytische Eigenschaften der Humusformen sowie Zuordnung der Nährkraftstufe:

Bezeichnung	Code	Horizontfolge	C/N	BS (%)	pH_{KCl}	Nährkraft
Mull	Mu	Ol - Ah	11,6 - 14,7	> 46	> 4,8	reich (r)
mullartiger Moder	MM	Ol - Of - Ah	14,2 - 18,5	48 - 30	5,0 - 4,0	kräftig (k)
Moder	Mo	Ol - Of - Ah	17,8 - 23,8	32 - 18	4,2 - 3,2	mittel (m)
rohhumusart. Moder	RM	Ol - Of - Oh - Ah	22,7 - 31,2	20 - 10	< 3,4	zieml. arm (z)
Rohhumus	Ro	Ol - Of - Oh - Ah	29,4 - 41,4	18 - 10	< 3,2	arm (a)
Magerrohhumus	Ma	Ol - Of - Oh - Ah	> 38,4	< 16	< 3,2	sehr arm (d)

! Die Ableitung der Humusform erfolgt im NO-dt. Verfahren anhand von analytischen Kennwerten (C/N, BS, pH) bzw. ersatzweise über die Vegetationsform und morphologische Humusform.

Ableitung der Nährkraftstufe grundwasser-beeinflusster Standorte

Indikator für die Grundwasserqualität ist die Humusform

➔ **Zustandsnährkraftstufe = Stammnährkraftstufe**

Humusform	*Nährkraftstufe*	
Mull	**r**	**REICH**
Mullartiger Moder	**k**	**KRÄFTIG**
Moder	**m**	**MITTEL**
Rohhumusartiger Moder	**z**	**ZIEMLICH ARM**
Rohhumus	**a**	**ARM**
Magerrohhumus	**d**	**SEHR ARM (dystroph)**

Vergleich der Nährkraftstufen nach dem NO-dt. Verfahren (SEA) mit den Nährkraftstufen anderer Bundesländer und Ansatz für einen bundesweiten Schlüssel (1. Spalte)

	BW	BY	HE	NI / SH	NW	RP	SL	SEA
Reich	nährstoffreich	reich: r+ r	eutroph	6 5+ 5	sehr basenreich	r4 r3	eutroph	R
Kräftig	normal (nicht versauert)	r- normal: m+	mesotroph +	5- 4+ 4	basenreich	r2	mesotroph +	K
Mittel	schw. bis mäßig versauert	m	mesotroph -	4- 3+ 3	mäßig basenreich	m4 m3	mesotroph	M
Ziemlich arm	sauer	m- arm: a+	oligotroph	3- 2+	basenarm	m2 m1	oligotroph	Z
Arm	stark sauer	a a-		2 2- 1	sehr basenarm	a sa		A

Aus: Wolff et al., 1999

Grundlage für die Ableitung von Nährkraftstufen in den anderen Bundesländern

BW	Humusform, Bodenvegetation, Öko-Serien (aus: Bodentyp, Ausgangsmaterial, Bodenartenschichtung, Wurzelraum, …)
BY	Substrattyp (aus: Ausgangsmaterial, Bodenartenschichtung, Podsolierungsgrad des Bodens, chemischer Bodenzustand, …), Bodenvegetation
HE	Humusform, Waldgesellschaft und Bodenvegetation, ggf. chemische Bodenkennwerte
NI, SH	bodenchemische Eigenschaften zur Kennzeichnung der Basennachlieferung (Verwitterungsrate, „nachschaffende Kraft“), Ausgangsgestein, Bodenart, Austauschkapazität, Gründigkeit, Grundwasserqualität
NW	Boden-Substrat-Serien (Öko-Serien aus Bodentyp, Bodenartenschichtung, Bodenstruktur, …); bodenchemische Kennwerte, Humusform, Bodenvegetation
RP	bodenchemisch analysierte und definierte Substratreihen, Humusform, Bodenvegetation
SL	Bodenchemische Kenngrößen (C/N, C/P, C/K, C/Ca, pH, …)

Einfach erfassbare Merkmale zur Bewertung der Trophie

Gründigkeit

Durchwurzelung

Physiologische Gründigkeit

Unter physiologischer Gründigkeit (syn.: Durchwurzelbarkeit) wird die Mächtigkeit des Lockermaterials verstanden, in das die Pflanzenwurzeln unter den gegebenen Bodenbedingungen ohne Schwierigkeiten eindringen können. Die Begrenzung erfolgt durch verfestigte Bodenhorizonte, Reduktionshorizonte, Horizonte mit schroffem Wechsel der chemischen Eigenschaften, Horizonte mit sehr ungünstiger Luft- oder Wasserkapazität.

Tiefe in dm	*Bezeichnung*
< 1.5	sehr flachgründig
1.5 - 3.0	flachgründig
3 – 6	mittelgründig
6 – 10	tiefgründig
> 10	sehr tiefgründig

Durchwurzelungstiefe und Intensität, Hauptwurzelraum

Die ***Durchwurzelungstiefe*** ist in dm anzugeben. Sie umfasst alle Horizonte mit mehr als einer Feinwurzel pro dm^2. Unter der ***Durchwurzelungsintensität*** wird die Anzahl der Feinwurzeln pro dm^2 verstanden. Als Feinwurzeln gelten Wurzeln mit einem Durchmesser < 2 mm. Sie werden an einer leicht aufgerauhten Profilwand erfasst.

Bei gut durchwurzelten Bodenprofilen reicht der ***Hauptwurzelraum*** bis zur Tiefe mit mindestens mittlerer Durchwurzelungsintensität. Bei nur mäßig durchwurzelten Böden reicht er bis zur Untergrenze des Bereiches mit der stärksten Durchwurzelungsintensität.

Code	*Durchwurzelungsintensität*	*Anzahl Feinwurzeln / dm^2*
W0	keine Wurzeln	0
W1	sehr schwach	1 – 2
W2	schwach	3 – 5
W3	mittel	6 – 10
W4	stark	11 – 20
W5	sehr stark	21 – 50
W6	Wurzelfilz	> 50

Einfach erfassbare Merkmale zur Bewertung der Trophie

Bodenchemismus

Carbonatgehalt

Der Gehalt an Calcium- und Magnesiumcarbonaten (Kalk, Dolomit) wird im Gelände durch die Salzsäureprobe ermittelt. Dabei wird 10-prozentige Salzsäure auf befeuchteten Boden getropft und der Carbonatgehalt aus sicht- und hörbaren Reaktionen des Bodens geschätzt.

Reaktion	*Bezeichnung*	*Carbonatgehalt [Gew.-%]*
sehr schwache Reaktion, nicht sichtbar	sehr carbonatarm	< 0.5
schwache Reaktion, kaum sichtbar	carbonatarm	0.5-2.0
nicht anhaltendes Brausen	carbonathaltig	2-10
starkes anhaltendes Schäumen	carbonatreich	> 10

Ökologische Gruppierung nach Pufferbereichen

In Böden wirken verschiedene Puffer, die je nach Verwitterungs- und Aciditätsgrad des Bodens eindringende Säuren abzupuffern vermögen. Es lassen sich fünf Puffersysteme unterscheiden, die in bestimmten pH-Bereichen dominieren. Anhand der Pufferbereiche kann man das Risiko durch Säurebelastung für mittlere und anspruchsvolle Pflanzengesellschaften abschätzen.

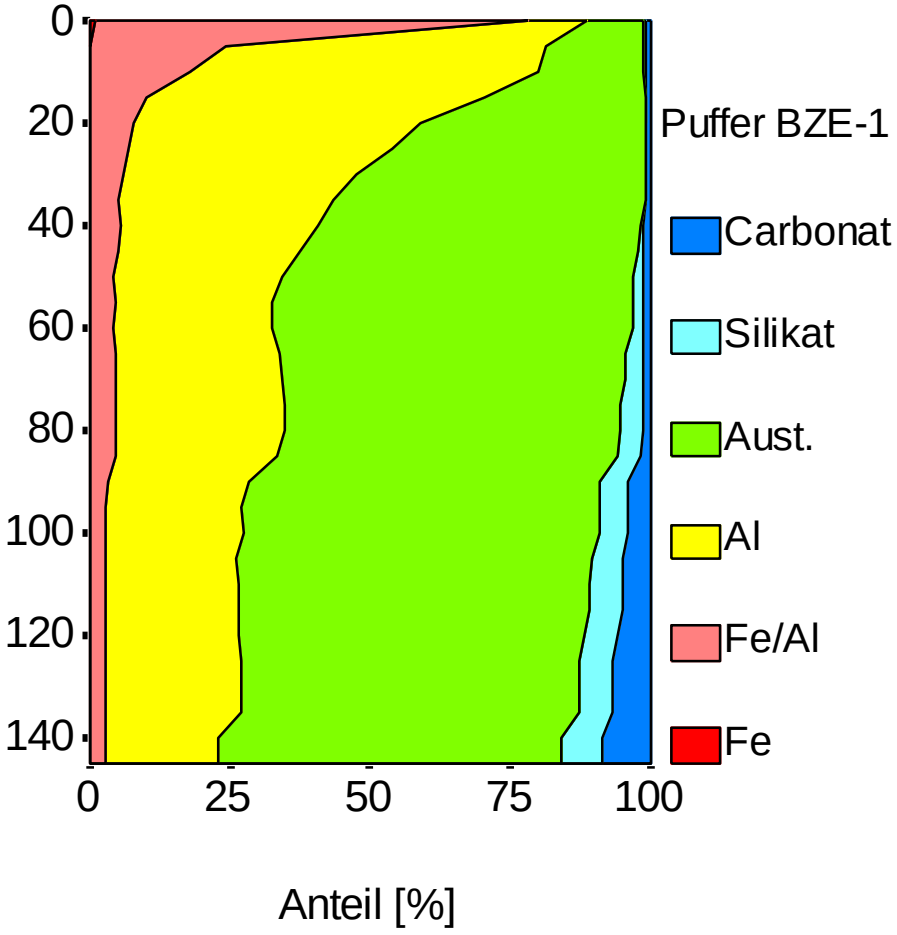
Pufferbereich	*wirksame bodenchemische Prozesse*	*pH-Bereich*
Eisen	Podsolierung	< 3,2
Aluminium / Eisen		3,2 – 3,8
Aluminium	Tonmineralzerstörung	3,8 – 4,2
Austauscher	Basenverdrängung/ -auswaschung	4,2 – 5,1
Silikat	Verbraunung, Verlehmung	5,1 – 6,3
Carbonat	Entkalkung	>= 6,3

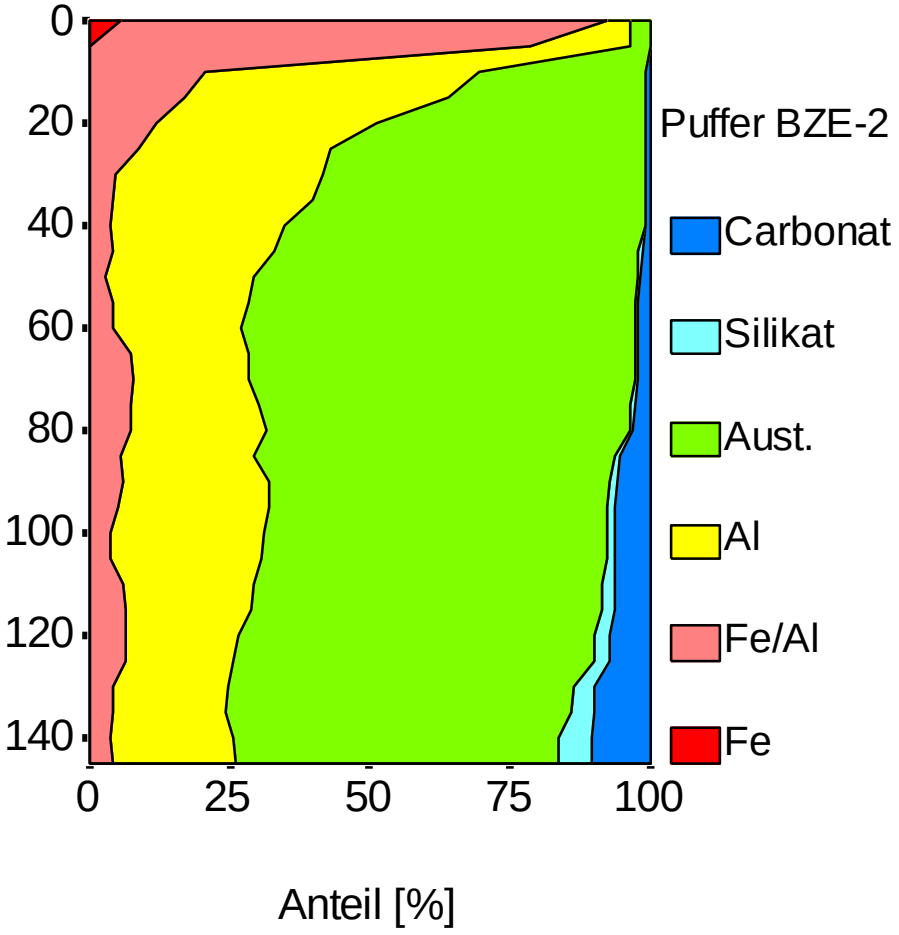
Pufferbereiche (Wdhlg.)

pH > 6,2	**Carbonatpufferbereich** $2\ CaCO_3 + 2H^+ \rightarrow Ca(HCO_3)_2 + Ca^{2+}$; allmählicher Verlust von $CaCO_3$ (Entkalkung); optimale Bedingungen für Bodenorganismen
pH 6,2 – 5,0	**Silikatpufferbereich** Verwitterung primärer Silikate (Feldspäte, Glimmer); Entstehung sekundärer Minerale (Verbraunung, Verlehmung); optimale Nährstoffverfügbarkeit durch Freisetzung basischer Kationen (Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}) und deren Adsorption am Bodenaustauscher
pH 5,0 – 4,2	**Austauscherpufferbereich** Verdrängung austauschbarer basischer Kationen durch saure Kationen (v.a. Al^{3+} aus Silikatresten) und Protonen; durch Auswaschung der basischen Kationen Abnahme der Basensättigung; Protonierung variabler Ladung (abnehmende KAK_{eff}); beginnende Verdrängung säureempfindlicher Organismen
pH < 4,2	**Al-Pufferbereich** Auflösung von Kristallgittern der sekundären Minerale (Tonmineralzerstörung); dadurch Freisetzung von Al^{3+} in die Bodenlösung; Austauscherplätze überwiegend von Al^{3+} belegt; Basensättigung < 20%; Aluminiumkonzentration in der Bodenlösung zunehmend toxisch (Wurzelschäden)
pH < 3,0	**Fe-Pufferbereich** Pufferung der Protonen durch Auflösung von Eisen(hydr)oxiden; H^+- und Fe-Sättigung am Austauscher steigen stark an; Verlagerung von Sesquioxiden als metallorganische Komplexe (Podsolierung); stark eingeschränkte bodenbiologische Aktivität (Rohhumusbildung); säureangepasste Pflanzengesellschaften

Aktuelle Ergebnisse der BZE

Pufferbereiche	**Carbonat**	**> 6.2**	**Al**	**4.2 – 3.8**
	Silikat	**6.2 – 5.0**	**Al/Fe**	**3.8 – 3.0**
	Austauscher	**5.0 – 4.2**	**Fe**	**< 3.0**



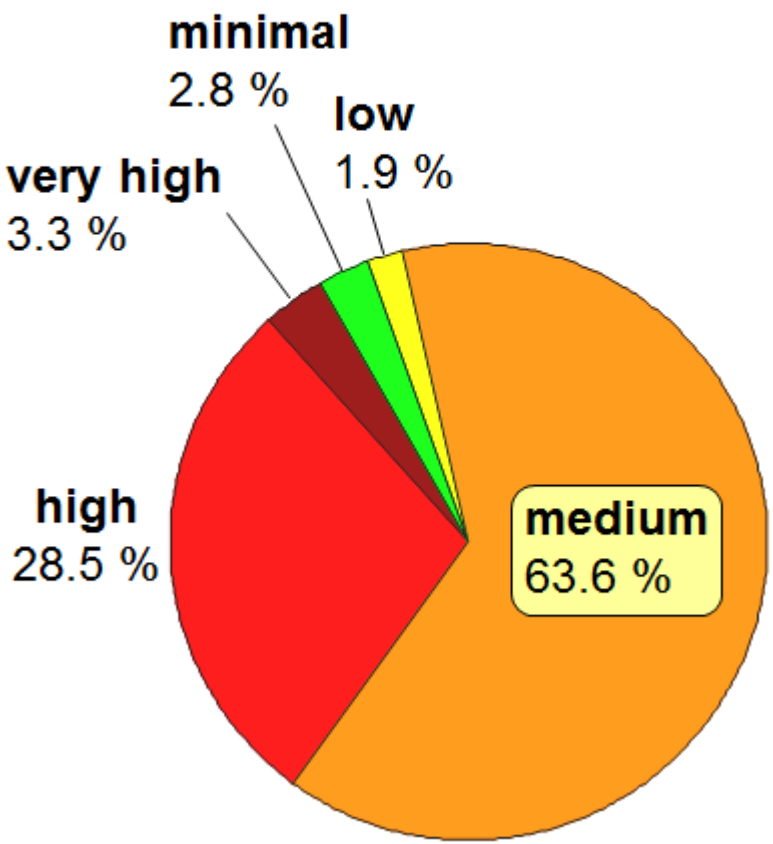


Einschätzung des Säurerisikos

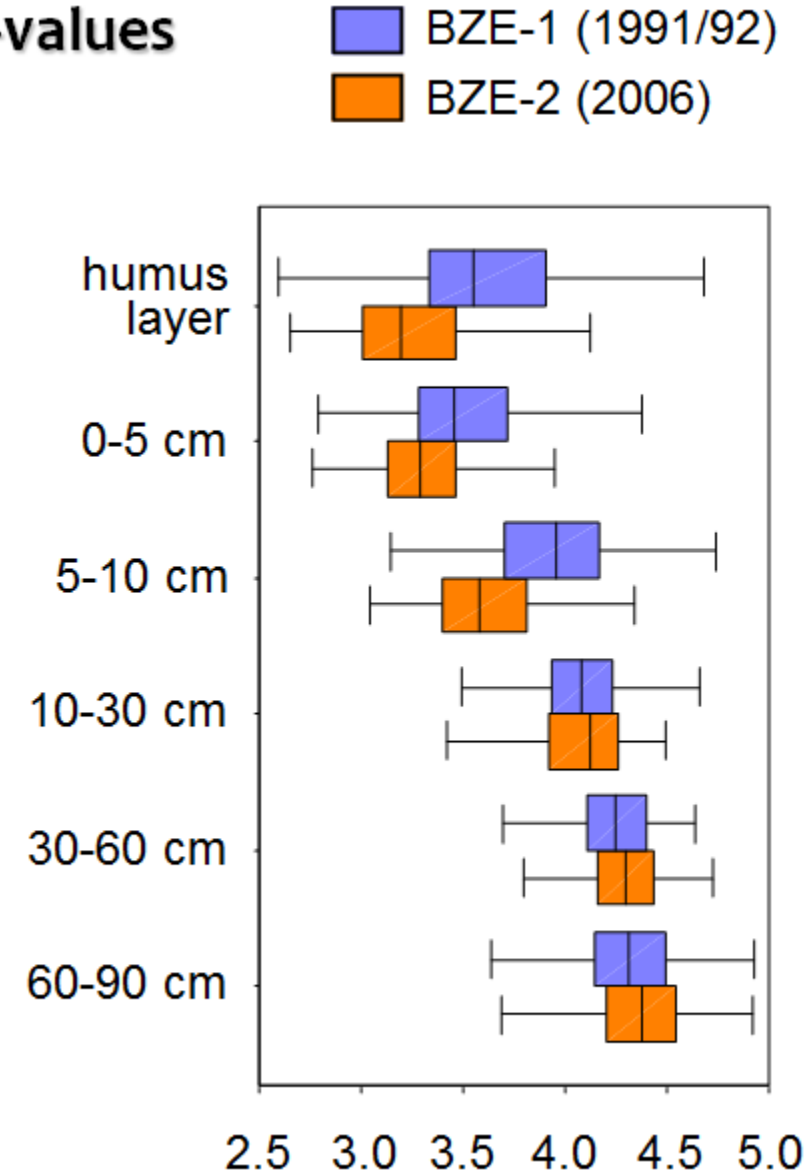
Bewertung	*Kriterien, Folgen*
minimal	gesamter Wurzelraum im Carbonat- oder Silikat-Pufferbereich
gering	Oberboden (bis 30 cm) im Austauscher-Pufferbereich *Folge*: Beeinträchtigung säureintoleranter (kalkholder Arten)
mittel	Oberboden im Aluminium- oder Aluminium / Eisen-Pufferbereich Unterboden im Silikat- oder Austauscher-Pufferbereich *Folge*: Verdrängung säureintoleranter Arten
stark	Ober- und Unterboden im Aluminium / Eisen-Pufferbereich pH-Wert im Oh-Horizont > 3,0 *Folgen*: geringe bis sehr geringe Vorräte an austauschbaren basisch wirkenden Kationen; niedrige Ca- und hohe Al-Gehalte in den Feinwurzeln; Schäden im Meristem und gehemmtes Längenwachstum von Feinwurzeln
sehr stark	Ober- und Unterboden im Aluminium- oder Aluminium / Eisen-Pufferbereich und pH-Wert im Oh-Horizont < 3,0

Pufferbereiche	**Carbonat**	**> 6.2**	**Al**	**4.2 – 3.8**
	Silikat	**6.2 – 5.0**	**Al/Fe**	**3.8 – 3.0**
	Austauscher	**5.0 – 4.2**	**Fe**	**< 3.0**

Risk of acid stress



pH-values



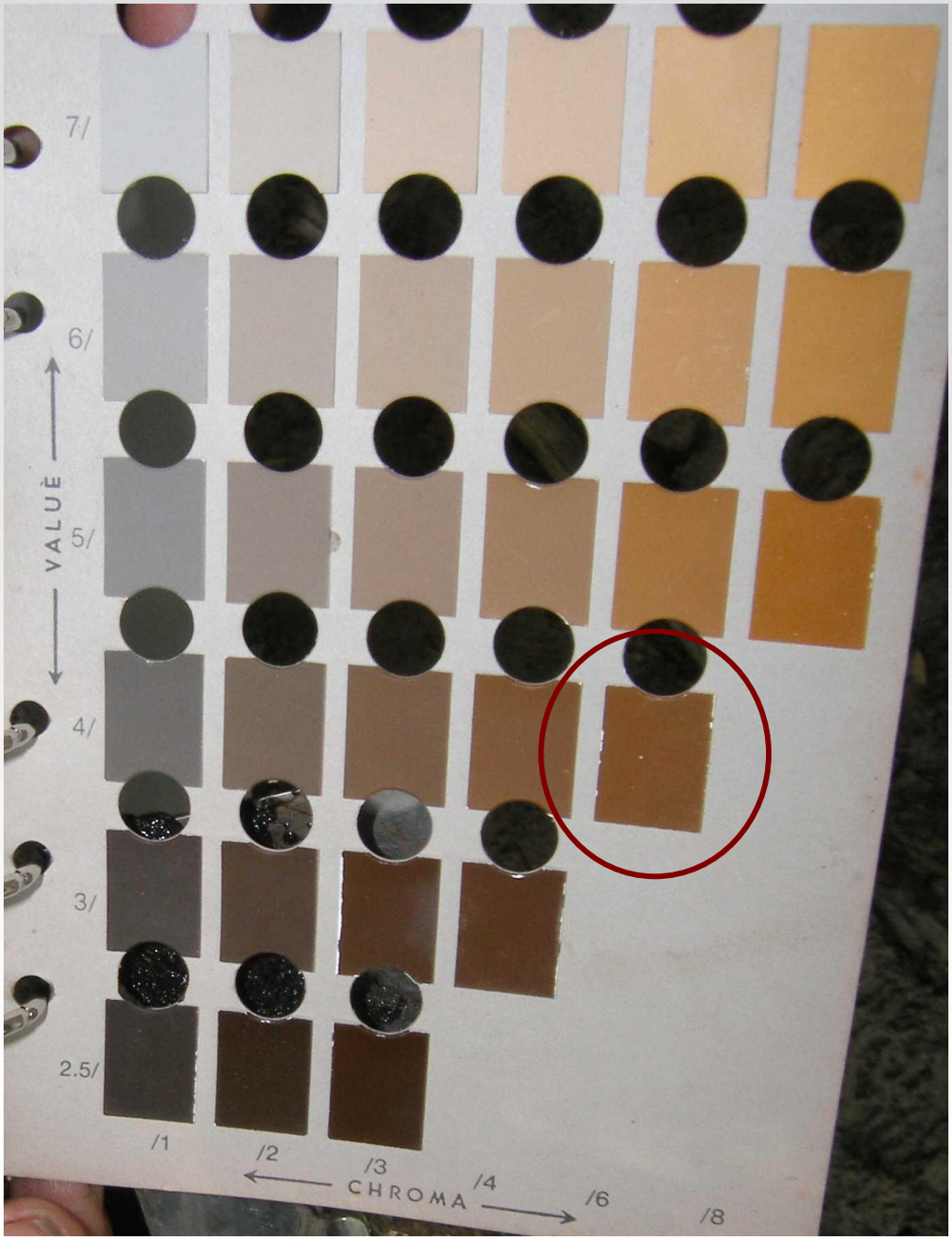
Ableitung bodenchemischer Kenngrößen aus Geländebefunden

Bodenfarbe (z.B. 10 YR **3**/2)
Hauptbodenart (z.B. **Sand**) → Humusgehalt

Value-Wert	Humusgehalt [Gew.-%]	
	Sande	Schluff, Lehm, Ton
6,5	0 (h0)	0 (h0)
6	0 (h0)	0 (h0)
5,5	0 (h0)	0,2 (h1)
5	0,2 (h1)	0,4 (h1)
4,5	0,3 (h1)	0,7 (h1)
4	0,7 (h1)	1,2 (h2)
3,5	1,2 (h2)	2,2 (h3)
3	**2,2 (h3)**	4,0 (h3)
2,5	4,5 (h3)	> 5,0 (h4)
2	> 6,0 (h4)	

Achtung: Wenn der Chroma-Wert >= 3,5 ist, wird der Value-Wert um 0,5 erhöht; wenn der Chroma-Wert >= 6 ist, wird der Value-Wert um 1 erhöht.

7,5 YR 4/6



Bewertung des Humusgehaltes:

(h0) kein Humus
(h1) sehr schwach humos (< 1%)
(h2) schwach humos (1-2 %)
(h3) mittel humos (2-5 %)
(h4) stark humos (5-10 %)
(h5) sehr stark humos (10-15 %)
(h6) extrem humos (Anmoor, 15 – 30 % Humus)
(h7) Torf (> 30 % Humus)

Ableitung bodenchemischer Kenngrößen aus Geländebefunden

Humusgehalt
Bodenart → KAKpot

Bodenart	*Humusgehalt*						
	h0	*h1*	*h2*	*h3*	*h4*	*h5*	*h6*
Ss, Su2	1	2	5	9	17	27	52
Su3, Su4, Sl2	3	4	7	11	19	29	54
Us	4	5	8	12	20	30	55
St2, Sl3, Uu	5	6	9	13	21	31	56
Slu, Sl4, Ut2, Uls	8	9	12	16	24	34	59
Ut3, St3	10	11	14	18	26	36	61
Ls3, Ls4	11	12	15	19	27	37	62
Ls2	12	13	16	20	28	38	63
Ut4	13	14	17	21	29	39	64
Lu, Ts4	14	15	18	22	30	40	65
Lt2	16	17	20	24	32	42	67
Tu4	17	18	21	25	33	43	68
Lts	18	19	22	26	34	44	69
Ts3	19	20	23	27	35	45	70
Tu3	20	21	24	28	36	46	71
Lt3	21	22	25	29	37	47	72
Ts2	17	28	31	35	43	53	78
Tl, Tu2	28	29	32	36	44	54	79
Tt	38	39	42	46	54	64	89

$cmol_c$ / kg	*< 5*	*5-10*	*11-20*	*21-40*	*41-80*	*> 80*
Bewertung	sehr gering	gering	mässig	mittel	hoch	sehr hoch

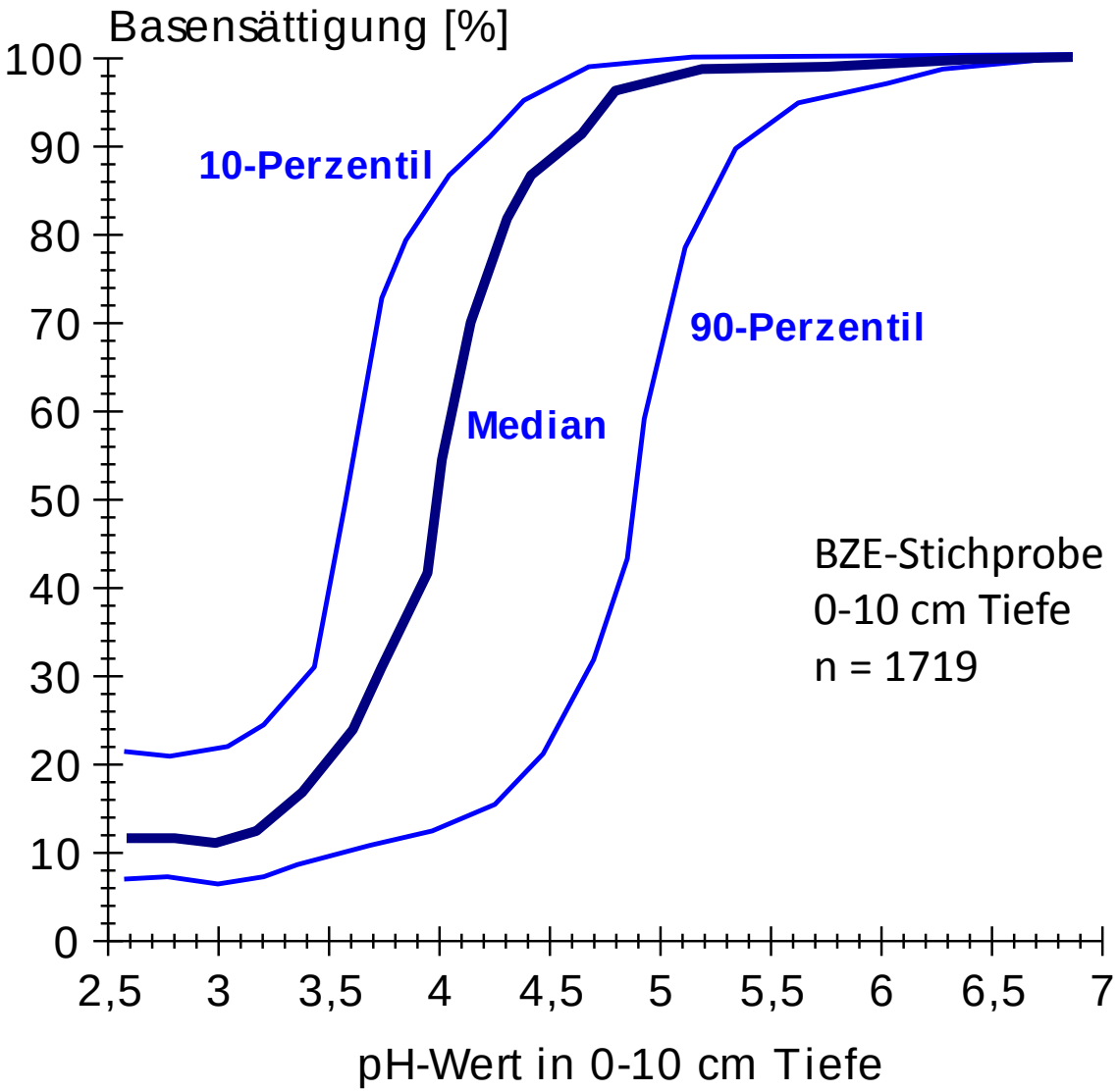
Ableitung bodenchemischer Kenngrößen aus Geländebefunden

KAKpot
pH-Wert → KAKeff (synonym: Ake)
Humusgehalt

pH-Wert	*Humusgehalt*					
	h1	*h2*	*h3*	*h4*	*h5*	*h6*
> 7.5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6.5 - 7.5	0,0	-0,6	-1,4	-3,0	-5,0	-10,0
5.5 – 6.5	0,0	-1,2	-2,8	-6,0	-10,0	-20,0
4.5 – 5.5	0,0	-1,8	-4,2	-9,0	-15,0	-30,0
3.5 – 4.5	0,0	-2,3	-5,3	-11,3	-18,8	-37,5
=< 3.5	0,0	-2,6	-6,0	-12,8	-21,3	-42,5

$cmol_c$ / kg	*< 5*	*5 – 20*	*20 -50*	*> 50*
Bewertung	gering	mittel	hoch	sehr hoch

Basensättigung: Abhängigkeit vom pH(KCl)-Wert



Ableitung bodenchemischer Kenngrößen aus Geländebefunden

pH-Wert
Unterboden / Oberboden → Basensättigung

pH-Wert	*>2.5 - =<3.0*	*>3.0 – =<3.5*	*>3.5 – =<4.0*	*>4.0 – =<4.5*	*>4.5 – =<5.0*	*>5.0 – =<5.5*	*> 5.5*
BS [%] (1)	10 (>5)	15	30	60	90	95	100
BS [%] (2)	10 (>5)	15	20	30	70	90	100

(1): gültig für humose Bodenhorizonte (Oberboden)
(2): gültig für humusfreie bis schwach humose Bodenhorizonte (Unterboden)

Achtung: Die Tabelle gilt für pH(KCl)-Werte. pH(H2O)-Werte müssen deshalb noch umgerechnet werden.
Näherungsweise gilt im sauren pH-Bereich: **pH(KCl) = (pH(H2O) + 0,7**

Ableitung bodenchemischer Kenngrößen aus Geländebefunden

Berechnung des **S-Wertes** [mol_c/m^2 im Hauptwurzelraum]
aus Basensättigung und KAKeff (Ake)

S-Wert [$cmol_c/kg$] = BS / 100 x AKe [$cmol_c/kg$]
Durch Einbeziehung von Trockenrohdichte, prozentualem Steingehalt und Horizontmächtigkeit kann der S-Wert für den gesamten Wurzelraum berechnet und auf die Fläche bezogen werden (mol_c/m^2).

S-Wert [$cmol_c/dm^3$] = S-Wert [$cmol_c/kg$] x TRD [g/cm^3]

$S\text{-}Wert_{steinfrei}$ [$cmol_c/dm^3$] = S-Wert [$cmol_c/dm^3$] x (1 - Steingehalt / 100)

$S\text{-}Wert_{Horizont,\ steinfrei}$ [mol_c/m^2] = $S\text{-}Wert_{steinfrei}$ [$cmol_c/dm^3$] x Horizontmächtigkeit [dm]

Die Summe der S-Werte aller Horizonte im Hauptwurzelraum kann als Näherungsmaß der pflanzenverfügbaren Nährstoffe (Ca, Mg, K) verwendet werden.

S-Wert [Mol_c/m^2]	*< 3*	*3 - 10*	*10 - 50*	*50 - 100*	*> 100*
Bewertung	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch

Schätzung der Trockenrohdichte bzw. Stufe der effektiven Lagerungsdichte (Ld)
→ Nur notwendig, falls keine TRD-Ermittlung mittels Stechzylinderbeprobung

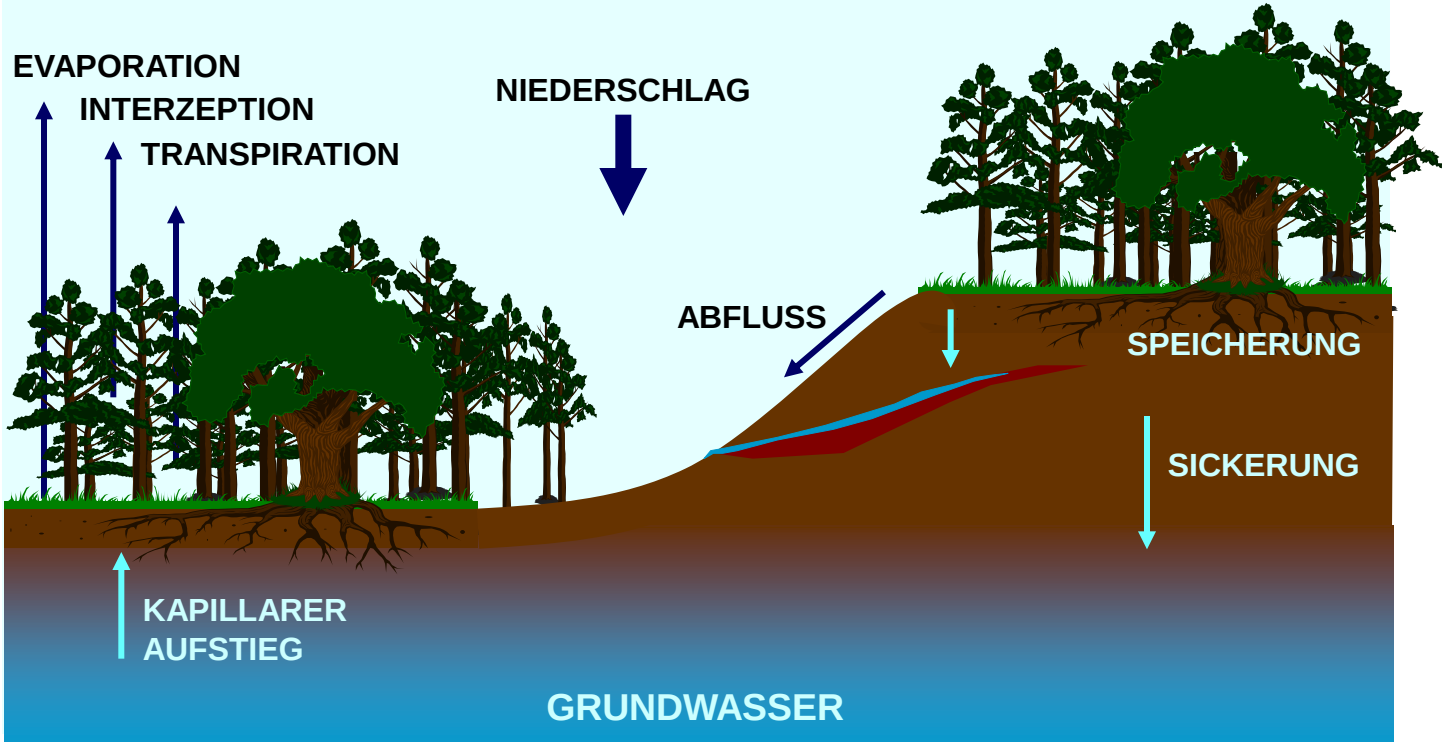
Kriterien	*Code*	*Bezeichnung*	*TRD (g/cm³)*		
			S, U	*L*	*T*
Probe zerbröselt komplett, äußerst locker, an der Profilwand sind sehr viele Grobporen sichtbar	Ld1	sehr gering	< 1.2	< 1.0	< 0.8
Probe zerfällt bereits bei leichtem Druck in zahlreiche Bruchstücke oder in ihre Einzelteile. Messer ist mit sehr wenig Kraft in den Boden zu drücken	Ld2	gering	1.4	1.2	1.0
Probe zerfällt nur in wenige Bruchstücke, die von Hand weiter zerteilt werden können; Messer ist mit wenig Kraft in den Boden zu drücken	Ld3	mäßig dicht	1.6	1.4	1.2
Probe zerfällt nur in sehr wenige große Bruchstücke, die kaum von Hand weiter zerteilbar sind (ausser Sande); Messer ist nur schwer 2 cm in den Boden zu drücken	Ld4	dicht	1.7	1.6	1.4
Probe zerfällt nicht (ausser Sande); äußerst fest; Messer nur mit Gewalt in den Boden zu treiben	Ld5	sehr dicht	> 1.8	> 1.7	> 1.4

III. Wasserhaushalt (Feuchte)

Quantifizierung der Wasserhaushaltskomponenten

→ Wasserhaushaltsgleichung

$$N\ (+Z) = E + T + I + S + A +/- \Delta R$$



Kennzeichnung des ökosystemaren Wasserhaushalts

Einflussgrößen

- Klima
  - Niederschlag
  - potenzielle Verdunstung
- Boden
  - nutzbare Feldkapazität
  - Grundwasserflurabstand
- Vegetation
  - effektiver Wurzelraum
  - Bestand (Alter, Struktur)
  - Bodenvegetation

Komponenten

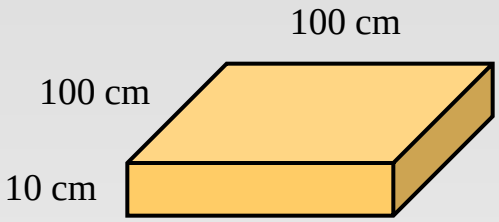
$N = E+T+I+S +/- \Delta R$

- Niederschlag (N)
- kapillarer Aufstieg ($v_{kap} \rightarrow -S$)
- Evapotranspiration (ET)
- Interzeption (I)
- Sickerung (S)

Kennwerte aus dem Bereich Boden:

- **nutzbare Feldkapazität (nFK)**
- **Feldkapazität (FK)**
- **Luftkapazität (LK)**
- **nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFK_{WE})**
- **kapillarer Aufstieg (v_{kap})**
- **pflanzenverfügbares Bodenwasser (W_{pfl})**

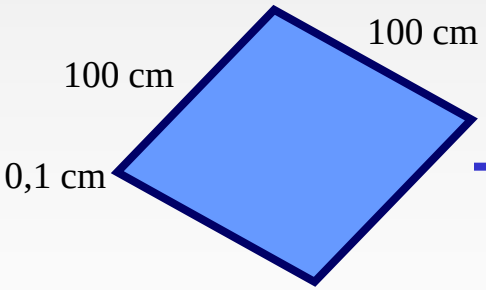
1 Vol.-% = 1 l pro m² und 10 cm Tiefe



100 cm * 100 cm * 10 cm = 100.000 cm³

1 Liter = 1.000 cm³ **= 1 Vol.-%**

1 l/m² = 1 mm



1 Liter = 1.000 cm³ = 100 cm * 100 cm * 0,1 cm

= 1 mm Regenhöhe

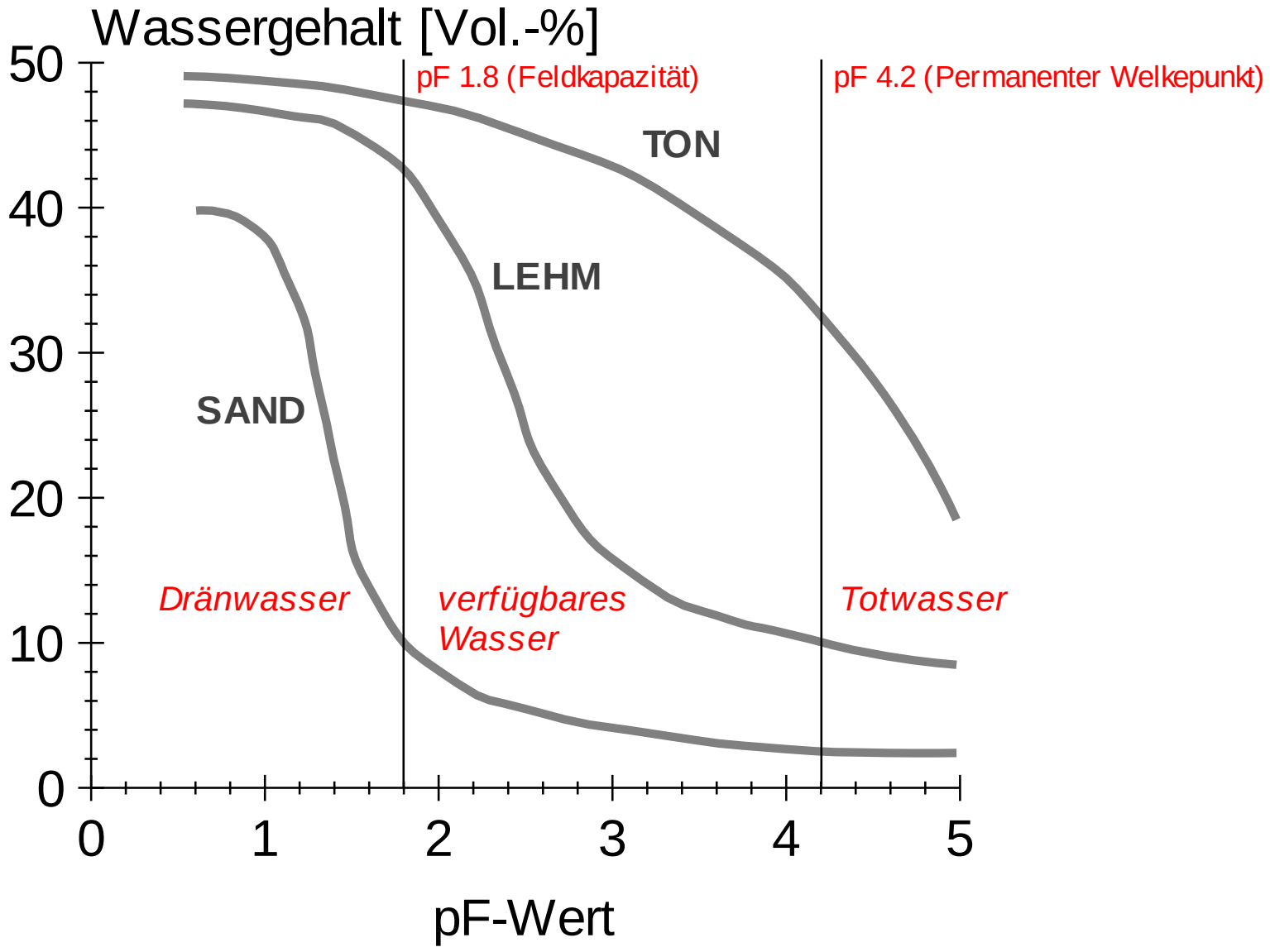
Bsp.: FK = 9 Vol.-% ➔ Speichervermögen bis 30 cm Tiefe: 27 mm,
d.h. 27 mm Niederschlag füllen den Bodenspeicher bis 30 cm Tiefe auf !

Wdhlg.: Zusammenhänge zwischen Porengrößenverteilung, Saugspannung (pF-Wert) und Kennwerten des Wasserhaushaltes

<table>
<tr><th></th><th>weite Grobporen</th><th>enge Grobporen</th><th>Mittelporen</th><th>Feinporen</th></tr>
<tr><td>Saugspannung [hPa]</td><td>< 60</td><td>60 – 300</td><td>300 – 15.000</td><td>> 15.000</td></tr>
<tr><td>pF-Wert</td><td>< 1,8</td><td>1,8 - 2,5</td><td>2,5 – 4,2</td><td>> 4,2</td></tr>
<tr><td>Äquivalentdurchmesser [µm]</td><td>> 50</td><td>50 – 10</td><td>10 – 0,2</td><td>< 0,2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Bodenwasser</td><td>schnell bewegliches</td><td>langsam bewegliches</td><td>pflanzenverfügbares</td><td>nicht pflanzenverfügbares</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sickerwasser</td><td colspan="2">Haftwasser</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Kennwerte</td><td rowspan="2">Luftkapazität</td><td colspan="2">nutzbare Feldkapazität</td><td>Totwasser</td></tr>
<tr><td colspan="3">Feldkapazität</td></tr>
<tr><td colspan="4">Gesamtporenvolumen</td></tr>
</table>

pF-Kurve

- Beziehung zwischen Saugspannung und Wassergehalt -



Ableitung von Kennwerten des Wasserhaushaltes

Humusgehalt		Feldkapazität (FK)
Bodenart	→	nutzbare Feldkapazität (nFK)
eff. Lagerungsdichte		Luftkapazität (LK)

Im Gelände können die Kennwerte des Wasser- und Lufthaushaltes aufgrund der Profilansprache aus **Bodenart**, **effektiver Lagerungsdichte** und **Humusgehalt** abgeleitet werden. Sie werden für jeden Bodenhorizont bestimmt. Die Einheiten von LK, FK und nFK sind **Vol.-%**.

1 Vol.-% Wasser im Boden entspricht 1 l/m² und 1 dm Bodentiefe. Eine andere Schreibweise für l/m² ist **mm** Regenhöhe.

Bei Böden mit bedeutendem **Grobbodenanteil** ist die dem volumenbezogenen Skelettgehalt entsprechende Wassermenge von der FK bzw. nFK abzuziehen.

Beispiel: nFK sei **12 Vol.-%**; Skelettanteil **60 %**; Horizontmächtigkeit **1,3 dm**. Dann ist die Speicherleistung dieses Bodenhorizontes für pflanzenverfügbares Wasser

= 6,24 l/m² (= 12 Vol.-% * 0,4 * 1,3 dm).

Dabei ergibt sich der Faktor 0,4 aus: (100 % - 60 %) / 100%

Ableitung von Kennwerten des Wasserhaushaltes

Bodenart	*LK [Vol.-%]*			*nFK [Vol.-%]*			*FK [Vol.-%]*		
	Ld1-2	*Ld3*	*Ld4-5*	*Ld1-2*	*Ld3*	*Ld4-5*	*Ld1-2*	*Ld3*	*Ld4-5*
Sl2	16,5	12,5	9,0	19,0	17,5	16,0	26,0	24,0	20,5
Sl3	12,5	11,0	7,0	21,5	18,0	15,5	30,5	26,0	23,5
Sl4	12,0	10,0	5,5	20,5	17,0	14,5	33,0	28,5	25,5
Slu	8,5	6,5	5,5	27,5	21,0	17,0	37,5	31,5	28,5
St2	18,5	15,5	11,0	18,5	14,0	13,5	26,0	23,0	21,5
St3	-	9,0	7,0	-	15,5	12,5	-	29,5	26,0
Su2	17,0	13,5	11,0	17,5	16,0	13,0	24,0	21,5	18,5
Su3	11,5	9,0	5,5	23,0	20,5	18,0	32,0	28,0	25,5
Su4	9,5	7,5	4,5	26,5	22,0	20,0	35,0	29,0	27,0
Ls2	9,5	7,0	6,0	21,0	15,5	13,3	40,5	33,5	30,0
Ls3	9,0	6,5	4,5	20,0	15,0	13,0	42,0	33,5	29,0
Ls4	10,5	8,0	4,5	21,0	16,0	12,5	40,0	31,5	28,0
Lt2	8,0	5,0	3,5	17,5	15,0	11,0	47,5	39,0	33,5
Lt3	7,0	3,5	2,5	17,5	14,0	10,0	50,5	43,5	37,5
Lts	5,0	4,5	3,5	17,5	13,5	10,5	48,5	42,0	32,0
Lu	7,5	6,0	4,0	21,0	17,0	14,5	43,5	36,5	33,5
Uu	6,5	3,0	-	28,5	26,0	-	39,5	36,5	-
Uls	8,5	6,5	3,5	26,0	22,0	19,5	39,5	33,0	30,5
Us	8,0	5,0	-	27,0	25,5	-	39,0	33,0	-
Ut2	9,0	4,0	2,0	27,0	25,0	21,0	39,0	36,0	32,0
Ut3	9,5	4,5	2,0	25,5	23,5	21,5	38,0	36,0	33,0
Ut4	9,0	5,5	2,5	22,0	20,5	18,0	39,0	36,0	33,5
Tt	-	2,5	1,5	-	16,0	11,0	-	56,0	47,5
Tl	5,0	3,5	2,0	18,5	14,5	11,0	56,5	50,5	43,5
Tu2	4,0	3,0	2,0	21,5	14,5	11,0	58,0	49,0	42,5
Tu3	6,0	4,5	3,5	21,0	15,5	11,5	52,0	41,5	36,0
Tu4	7,0	5,5	4,0	19,5	16,0	12,0	45,5	37,0	32,5

Reinsande:

Bodenart	*LK [Vol.-%]*			*nFK [Vol.-%]*			*FK [Vol.-%]*		
	Ld1-2	*Ld3*	*Ld4-5*	*Ld1-2*	*Ld3*	*Ld4-5*	*Ld1-2*	*Ld3*	*Ld4-5*
gSfs	24,0	18,5	-	17,0	15,5	-	20,0	17,5	-
mS	28,0	25,0	-	9,0	7,5	-	13,5	11,0	-
mSgs	26,0	23,5	-	11,0	8,0	-	15,0	11,0	-
mSfs	23,0	19,5	-	14,5	12,5	-	19,0	16,0	-
fS	17,5	10,0	-	21,5	20,0	-	25,5	24,0	-
fSms	22,0	16,0	-	17,5	16,5	-	21,0	19,5	-

Ableitung von Kennwerten des Wasserhaushaltes

Zu- / Anschläge für Humus

Bodenart	*Humusgehalt*	*nFK [Vol.-%]*	*LK [Vol.-%]*	*FK [Vol.-%]*
Ss,Su2, Su3, Su4, Sl2, Us, Uu	h1	0	0	0
	h2	+ 0,5	- 1,5	+ 1,5
	h3	+ 1,0	- 1,0	+ 3,5
	h4	+2.0	- 1,0	+ 7,5
	h5	+ 3,5	0	+ 10,0
Sl3, Slu, St2, Ut2	h2	+ 0,5	0	+ 1,5
	h3	+ 1,0	+ 1,0	+ 3,5
	h4	+ 3,0	+ 2,0	+ 8,0
	h5	+ 4,0	+ 2,5	+ 11,5
Sl4, Uls, Ut3	h2	+ 0,5	+ 0,5	+ 1,5
	h3	+ 1,0	+ 1,5	+ 3,5
	h4	+ 3,5	+ 2,5	+ 9,0
	h5	+ 4,5	+ 5,5	+ 12,0
St3, Ls2. Ls3, Ls4, Lt2, Lts, Lu, Ut4, Tu4, Ts4	h2	+ 0,5	+ 0,5	+ 2,5
	h3	+ 1,5	+ 1,5	+ 4,0
	h4	+ 4,0	+ 3,0	+ 10,0
	h5	+ 7,0	+ 5,0	+ 13,5
Lt3, Tu2, Tu3, Tl, Ts2, Ts3,	h2	+ 1,0	+ 0,5	+ 2,5
	h3	+ 2,5	+ 1,5	+ 5,0
	h4	+ 5,5	+ 2,5	+ 10,5
	h5	+ 10,0	+ 4,5	+ 15,0
Tt	h2	+ 2,0	0	+ 3,5
	h3	+ 5,0	0	+ 7,5
	h4	+ 10,5	+ 1,0	+ 13,0
	h5	+ 16,0	+ 2,0	+ 18,0

Ableitung von Kennwerten des Wasserhaushaltes

Einstufung der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (konventionell We = 1m Tiefe)

Code	*Bezeichnung*	*nFK_{WE} in mm*	*Beispiele*
nFKWe1	sehr gering	< 60	Regosol aus Kies und Grobsand, Mullrendzina aus Dolomitsand
nFKWe2	gering	60 - 140	Podsol und Braunerde aus feinsandigem Mittelsand
nFKWe3	mittel	140 - 220	Braunerde aus schwach lehmigem Sand, Hochmoor aus schwach zersetztem Torf
nFKWe4	hoch	220 - 300	Braunerde , Parabraunerde und Vega aus Sandlehmen, Kolluvisol aus Tonschluffen, Niedermoor aus stark zersetztem Torf
nFKWe5	sehr hoch	> 300	Schwarzerde und Parabraunerde aus Tonschluffen

Einstufung der Luftkapazität

Code	*Bezeichnung*	*Vol.-%*	*Beispiele*
LK1	sehr gering	< 2	Sd – Horizont, Sg – Horizont
LK2	gering	2 – 4	Bt - Horizont aus stark tonigem Schluff
LK3	mittel	4 - 12	Bt – Horizont aus schluffigem Lehm
LK4	hoch	12 – 20	Bv – Horizont aus Lehmsanden
LK5	sehr hoch	> 20	Bv - Horizont aus kiesigem Mittelsand

Ansprüche der Baumarten an die Sauerstoffversorgung ihrer Wurzeln:

ELä, Fi > Bu, Dgl > TEi, Ki, Ta > SEi, Erl

Ableitung von Kennwerten des Wasserhaushaltes

Der Wasserhaushalt von **grundwasserbeeinflussten** Böden:

Da in grundwasserbeeinflussten Böden kapillarer Aufstieg aus dem Grundwasser in den Wurzelraum erfolgen kann, ist die **kapillare Aufstiegsrate (Abk.: v_{kap} oder KR_{WE})** mit in die Bewertung des Wasserhaushaltes einzubeziehen.

$$W_{pfl} = nFK_{We} + v_{kap} \quad [mm]$$

Das gesamte Dargebot an **pflanzenverfügbarem Bodenwasser (W_{pfl})** ergibt sich aus nFK_{We} plus kapillarem Aufstieg. Für die Berechnung sind die täglichen Aufstiegsraten mit der Dauer der Tage, an denen ein kapillarer Aufstieg stattfindet (konventionell 120 Tage), zu multiplizieren und zur nFK_{We} zu addieren.

Zu beachten: 1) Bei Bodenartenwechsel im Bereich zwischen Grundwasser-oberfläche und Untergrenze der Hauptwurzelzone ist nur die kleinste Aufstiegsrate mit zur Bewertung heranzuziehen.

2) Auszugehen ist dabei nicht vom aktuellen Grundwasserstand sondern vom mittleren Grundwassertiefstand (Obergrenze des Gr-Horizontes).

Bei einer Aufstiegsrate von **> 3 mm/Tag** in den Wurzelraum ist die Vegetation weitgehend **unabhängig** vom sonstigen Wasserangebot.

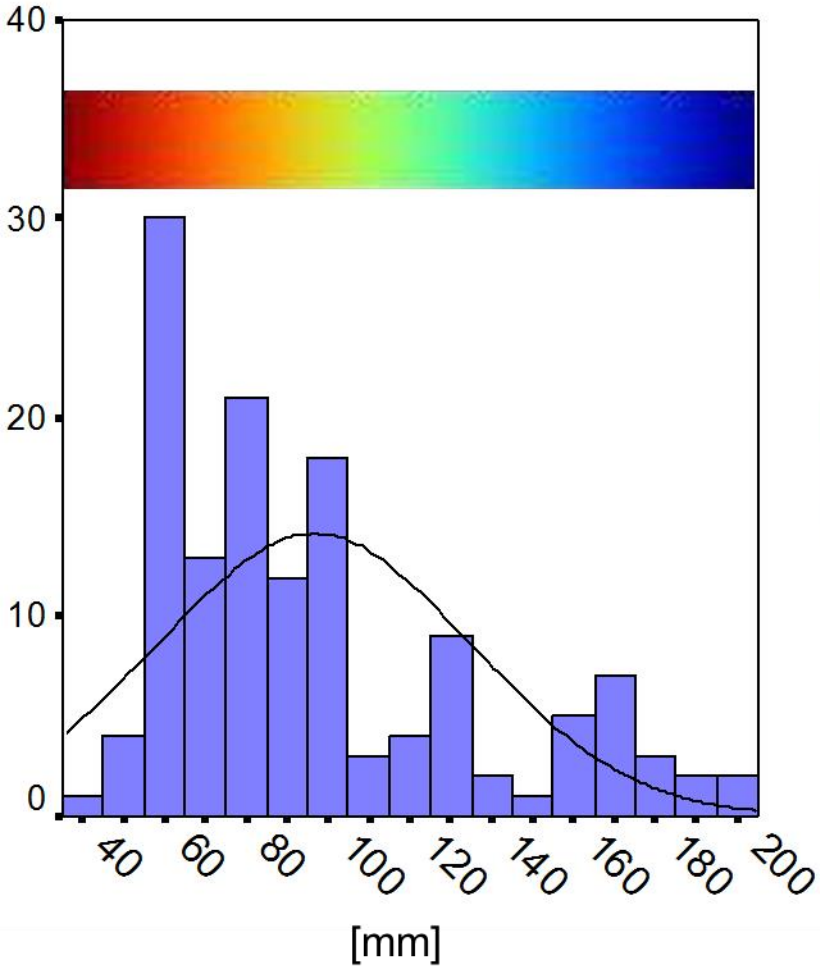
Mittlere kapillare Aufstiegsrate aus dem Grundwasser bis zur Untergrenze des effektiven Wurzelraumes (KR_{WE})

Bodenart	*Ld-Stufe*	*Abstand zwischen der Grundwasseroberfläche und der Untergrenze des effektiven Wurzelraumes (WE) in dm*												
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	17	20
Sande:		*KR_{WE} in mm/d*												
mSgs	2 - 3	> 5,0	5,0	1,5	0,5	0,2	< 0,1	-	-	-	-	-	-	-
	4 - 5	> 5,0	5,0	1,2	0,3	0,2	< 0,1	< 0,1	-	-	-	-	-	-
mS	2 - 3	> 5,0	> 5,0	> 5,0	3,0	1,2	0,5	0,2	< 0,1	-	-	-	-	-
	4 - 5	> 5,0	> 5,0	> 5,0	2,5	1,0	0,2	< 0,2	-	-	-	-	-	-
fS	2 - 3	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	3,0	1,5	0,7	0,3	0,15	< 0,1	-	-	-
	4 - 5	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	2,5	1,0	0,4	0,1	< 0,1	-	-	-	-
Sl2, St2, Su2	2 - 3	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	4,5	2,5	1,5	0,7	0,4	0,1	< 0,1	-	-
	4 - 5	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	4,0	2,0	1,0	0,5	0,2	< 0,1	-	-	-
Sl3, Su3	2 - 3	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	5,0	3,5	2,0	1,5	0,8	0,3	0,1	< 0,1	-
	4 - 5	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	4,5	3,0	1,5	1,0	0,5	0,1	< 0,1	-	-
Su4, Slu	2 - 3	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	5,0	3,0	2,0	1,0	0,5	0,15	-
	4 - 5	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	4,5	2,5	1,5	0,7	0,3	< 0,1	-
St3, Sl4	2 - 3	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	3,0	2,0	1,0	0,7	0,4	0,15	< 0,1	-	-
	4 - 5	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	2,5	1,5	0,7	0,5	0,2	< 0,1	-	-	-
Schluffe:														
Uu, Us	2 - 3	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	5,0	3,5	2,0	1,0	0,5	0,15
	4 - 5	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	4,5	3,5	3,0	3,0	2,5	1,0	0,7	0,3	< 0,1
Ut2, Ut3, Uls	2 - 3	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	4,5	3,0	2,5	1,5	0,7	0,3	0,1
	4 - 5	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	4,5	3,5	2,5	2,0	1,5	0,8	0,4	0,2	< 0,1
Lehme:														
Ls2, Ls3, Ls4	2 - 3	> 5,0	> 5,0	> 5,0	3,5	2,0	1,3	0,8	0,5	0,3	0,15	< 0,1	-	-
	4 - 5	> 5,0	> 5,0	> 5,0	2,5	1,0	0,7	0,4	0,3	0,15	< 0,10	-	-	-
Lu, Ut4, Tu4	2 - 3	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	4,5	3,5	2,5	2,0	1,5	0,8	0,4	0,2	< 0,1
	4 - 5	> 5,0	> 5,0	> 5,0	> 5,0	3,5	2,5	1,2	1,0	0,7	0,4	0,2	0,1	< 0,1
Lt2, Tu3,	2 - 3	> 5,0	> 5,0	4,0	2,0	1,0	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1	< 0,1	-	-
	4 - 5	> 5,0	> 5,0	2,0	1,0	0,5	0,4	0,3	0,15	0,1	< 0,1	-	-	-
Lts, Lt3	2 - 3	> 5,0	> 5,0	2,5	1,2	0,7	0,5	0,3	0,2	0,15	< 0,1	-	-	-
	4 - 5	> 5,0	> 5,0	1,2	0,6	0,35	0,25	0,15	0,1	0,1	< 0,1	-	-	-
Tone:														
Tt, Tl, Tu2	2 - 3	4,0	2,0	1,1	0,7	0,5	0,4	0,35	0,30	0,22	0,17	0,14	0,10	< 0,10
	4 - 5	1,5	0,7	0,4	0,3	0,25	0,18	0,15	0,12	0,10	< 0,10	-	-	-

Bewertung des kapillaren Aufstiegs aus dem Grundwasser

mm/Tag	**Bewertung**
< 0,5	sehr gering
0,5 – 1,0	gering
1,0 – 2,0	mittel
2,0 – 5,0	hoch
5,0	sehr hoch

nutzbare Wasserspeicherkapazität bis 1 m Tiefe
grundwasserferner BZE-Punkte (n=137)



Bewertung

30-60 mm	*sehr gering*
60-90 mm	*gering*
90-120 mm	*mittel*
120-180 mm	*hoch*
180-240 mm	*sehr hoch*

Prozentuale Flächenverteilung von Flurabstandsklassen an der Gesamtwaldfläche Brandenburgs für vier Stichzeiträume

Flurabstand (aufsummiert)	*April 1970*	*Okt. 2006*	*April 2008*	*Okt. 2008*
< 1 m	8,3 %	3,6 %	5,8 %	4,2 %
< 2 m	17,4 %	11,0 %	14,6 %	11,9 %
< 3 m	25,3 %	19,7 %	22,8 %	20,5 %
< 4 m	31,2 %	26,6 %	29,1 %	27,3 %
< 5 m	35,8 %	31,9 %	33,8 %	32,5 %
< 6 m	39,7 %	36,0 %	37,7 %	36,6 %
> 6 m	60,3 %	64,0 %	62,3 %	63,4 %

Einteilung der Standorte nach ihrem Wasserhaushalt im NO-dt.Verfahren

(T)	terrestrische Standorte (Böden nicht von Grund- oder Stauwasser beeinflusst)
(W)	wechselfeuchte Standorte (Merkmalsspektrum der Pseudogleye)
(N)	mineralische Grundwasserstandorte (Merkmalsspektrum der Gleye)
(O)	Moorstandorte / organische Standorte
(A)	Auenstandorte (mineral. / organ. Überflutungsstandorte; zeitweilig unter Wasser)
(H)	Hangstandorte mit kleinräumigen Unterschieden im Wasserhaushalt

Wasserhaushaltsstufen und Beispiele

T	3	trocken	grobsandreiches Substrat *oder* Kuppen- und Oberhanglagen bei starker Hangneigung
	2	mittelfrisch	durchschnittliche Wasserversorgung grundwasserferner Standorte ohne ausgeprägte Exposition; Grundwasserflurabstand > 2.0 m
	1	frisch	Grundwasser in 1.0 bis 2.0 m Tiefe *oder* besondere Mulden- / Tallage (reliefbedingt frisch)
W	2	wechselfrisch	Obergrenze des Wasserkörpers < 0.6 m; ca. 8 Monate Bodenaustrocknung; Vorkommen z.B. auf Geschiebelehm in *flachen* Mulden
	1	wechselfeucht	Obergrenze des Wasserkörpers < 0.6 m; ca. 6 Monate Bodenaustrocknung; Vorkommen z.B. auf Geschiebelehm in *ausgeprägter* Muldenlage
N	2	grundfeucht	mittl. Grundwasserhöchststand im Frühjahr 0.5 bis 1.0 m unter Flur
	1	grundnass	mittl. Grundwasserhöchststand im Frühjahr 0.2 bis 0.5 m unter Flur
O	4	Trocken-bruch	durch Absenkung Grundwasser in 0.5 bis 1.0 m Tiefe, einsetzende Vererdung des organischen Materials
	3	Bruch	sehr flach anstehendes Wasser, das aber höchstens kurzfristig über Flur tritt; Frühjahrswasserstand 0.2 bis 0.5 m unter Flur
	2	Sumpf	lange Zeit bis an die Oberfläche stehendes Grundwasser (0 - 0.2 m)
	1	Offensumpf	Grundwasser ganzjährig über Flur

Kennzeichnung der **Stammstandortsformengruppe**

Wasserversorgung	*Nährkraft*				
	reich	*kräftig*	*mittel*	*ziemlich arm*	*arm*
trocken (T3)	R3	K3	M3	Z3	A3
mittelfrisch (T2)	R2	K2	M2	Z2	A2
frisch (T1)	R1	K1	M1	Z1	A1
wechselfrisch (W2)	WR2	WK2	WM2		
wechselfeucht (W1)	WR1	WK1	WM1		
feucht (N2)	NR2	NK2	NM2	NZ2	NA2
nass (N1)	NR1	NK1	NM1	NZ1	NA1
Trockenbruch (O4)	OR4	OK4	OM4	OZ4	OA4
Bruch (O3)	OR3	OK3	OM3	OZ3	OA3
Sumpf (O2)		OK2	OM2	OZ2	OA2
Offensumpf (O1)		OK1	OM1	OZ1	OA1

neu ab 2005:

Definition der Wasserhaushaltsstufen anhand der Grundwasserstände (GW):

T3, T2:	GW tiefer als 3 m
T2g:	GW in 1,8 – 3 m
T1:	GW in 1-1,8 m (oder ausgeprägte Mulden-/ Senkenlage)
N3:	durch Absenkung GW in 1-1,8 m (Frühjahr und Herbst)
N2:	GW in 0,5-1 m
N1:	GW in 0,2-0,5 m
N0:	GW < 0,2 m
O4:	durch Absenkung GW in 0,5-1 m; einsetzende Vererdung des organischen Materials
O3:	GW 0,2-0,5 m
O2:	GW 0-0,2 m
O1:	GW ganzjährig über Flur

„w“ steht bei besonders hohen Absenktiefen zwischen Frühjahr und Herbst (wechselfrisch, …)
„ü“ steht bei organischen Nassstandorten in Auen (überflutungsfeucht, überflutungsnass)

neu ab 2005:

Codes der Standortsformengruppen

Wasserversorgung	*Nährkraft*				
	reich	*kräftig*	*mittel*	*ziemlich arm*	*arm*
trocken (T…3)	R3	K3	M3	Z3	A3
mittelfrisch (T…2)	R2	K2	M2	Z2	A2
ziemlich frisch (T…2g)	R2g	K2g	M2g	Z2g	A2g
frisch (T…1)	R1	K1	M1	Z1	A1
dauerfrisch (N…3)	NR3	NK3	NM3	NZ3	NA3
dauerfeucht (N…2)	NR2	NK2	NM2	NZ2	NA2
dauernass (N…1)	NR1	NK1	NM1	NZ1	NA1
dauersumpfig (N…0)	NR0	NK0	NM0	NZ0	NA0
wechselfrisch (T…1w)	R1w	K1w	M1w	Z1w	A1w
wechselfeucht (N…2w)	NR2w	NK2w	NM2w	NZ2w	NA2w
wechselnass (N…1w)	NR1w	NK1w	NM1w	NZ1w	NA1w
Trockenbruch (O…4)	OR4	OK4	OM4	OZ4	OA4
Bruch (O…3)	OR3	OK3	OM3	OZ3	OA3
Sumpf (O…2)		OK2	OM2	OZ2	OA2
Offensumpf (O…1)		OK1	OM1	OZ1	OA1

Bestandeszieltypenerlass Brandenburg (BZT für feuchtes Tieflandsklima Tf)

Stamm-feuchte stufe	Stammnährkraftstufe			
	Reich	Kräftig		Arm
Ü...0	RER	RER		
Ü...1	RER/RER-EDL mit SEI	RER/RER-EDL mit SEI		
Ü...2	EDL-SEI/EDL-RER, WLI-HBU/ SEI-WLI-HBU, RER/EDL	EDL-SEI/EDL-RER, WLI-HBU/ SEI-WLI-HBU, RER/EDL		
O...2	RER	RER		MBI
O...3	RER/RER-EDL/EDL-SEI	RER/RER-EDL/EDL-SEI		GKI/GKI-L/MBI-GKI
O...3 ü	RER/RER-EDL	RER/RER-EDL		MBI
O...4	EDL/EDL-RER/EDL-SEI	EDL/EDL-RER/EDL-SEI		GKI/GKI-L/MBI-GKI
O...4 w	EDL/EDL-RER/EDL-SEI	EDL/EDL-RER/EDL-SEI		GKI-L/MBI-GKI
O...4 ü	EDL/EDL-RER/EDL-SEI	EDL/EDL-RER/EDL-SEI		MBI
N...0	RER/RER-EDL	RER/RER-EDL	• • • • • • •	MBI
N...1	EDL/EDL-RER/EDL-SEI	EDL/EDL-RER/EDL-SEI		SEI-BI/GBI/GBI-GKI
N...2	EDL/EDL-SEI/SEI-RER/ EDL-RER, RBU	EDL-SEI/EDL-RER, RBU/ EDL/ SEI-RER, WLI-HBU, RBU		SEI-BI/GBI/GBI-GKI
N...3	RBU-EDL/EDL/EDL-SEI	RBU/RBU-EDL, SEI		GKI-L, RBU, SEI/ GBI-GKI/GBI
N...1 w	EDL-SEI/RER-EDL/ SEI-RER/EDL	EDL-SEI/RER-EDL/ SEI-RER/EDL		
N...2 w	EDL-SEI/SEI-RER/EDL	SEI-EDL/SEI-WLI-HBU, RER		
T...1 w	RBU-EDL/EDL-SEI/EDL	RBU-SEI/RBU/RBU-EDL/ SEI-EDL, WLI-HBU		
(T)...1	RBU-EDL/RBU-SEI/ EDL/EDL-SEI	RBU/RBU-EDL, SEI		GKI-L/GBI/GBI-GKI
(T)...2 g	RBU-EDL/RBU-SEI/RBU	RBU/ RBU-EDL, SEI, GDG, ELA, N		GKI-L/GBI-GKI
(T)...2	RBU-EDL/RBU-SEI/RBU	RBU/ RBU-EDL, SEI, GDG, ELA, N		GKI-L/GBI-GKI
(T)...3	RBU-TEI/RBU-EDL/RBU/ TEI-EDL	RBU-TEI/RBU/RO		GKI-L, GBI

Kennzeichnung der **Grundwasserform**

Spiegeltiefe Frühjahr

Absinkstufe bis zum Tiefstand

	in der gleichen Stufe bleibend	1 Stufe tiefer	2 Stufen tiefer	3 Stufen tiefer		
1 oberhalb Flur	**11** ständig überw ässert	**12** langzeitig überw ässert	**13** halbzeitig überw ässert	**14** kurzzeitig stark überw ässert	**15** kurzzeitig mäßig überw ässert	**16** kurzzeitig ziemlich gering überw ässert
2 **~0,1m** (+/- 0,1m)	**22** ständig grundsumpfig	**23** langzeitig grundsumpfig	**24** halbzeitig grundsumpfig	**25** kurzzeitig stark grundsumpfig	**26** kurzzeitig mäßig grundsumpfig	**27** kurzzeitig ziemlich gering grundsumpfig
3 **~0,35m** (+/- 0,15m)	**33** ständig grundw asserbeh errscht	**34** langzeitig grundw asserb eherrscht	**35** halzeitig grundw asserb eherrscht	**36** kurzzeitig stark grundw asserb eherrscht	**37** kurzzeitig mäßig grundw asser-beherrscht	
4 **~0,75m** (+/- 0,25m)	**44** ständig grundw asser-nah	**45** langzeitig grundw asser-nah	**46** halbzeitig grundw asser-nah	**47** kurzzeitig grundw asser-nah		
5 **~1,40m** (+/- 0,40m)	**55** ständig grundw asser-beeinflusst	**56** langzeitig grundw asser-beeinflusst	**57** halbzeitig grundw asser-beeinflusst			
6 **~2,40m** (+/- 0,60m)		**6** schw ach grundw asser-beeinflusst				

Kennzeichnung der **Stauwasserform**

Spiegeltiefe Frühjahr

Andauer Austrockung

Andauer Nassphase

	um **2** Monate	um 4 Monate	um 6 Monate			
	9-5 Mon.	3-5 Mon.	3 Monate	2 Monate	1 Monat	< 1 Monat
1 oberhalb Flur	**12** langzeitig überw ässert	**13** halbzeitig überw ässert	**14** kurzzeitig stark überw ässert	**15** kurzzeitig mäßig überw ässert	**16** kurzzeitig ziemlich gering überw ässert	**17** kurzzeitig gering überw ässert
2 ~0,1m (+/- 0,1m)	**23** langzeitig stausumpfig	**24** halbzeitig stausumpfig	**25** kurzzeitig stark stausumpfig	**26** kurzzeitig mäßig stausumpfig	**27** kurzzeitig ziemlich gering stausumpfig	
3 ~0,3m (+/- 0,1m)	**34** langzeitig stauw asser-beherrscht	**35** halzeitig stauw asser-beherrscht	**36** kurzzeitig stark stauw asser-beherrscht	**37** kurzzeitig mäßig stauw asser-beherrscht		
4 ~0,6m (+/- 0,2m)	**45** langzeitig stauw asser-nah	**46** halbzeitig stauw asser-nah	**47** kurzzeitig stauw asser-nah			

Zustandsfeuchtestufe

Zustandsfeuchtestufe = t (trocken), wenn Stammfeuchte = T3
Zustandsfeuchtestufe = m (mittel frisch), wenn Stammfeuchte = T2
In allen anderen Fällen (T1-, N-, O-Standorte): Ableitung der Zustands-feuchtestufe aus der Vegetation

↓

Zustands feuchte-stufe	Zustandsnährkraftstufe					
	(R)	(K)	(M)	(Z)	(A)	(D)
	Mull	mullart. Moder	Moder	rohhumus-art. Moder	Rohhumus	Magerrohhumus
trocken	Duftprimel-FG					
mittel frisch	Lungenkraut-FG	Riesenschwingel-FG	Sauerklee-FG	Kräuter-Blaubeer-FG	Blaubeer-FG	Zypressenmoos-FG
frisch				Pfeifengras-Kräuter-Blaubeer-FG	Pfeifengras-Blaubeer-FG	Pfeifengras-Zypressenmoos-FG
feucht	Rasenschmielen-Lungenkraut-FG	Rasenschmielen-Riesenschwingel-FG	Rasenschmielen-FG	Sauerklee-Pfeifengras-FG	Pfeifengras-FG	
nass	Iris-Lungenkraut-FG	Kohldistel-FG	Sumpfreitgras-FG	Sauerklee-Torfmoos-FG	Torfmoos-FG	

FG = Vegetations-**F**ormen**g**ruppe

Die Angabe der Zustandsfeuchtestufe erfolgt in Kombination mit der Humusform:

Mull	→	Mu
Mullartiger Moder	→	MM
Moder	→	Mo
Rohhumusartiger Moder	→	RM
Rohhumus	→	Ro

Trocken	t
Mittel frisch	m
Frisch	i
Feucht	f
Nass	n
Sumpfig	s
Sehr sumpfig	ss

z.B. iMM = frischer Mullartiger Moder

Kennwerte aus dem Bereich Klima:

- **Niederschlag**
- **Verdunstung**
- **Klimatische Wasserbilanz**

Wasserangebot aus dem Niederschlag

Freilandniederschlag FN im mm:

- Seit 1886 Messung mit Hellmann-Niederschlagssammler
- 200 cm² Auffangfläche
- Tägliche Messung in 1 m Höhe um 7:00 Uhr MEZ
- Aggregierung der Messwerte zu mittleren (30 Jahre)
    - Tagesniederschlägen
    - Monatsniederschlägen
    - Niederschlägen in der ForstlichenVegetationsperiode (1.5.-30.9.)
    - Niederschlägen im Winterhalbjahr
    - Niederschlägen im Hydrologischen Jahr (1.11.-31.10.)
    - Niederschlägen im Kalenderjahr
    - Mittlere Zahl der Tage mit Niederschlägen < 1, 5, 10, 20 mm
    - Häufigkeit und Ergiebigkeit von Schneefall
    - Häufigkeit und Ergiebigkeit von Niederschlag aus dem Nebel

Wasserverlust durch Verdunstung

Potenzielle Verdunstung ETI_{pot} [mm]:

Abhängig von
- Einstrahlung (Energiezufuhr)
- Windgeschwindigkeit
- Sättigungsdefizit der Luft
- Bestandesoberfläche

→ dient in Kombination mit dem Freiland- und ggf. Bestandesniederschlag sowie ggf. Wpfl zur Abschätzung von Wassermangel

Reale (aktuelle) Verdunstung ETI_{real} [mm]

zusätzlich abhängig von
- physiologischen Steuermechanismen (Stomataschluss)
- aktueller Bodenwasserverfügbarkeit

<u>Kennzeichnung von Wassermangel:</u>

Klimatische Wasserbilanz KWB = FN - ETIpot [mm]

Quotient $Q = ETI_{real} / ETI_{pot}$

Potenzielle Verdunstung nach HAUDE

$$\mathbf{ETI_{HAUDE} = a * (e_s(T) - e)_{14.00}}$$

Messung jeweils um 14:00

Monatsfaktor

Sättigungsdampfdruck in Abhängigkeit von der Temperatur

$$e_s(T) = 6{,}11 * 10^{(7{,}5*T/(237{,}3+T))}$$

Tatsächlicher Dampfdruck

$e = e_s(T) * f/100$
wobei f = rel. Luftfeuchtigkeit

<u>Einheiten</u>: ETI in **mm/Tag**; $e_s(T)$ in **hPa**; T in **°C**; f in **%**

Monatsfaktor a in der HAUDE-Gleichung

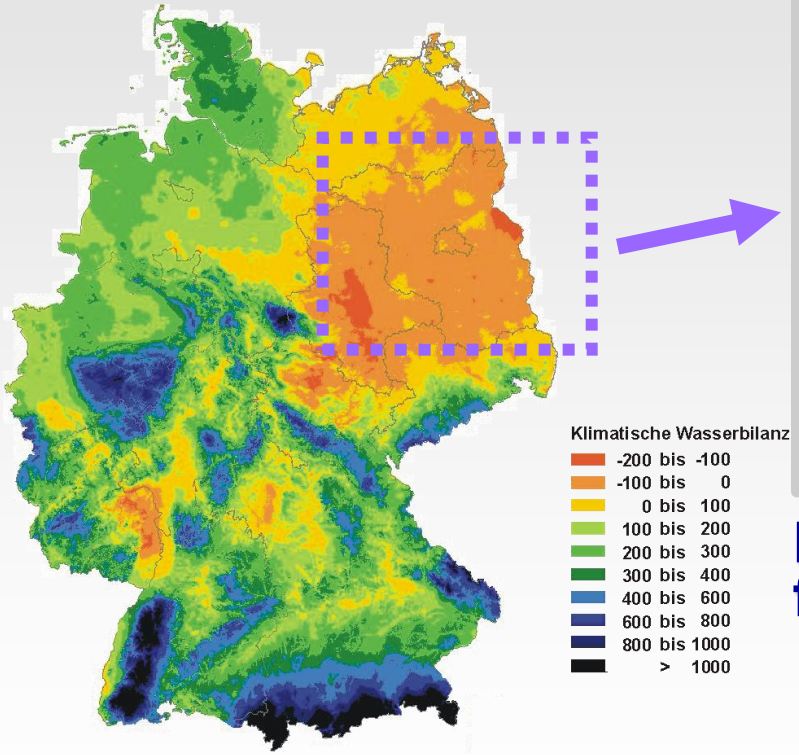
	Buche	Fichte
Januar	0,01	0,08
Februar	0,00	0,04
März	0,04	0,14
April	0,10	0,35
Mai	0,23	0,39
Juni	0,28	0,34
Juli	0,32	0,31
August	0,26	0,25
September	0,17	0,20
Oktober	0,10	0,13
November	0,01	0,07
Dezember	0,00	0,05

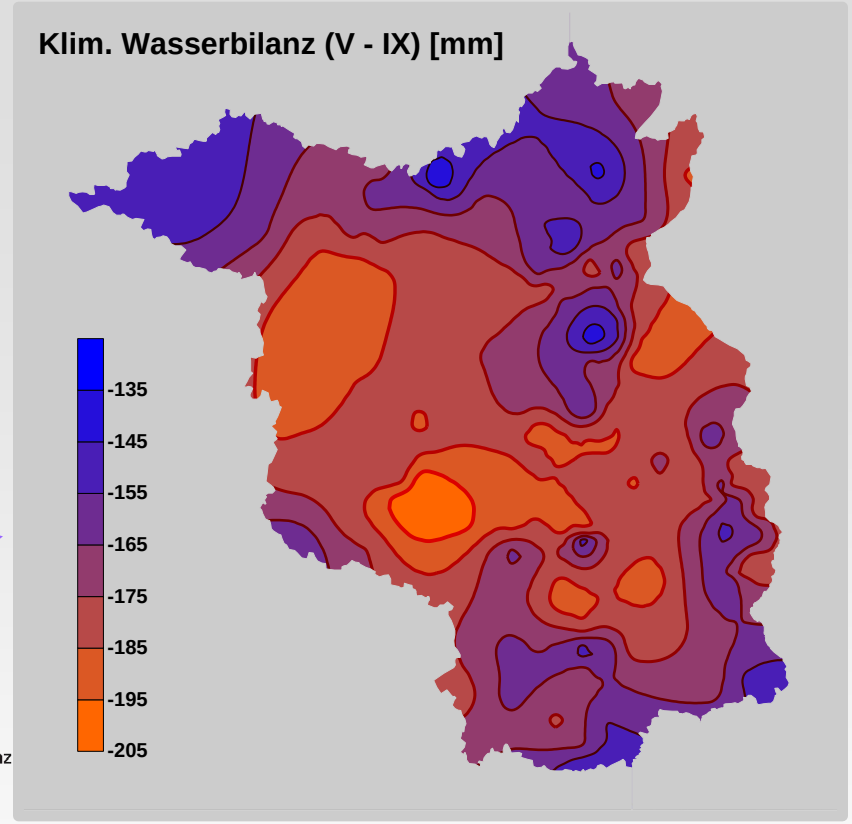
Quelle: Häckel (1999), Meteorologie

Einschätzung der Klimatischen Wasserbilanz

	Jahr [mm]	Mai-Oktober [mm]
Sehr gering	**< +100**	**< -50**
Gering	**+100 bis +200**	**-50 bis +50**
Mittel	**+200 bis +300**	**+50 bis +150**
Hoch	**+300 bis +400**	**+150 bis +300**
Sehr hoch	**+400 bis +600**	**+300 bis +500**
äußerst hoch	**> +600**	**> +500**

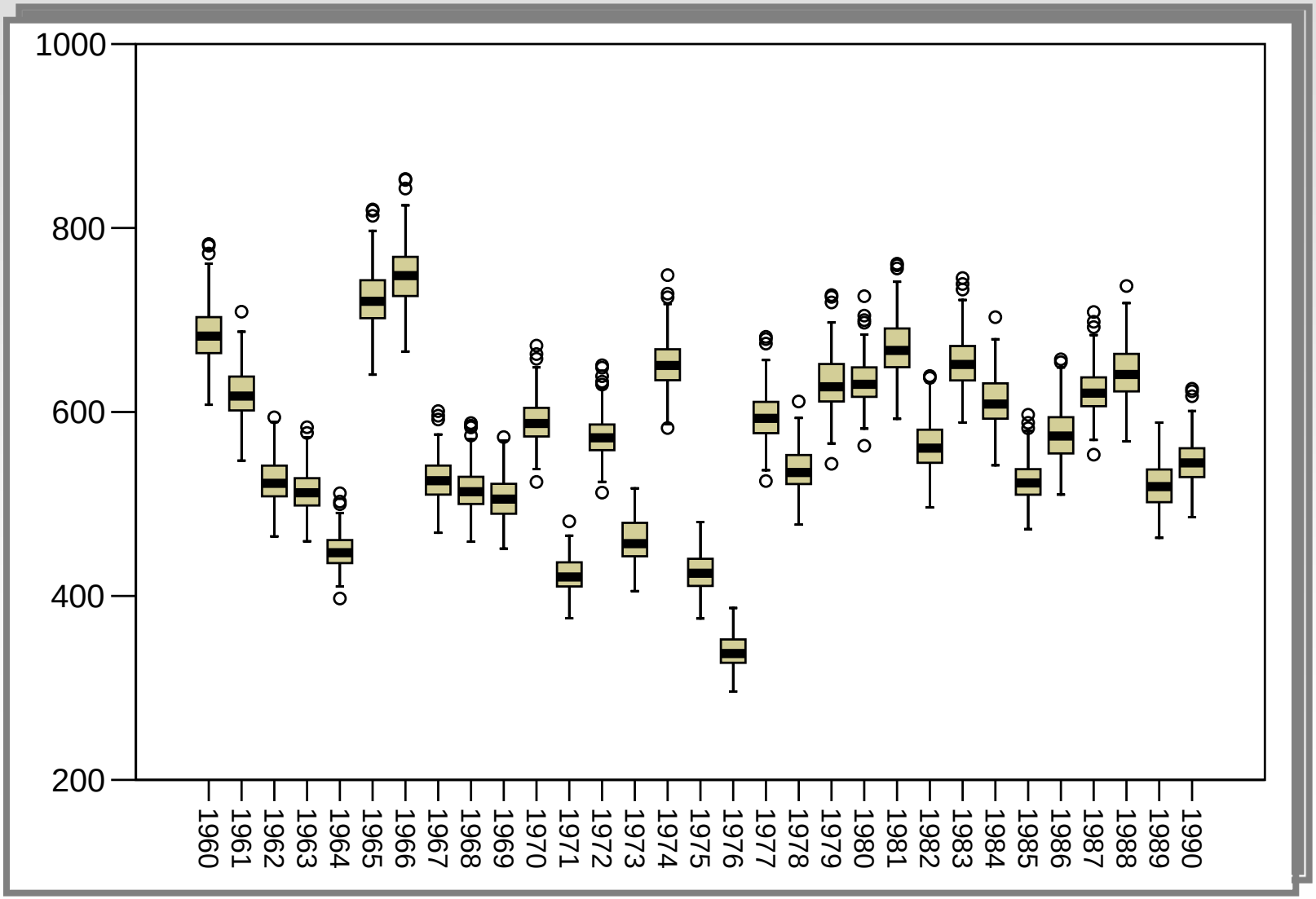
Jährliche klimatische Wasserbilanz (1961-1990) für Deutschland



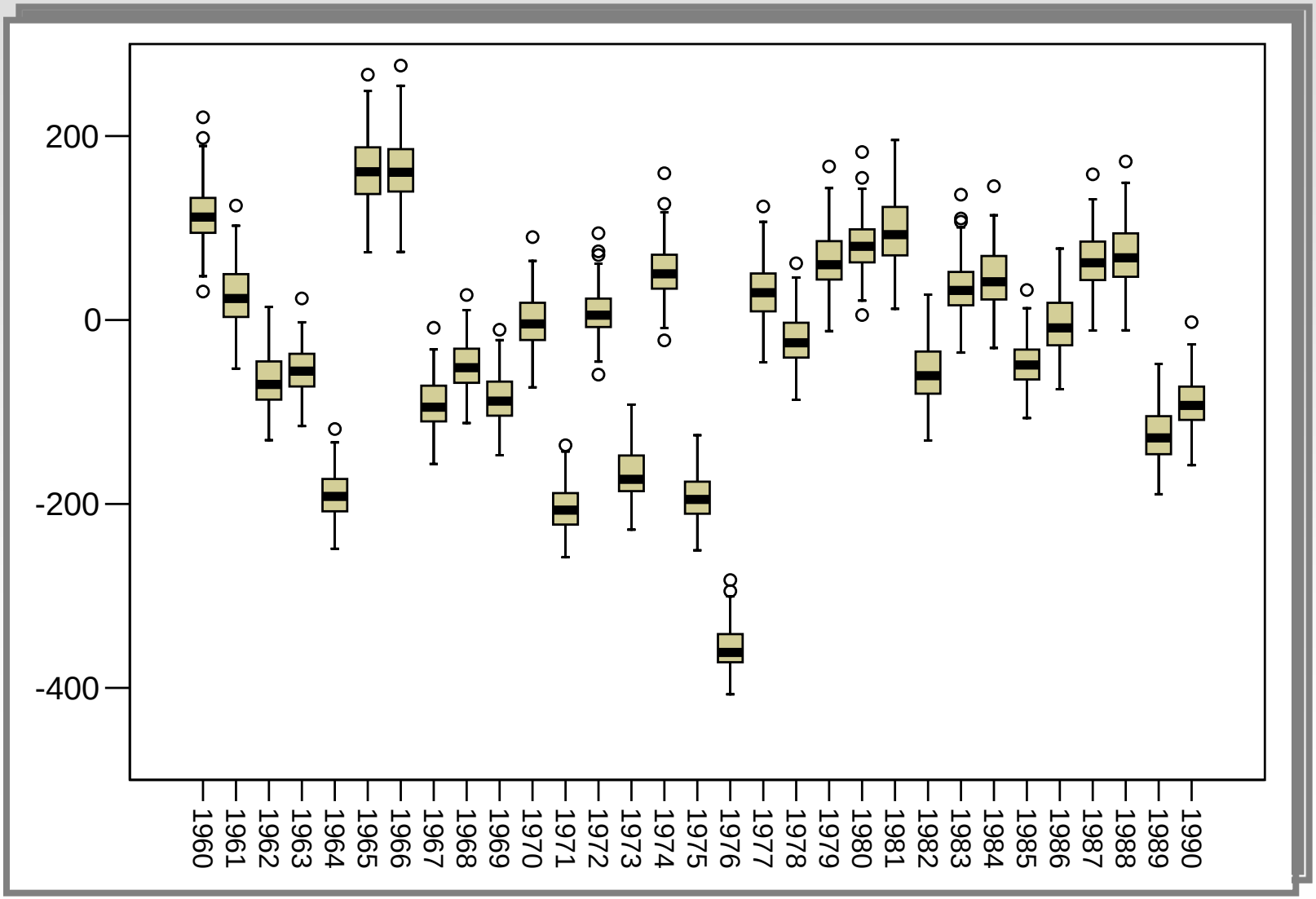


Klimatische Wasserbilanz für die Vegetationsperiode in Brandenburg

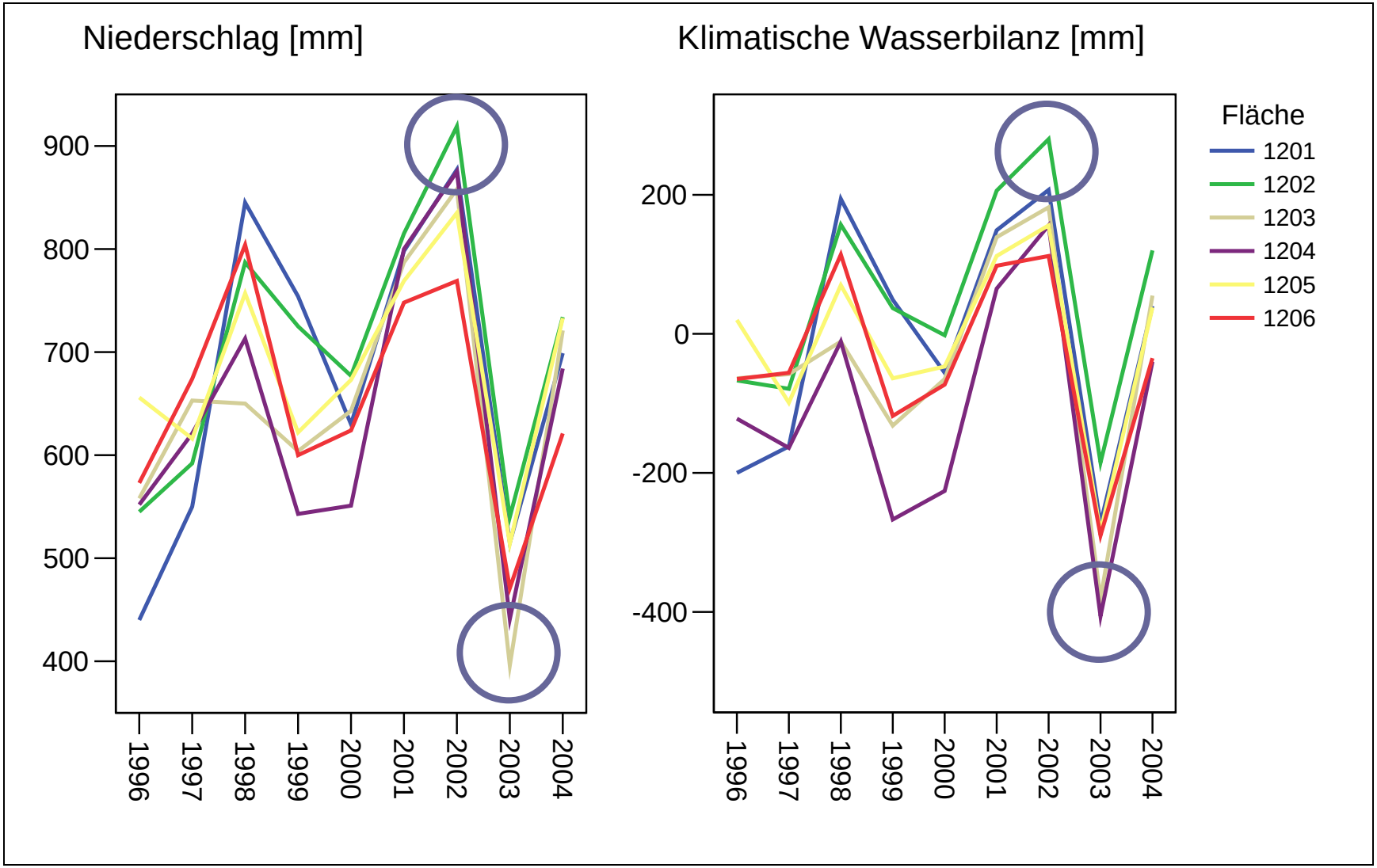
Freilandniederschlag (Jahr) [mm] der BZE-Stichprobe in Brandenburg



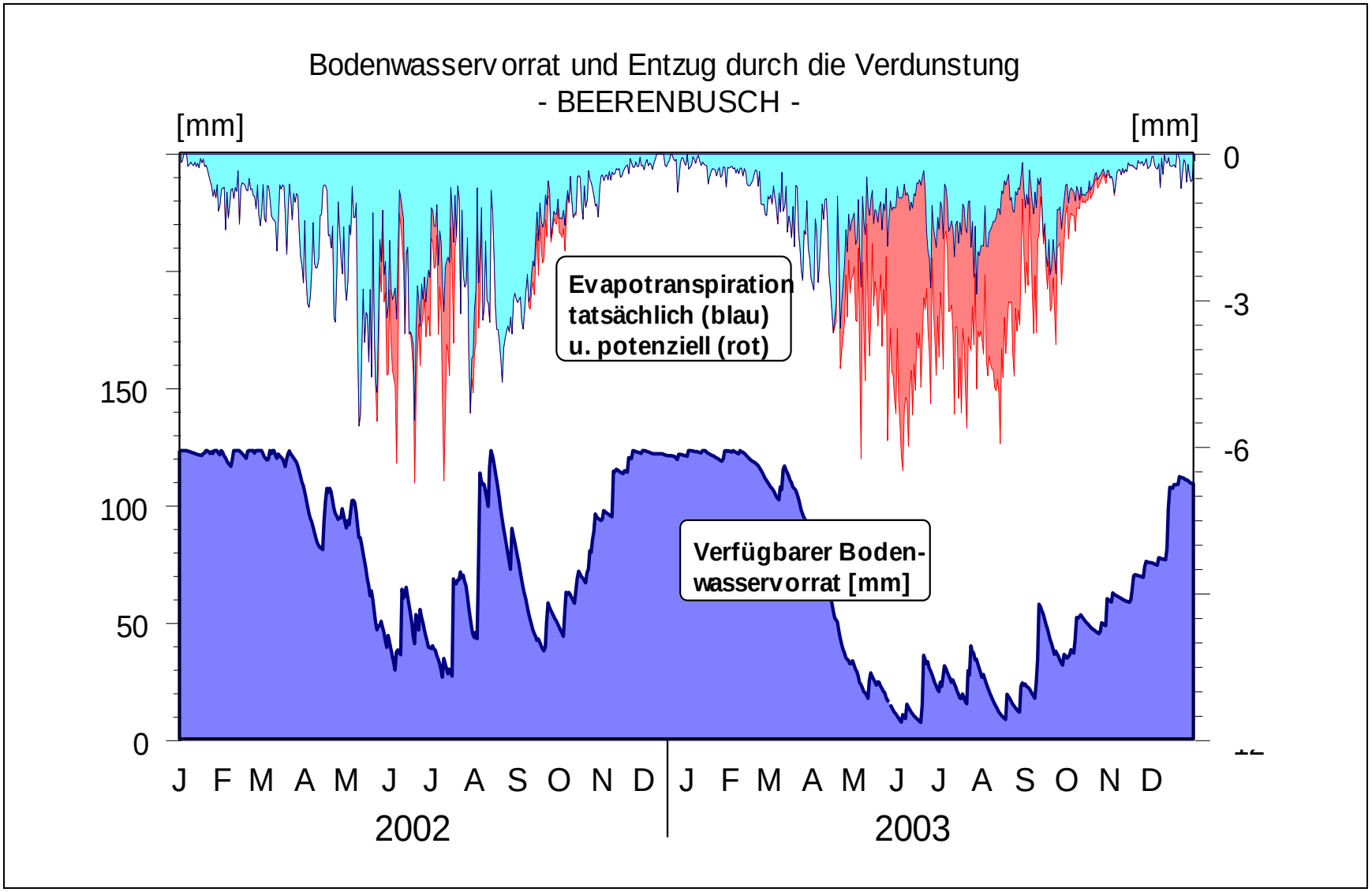
Klimatische Wasserbilanz (Jahr) [mm] der BZE-Stichprobe in Brandenburg



Niederschlag und KWB - Zeitreihen der Waldklimamessstationen



Verdunstung (real, aktuelle) und Bodenwasserhaushalt in den „Extremjahren“ 2002 und 2003

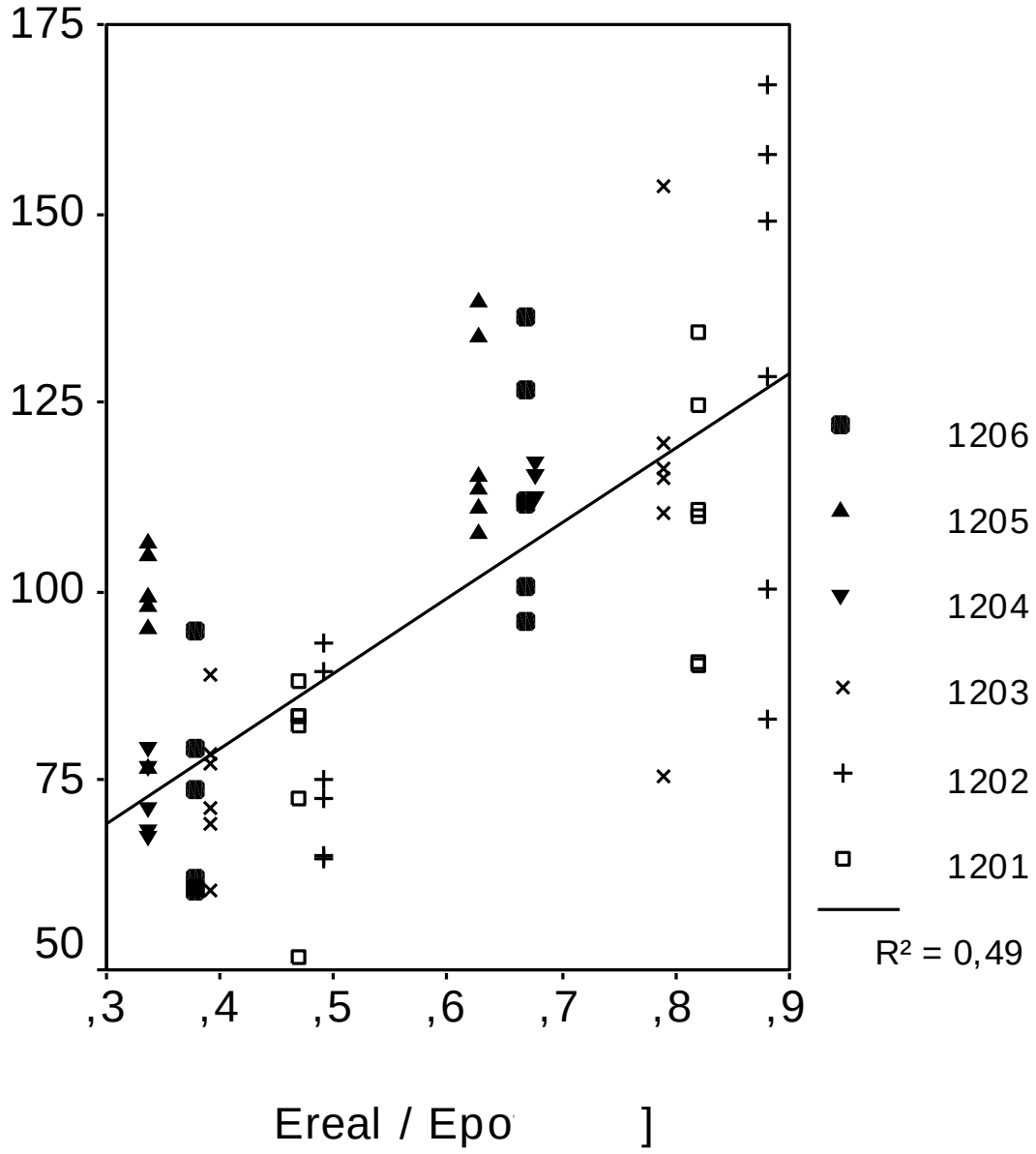


Freilandniederschlag, potenzielle und reale Verdunstung (ETI), Quotient ETI_{real}/ETI_{pot} und Sickerung im Zeitraum 1996 – 2004 (Mittelwerte von 6 Level II-Flächen in Brandenburg, Kiefer)

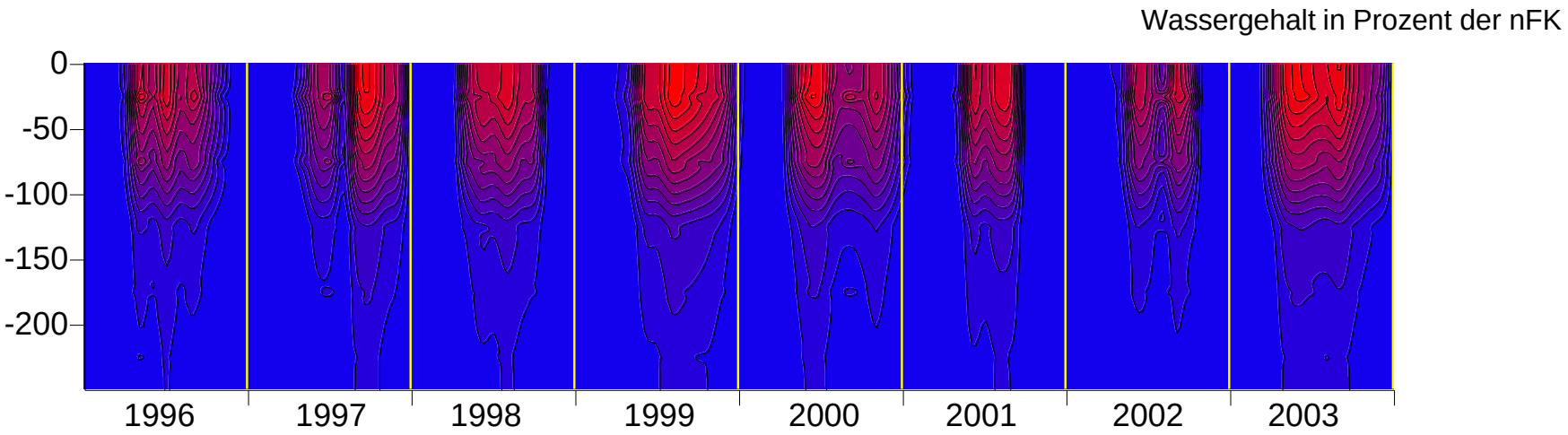
Jahr	*Niederschlag [mm]*	ETI_{pot} *[mm]*	ETI_{real} *[mm]*	ETI_{real}/ETI_{pot}	*Sickerrate [mm]*
1996	554	637	563	0,88	28
1997	618	720	589	0,82	97
1998	759	674	642	0,95	72
1999	641	724	579	0,80	77
2000	633	711	582	0,82	107
2001	786	658	641	0,97	158
2002	855	673	671	1,00	40
2003	479	783	450	0,57	89
2004	699	669	601	0,90	84

Beziehung zwischen Zuwachs und Wassermangel auf Level II-Flächen

Kreisflächenzuwachs der Jahre 2002 und 2003 in Prozent vom Mittelwert der Jahre 1997 – 2004 in Abhängigkeit vom Quotienten Ereal/Epot in der Vegetationszeit



Jahresgang des Bodenwasserhaushalts auf einer Dauermessflächen des Forstlichen Umweltmonitorings

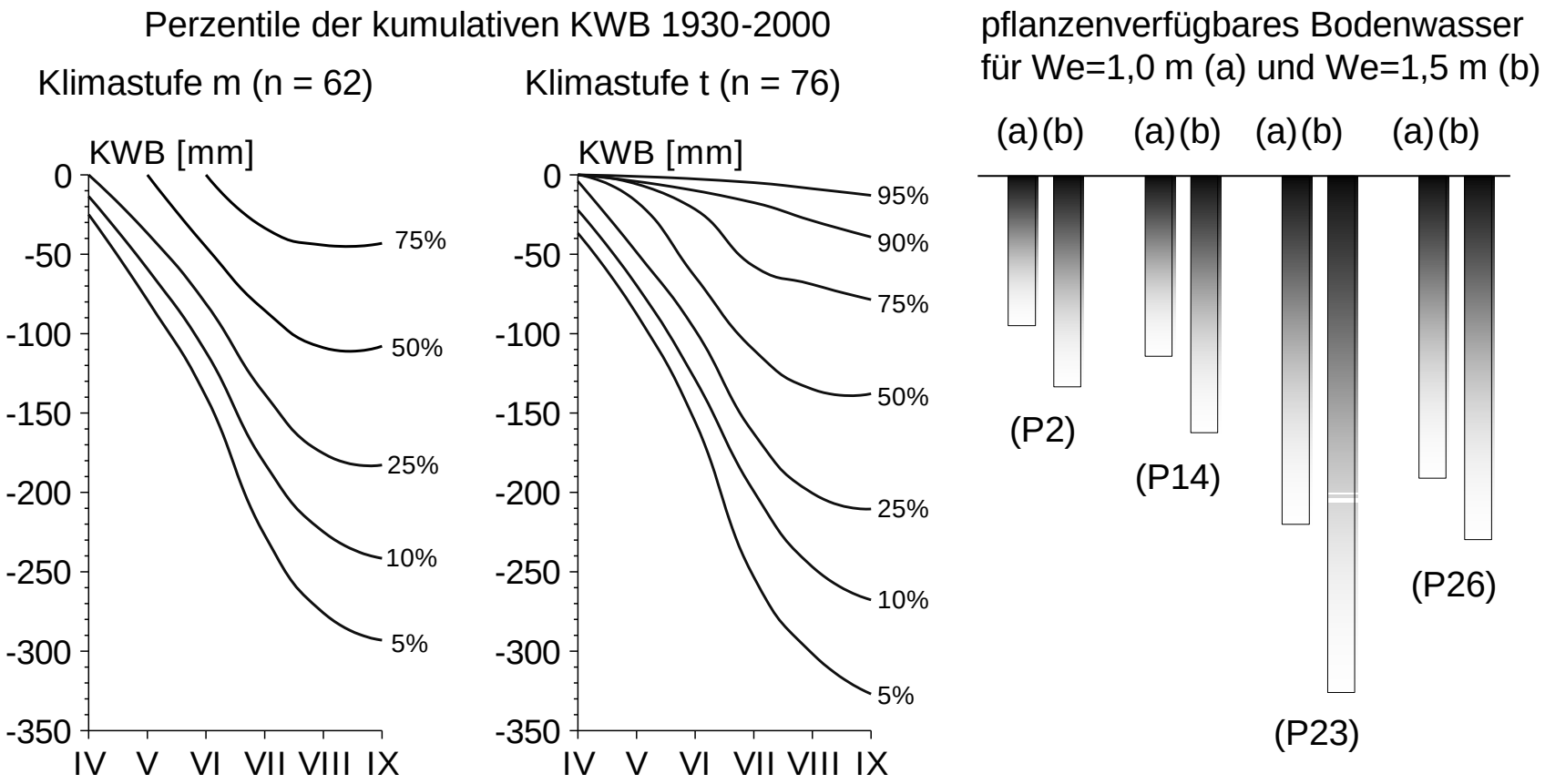


Aus Monatsmittelwerten berechneter stark aggregierter Zeit-Tiefenverlauf der Bodenaustrocknung auf Fläche 1203 (Kienhorst).

VIDEO **1**

VIDEO **2**

Kumulative Klimatische Wasserbilanz in Relation zur Wasserspeicherfähigkeit ausgewählter Böden in Brandenburg



Bodentypen: (P2) Braunerde aus Mittelsand; (P14) Bänderparabraunerde-Braunerde aus schwach lehmigem Feinsand; (P23) Braunerde-Fahlerde aus lehmigem Sand über sandigem Lehm; (P26) podsolige Bänderfahlerde aus lehmigem Mittelsand über Mittelsand mit Lehmbändern (Quelle: Riek & Stähr, 2004)

Näherungsweise Berechnung von Ereal mit Hilfe eines empirischen Modellansatzes

→ Verknüpfung von klimatischen Kenngrößen (Niederschlag und potenzielle Verdunstung) und Bodenkenngrößen (pflanzenverfügbares Bodenwasser) nach Renger & Wessolek (1996)

$$ETI_{real} = a * FN_{Wi} + b* FN_{So} + c* \log (W_{pfl}) + d* ETI_{HAUDE} + e$$

a...e waldbedeckungsabhängige Koeffizienten
FN_{Wi} Niederschlagshöhe im Winterhalbjahr (mm/a)
FN_{So} Niederschlagshöhe im Sommerhalbjahr (mm/a)
W_{pfl} pflanzenverfügbares Bodenwasser = $nFK_{WE} + v_{kap}$
ETI_{HAUDE} potentielle Evapotranspiration nach HAUDE

Nadelwald
a = 0,29; b = 0,33; c = 166; d = 0,19; e = -127

Laubwald
a = 0,047; b = 0,047; c = 0; d = 0,02; e = 430,1

Indices zur klimatischen Kennzeichnung des Wasserhaushaltes

Ariditätsindex (Feuchteindex) nach De Martonne:
Index = FN(VZ) / [T(VZ)+10]

Regenfaktor nach Lang
Index = FN(Jahr) / T(Jahr)

Trockenheitsindex nach Reichel
Index = FN(Jahr) * [n/((T(Jahr)+10)*120)], wobei n = Summe der Tage mit FN > 1mm

Dürreindex
Index = Länge einer Periode mit mindestens 10 aufeinander folgenden Tagen mit FN<5mm und T>20°C

Integrierende Kenngrößen für Wassermangel

- **KWB = FN – ETI_{pot}; ggf. Vergleich mit Wpfl**
- **Index = (Wpfl + FN_{VZ}) / 3 mm**
- **Q = ETI_{real} / ETI_{pot}**

- Makroklimaform -

Kennzeichnung von Regionen mit vergleichbaren Klimaeigenschaften

- Klimastufe –

Zusammenfassung von Makroklimaformen insbesondere unter dem Aspekt des Wasserhaushaltes

Bezeichnung	*Klimaausprägung*	*Klimastufe*	*Nd [mm]*
Südmärkisches K. γ	kontinental	t	500-560
Neubrandenburger K. β	schwächer maritim	m	540-600
Altmärkisches K. δ	schwächer maritim	m	540-600
Lausitzer K. ϕ	hochkollin	m	580-660
Fläming-K. ε	hochkollin	m	580-640
Müritz-K. μ	seenbeinflusst	f	600-660
Mecklenburger K. α	stärker maritim	f	600-660

Kennzeichnung der in BB verbreiteten Makroklimaformen

Alpha

Stärker maritim beeinflusst; Grenze zu Beta und Delta ist die **600 mm Niederschlagslinie**; gegenüber Traubeneiche erhöhter Anteil an **Stieleiche**

Beta, Delta

Bildet Übergangsstreifen zwischen kontinental beeinflusstem Gamma und stärker maritim beeinflusstem Alpha; gegenüber Alpha geringere Niederschläge und geringere Humidität, gegenüber Gamma höhere Niederschläge und höhere Humidität; gegenüber Gamma **hoher Buchenanteil** in der natürlichen Baumartenzusammensetzung;
Beta unterscheidet sich von Delta durch eine größere Jahresschwankung der Lufttemperatur und einen höheren natürlichen Kiefernanteil

Gamma

Trockenstes Klima des Tieflandes; höchstes Defizit der ökoklimatischen Wasserbilanz (-170 bis –220 mm); Buche in der natürlichen Baumartenzusammensetzung fehlend (**Eiche, Kiefer, Linde**)

Epsilon

Bereich des Hohen Fläming mit ca. 40 mm höheren Niederschlägen als im umliegenden Gamma

My

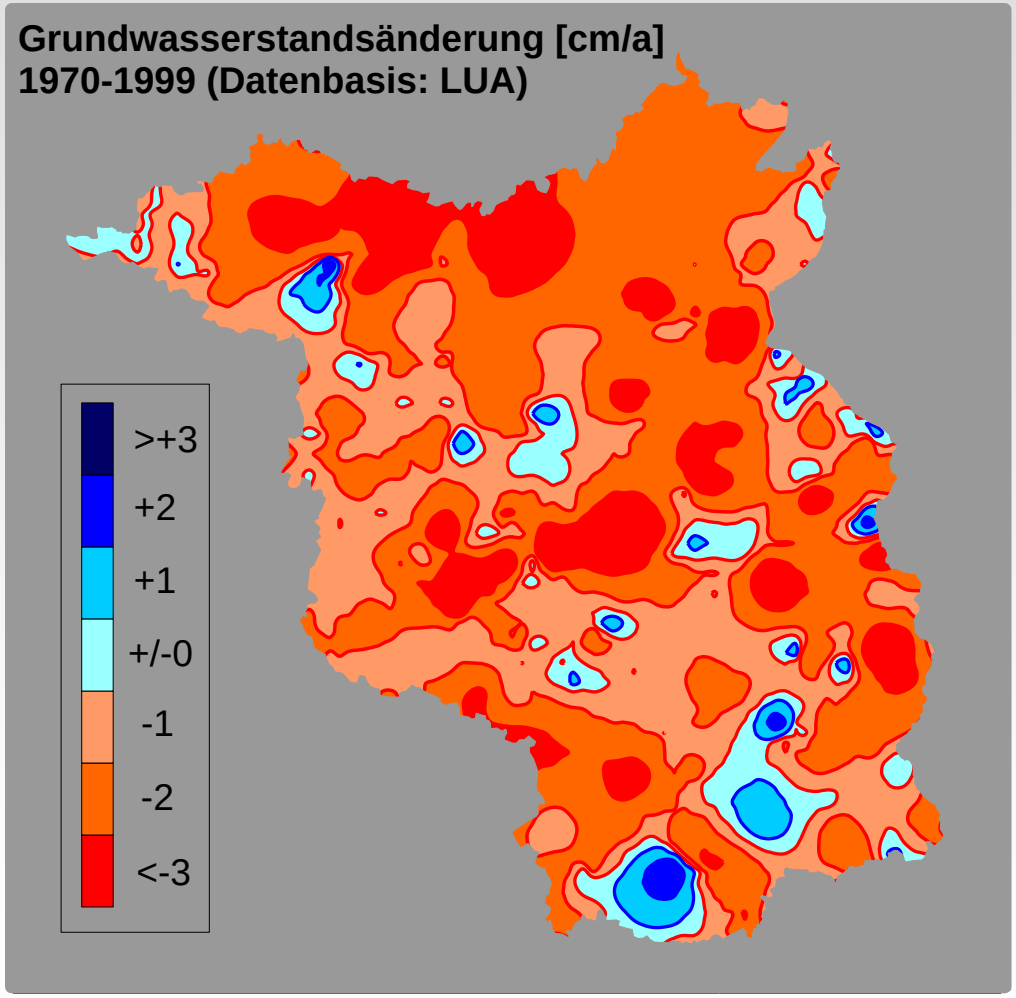
Bereich der Mecklenburger Seenplatte; höhere Luftfeuchtigkeit gegenüber Alpha, Beta und Delta

Phi

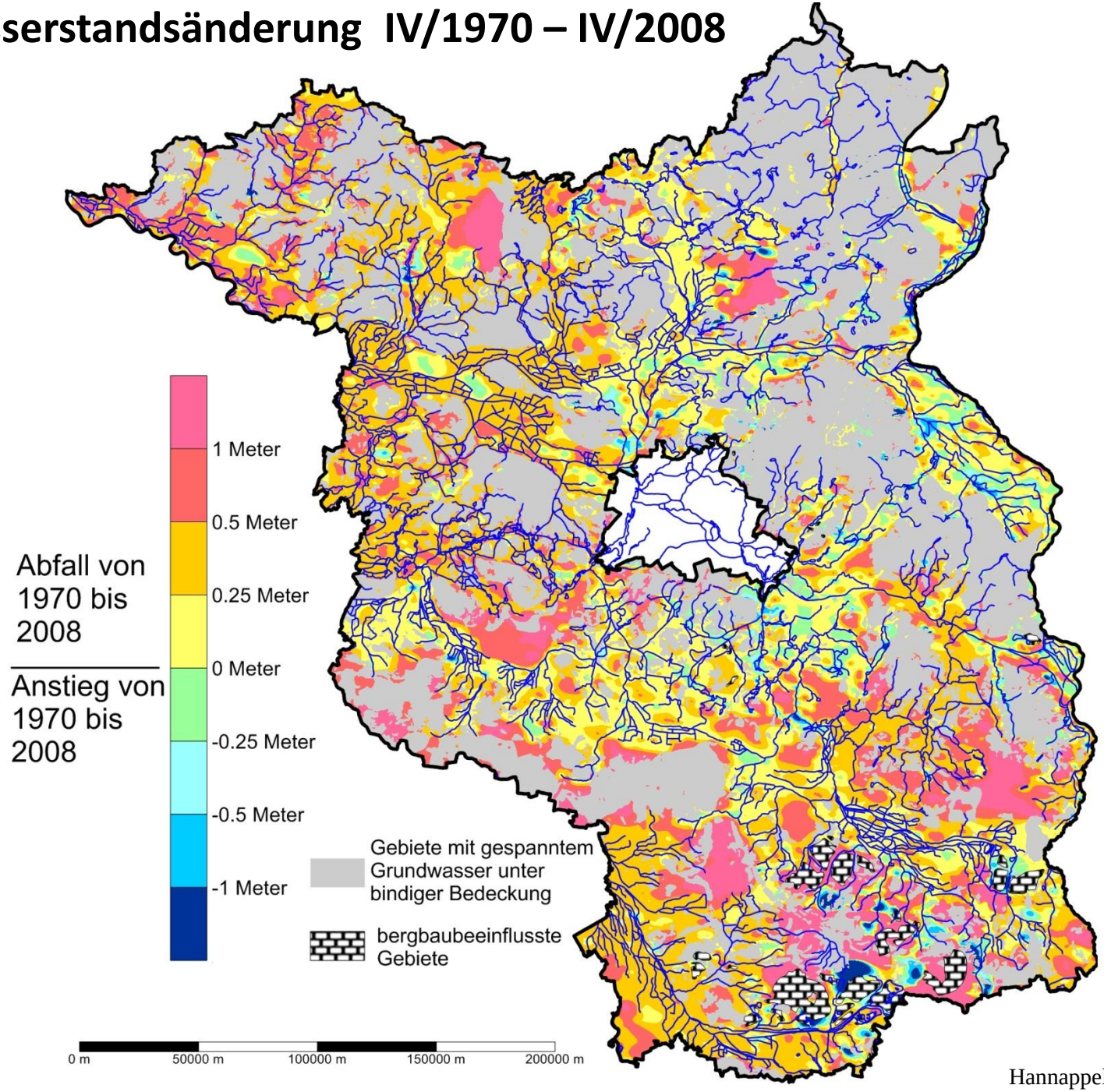
Gegenüber Gamma 20 – 40 mm höhere Niederschläge infolge der Stauwirkung des angrenzenden Oberlausitzer Berglandes; ökoklimatische Wasserbilanz gegenüber Gamma deutlich günstiger (-170 bis –70 mm)

Bedeutung des Grundwassers

Seit Jahrzehnten sinken die Grundwasserstände im Land Brandenburg großflächig stetig ab: Zwischen 1970 und 1999 traten auf den Hochflächen die stärksten Defizite - mit im Mittel 76 cm – auf.



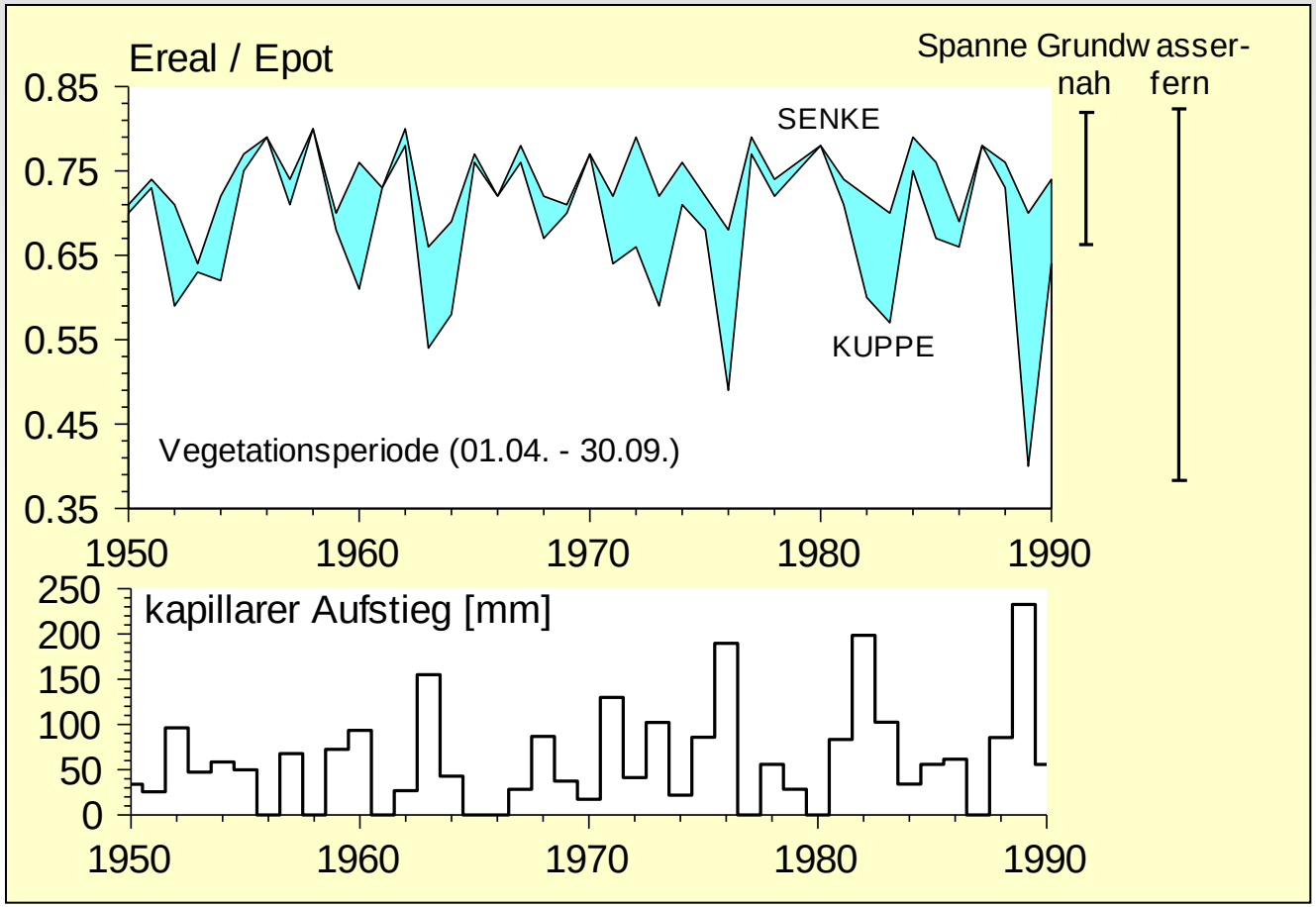
Grundwasserstandsänderung IV/1970 – IV/2008



Hannappel & Riek (2011)

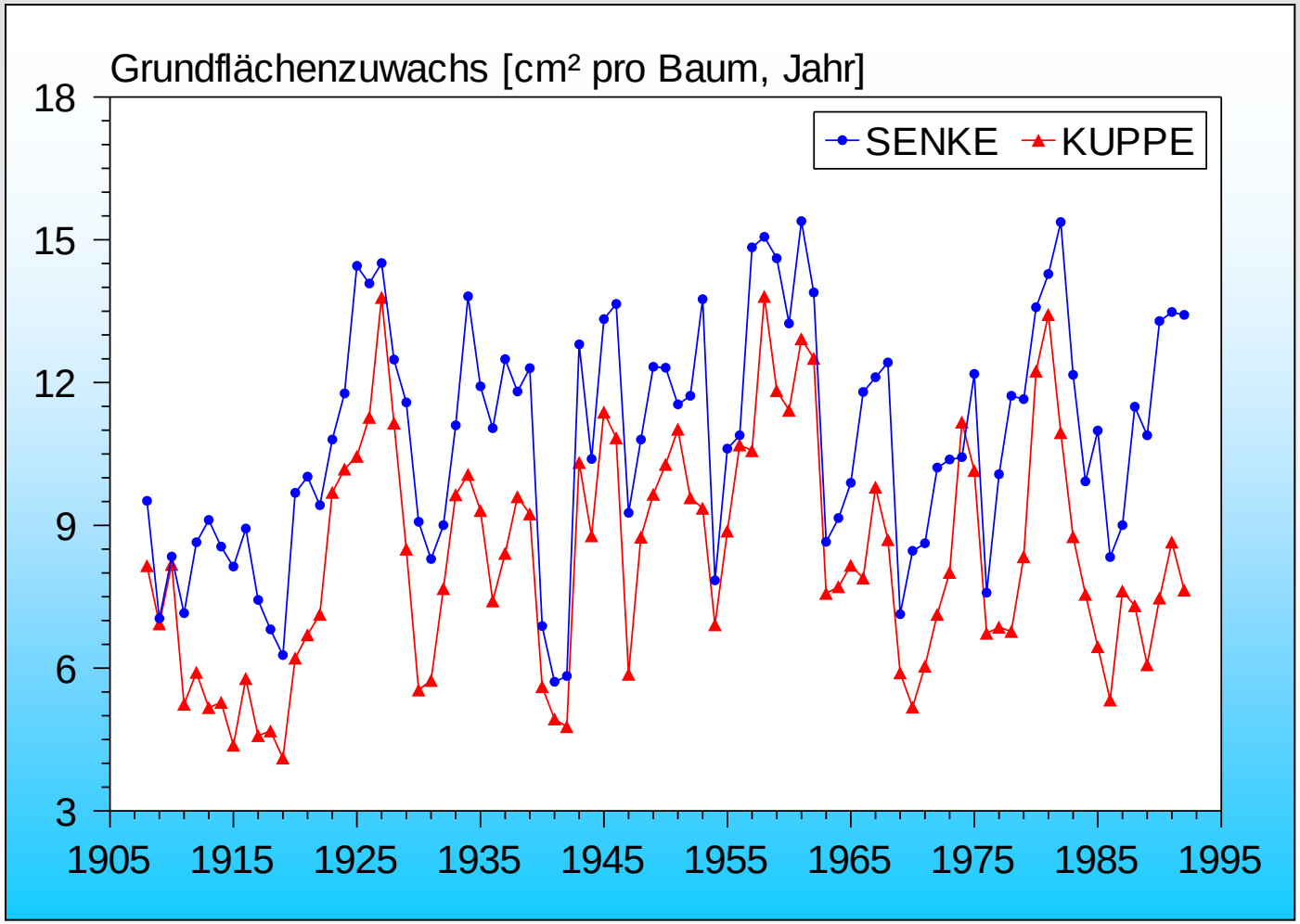
Ereal / Epot unter grundwassernahen und –fernen Bedingungen sowie kapillarer Aufstieg

Untersuchungsfläche Spandauer Forst



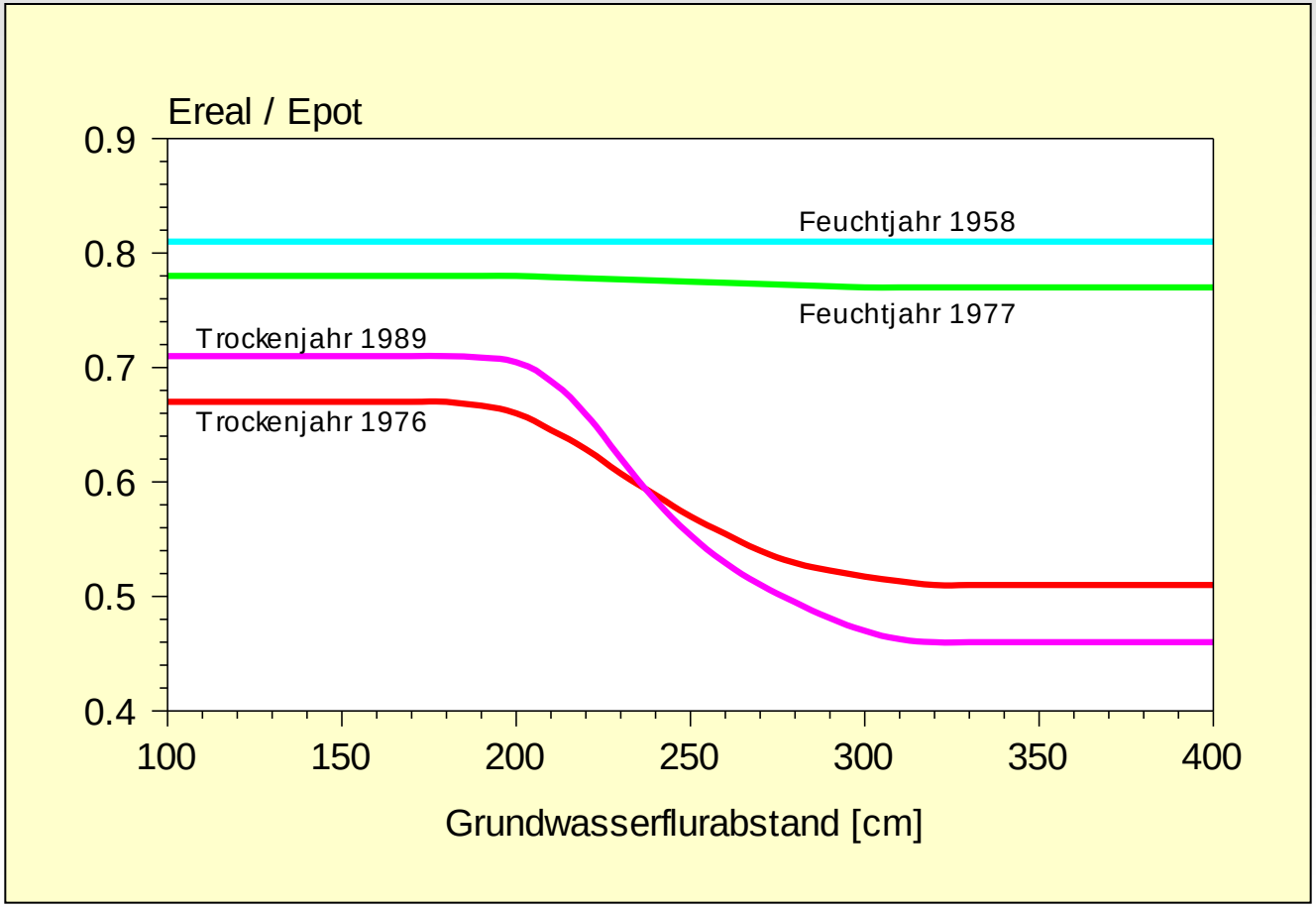
Vergleich des Grundflächenzuwachses für grundwassernahe und –ferne Bedingungen

Untersuchungsfläche Spandauer Forst



Grundwassereinfluß auf Ereal / Epot in Feucht- und Trockenjahren

Untersuchungsfläche Spandauer Forst



Bodenwasserhaushalt
(nFK, kap. Aufstieg; Wpfl)

„Geländewasserhaushalt“

Lage im Relief
(Exposition, Inklination)

„Gesamtwasserhaushalt“

Klima
(Niederschlag, pot. Verdunstung, KWB)

NO-dt.Verfahren:
Angabe der Klimastufe in Verbindung mit der Wasserhaushaltsstufe
<u>Bsp.:</u> „Tt, T2, rt“ = trockenes Tieflandsklima, terrestrischer mittelfrischer Standort; reliefbedingt trockener

Allgemeine Bewertung des Gesamtwasserhaushaltes grundwasserferner Standorte

sehr frisch
Wasserversorgung während des ganzen Jahres optimal; auch in klimatischen Trockenjahren während längerer Trockenperioden steht der Baumvegetation immer reichlich Wasser zur Verfügung; tiefgründige lehmig-schluffige Böden mit nFK_{WE} > 180 mm; geländeklimatisch begünstigte Lagen (Unterhänge, Mulden) mit Hangwasserzuschuss; häufig Pseudovergleyungsmerkmale im Unterboden; Frischezeiger (Frauenfarn, Eichenfarn); sehr gute Wuchsleistungen

frisch
Wasserversorgung in „Normaljahren“ gut; tiefgründige lehmige Böden mit nFK_{WE} 140-180 mm; Wassermangel nur in besonderen klimatischen Trockenjahren am Ende der Vegetationsperiode möglich; gute Wuchsleistungen

mäßig frisch
während Trockenphasen sowie am Ende der Vegetationsperiode in klimatischen „Normaljahren“ kurzfristiger Wassermangel möglich; Unterschiede zu frischen Standorten durch geringere nFK_{WE} (110-140 mm), eingeschränkte Gründigkeit oder durch geländeklimatisch ungünstigere Lagen (z.B. Südhänge, konvexe Hangausformungen); mittlere Wuchsleistungen

mäßig trocken
auch in „Normaljahren“ insbesondere gegen Ende der Vegetationszeit vorübergehend deutlicher Wassermangel; z.B. Sandböden im Tiefland oder flachgründige Böden im Bergland; nFK_{WE} 60-110 mm; geländeklimatisch ungünstige Lagen; Fichte trocknisgefährdet; geringere Wuchsleistungen

trocken
auch in „Normaljahren“ regelmäßig länger anhaltender deutlicher Wassermangel; grobsandreiche Sandböden im Tiefland; flachgründige Böden auf Bergrücken und Kuppen; nFK_{WE} < 60 mm; sehr geringe Wuchsleistungen

Allgemeine Bewertung des Gesamtwasserhaushaltes grund- und stauwasserbeeinflusster Standorte

nass
ganzjähriger Überschuss an stehendem Wasser; dadurch starker Sauerstoffmangel; ungünstiger Bodenwärmehaushalt („kalte“ Böden); mittl. GW-Stand 0-4 dm unter Flur

feucht
mittl. GW-Stand 4-8 dm unter Flur; im Unterboden Sauerstoffmangel; Sturmwurfgefährdung infolge flacher Durchwurzelung bei Baumarten mit höheren Ansprüchen an die Sauerstoffversorgung der Wurzeln

hangfeucht
gegenüber feuchten Standorten infolge sauerstoffreicherem Hangzuschusswasser bessere O_2-Versorgung auch im Unterboden; häufig tiefgründige humose Böden an Unterhängen; hervorragende Wuchsleistungen

grundfeucht
mittl. GW-Stand 8-13 dm unter Flur; optimale Wasserversorgung; O_2-Mangel nur im tiefen Unterboden; hohe Wuchsleistungen

---

staunass
langanhaltende Vernässung führt zu ausgeprägtem O_2-Mangel im gesamten Wurzelraum

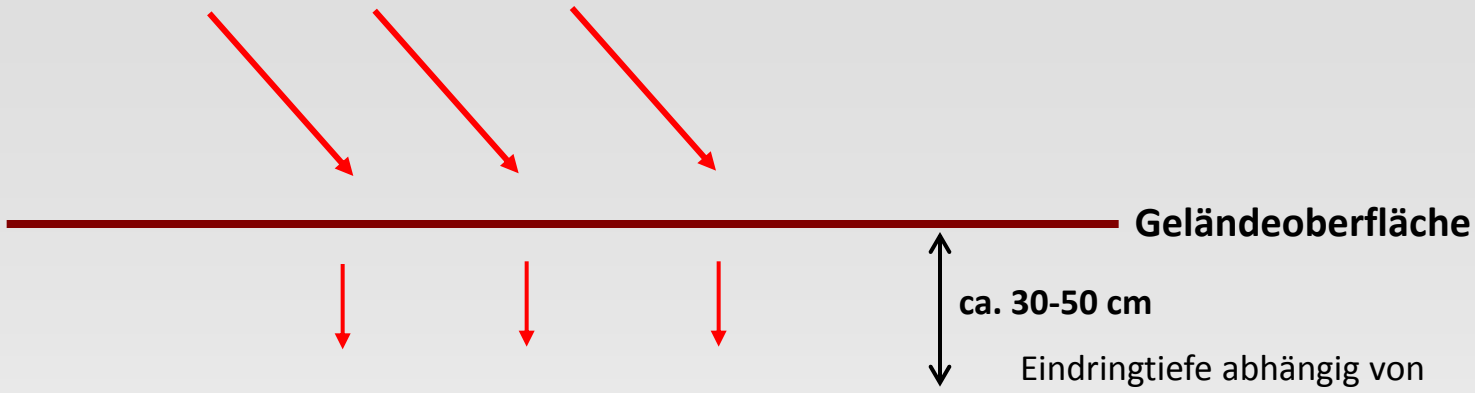
wechselfeucht
in klimatischen „Normaljahren“ im Frühjahr und nach längeren Regenperioden ausgeprägter O_2-Mangel; im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode Wasser- und Lufthaushalt vergleichbar mit mäßig frischen und frischen Standorten

wechseltrocken
in klimatischen „Normaljahren“ im Frühjahr und nach längeren Regenperioden ausgeprägter O_2-Mangel; im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode Wasser- und Lufthaushalt vergleichbar mit trockenen und mäßig trockenen Standorten; gegen Ende der Vegetationszeit und in Trockenperioden vorübergehend deutlicher Wassermangel

IV. Wärmehaushalt

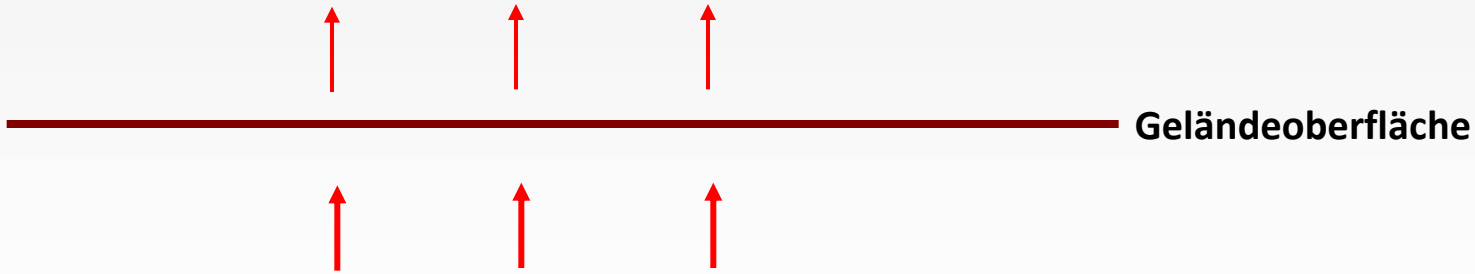
Wärme**haushalt**

Wärmeströme bei Tag:



Eindringtiefe abhängig von
z.B. Bodenart, Feuchte, Bodendichte

Wärmeströme bei Nacht:



Die größten Temperaturschwankungen erfolgen an der **Bodenoberfläche**
(deutlich größer als Lufttemperatur)

Der **Wärmehaushalt des Bodens** beeinflusst

- die biologische Aktivität (Mikroorganismen)
- die Pflanzenentwicklung (Samenkeimung, Auflaufen, Bestocken)
- die Wurzelentwicklung
- die Nährstoffaufnahme und –dynamik
- den Humusgehalt und die Humuszusammensetzung (Humusqualität)
- den Wasserhaushalt (→ Verdunstung)

Einfluss Klimawandel ... ?!

Bodenbiologische Vorgänge (Wurzelwachstum, mikrobielle Vorgänge, etc.):

Minimaltemperatur: ca. 5 °C

Optimalbereich: 20 – 30 °C

Differenzierung zwischen

- lockeren, trockenen, leichten Böden (geringe Wärmeleitfähigkeit)

  → tendenziell warm; oberflächlich rasche und starke Erwärmung; Unterboden kalt

- dichten, nassen, schweren Böden (stärkere Wärmeleitfähigkeit)

  → tendenziell kalt; insgesamt langsame Erwärmung des Oberbodens; bei nassen Böden Verdunstungskälte

Standortsmerkmale für den Wärmehaushalt aus dem Bereich Klima

Energieangebot

= Sonneneinstrahlung; wird angegeben durch:

- Sonnenscheindauer (Stunden/Tag); Messung z.B. mit Heliograph
- Globalstrahlung (Joule/cm²,Tag); kontinuierliche Aufzeichnung mit elektrischen Messwertgebern

Temperatur

Messung traditionell in „Englischer Hütte“ in 2 m über kurz geschorenem Rasen zu drei Zeitpunkten pro Tag:

T1: 7:00, T2: 14:00, T3: 21:00 Uhr;

Tagesmittelwert T = (T1+T2+2*T3)/4 (DWD: bis 31.03.2001; ab dann Mittel aus 24 Terminwerte)

Meist Messung in Verbindung mit der relativen Luftfeuchtigkeit mittels Thermohygrograph (Temperatur mittels Bimetallelement; Feuchte durch Längenveränderung von Menschenhaar); Aufzeichnung auf uhrwerk-betriebenem Schreibstreifen.

Moderne Waldklimamessstationen

Kontinuierliche Aufzeichnung meteorol. Kenngrößen mittels Daten-Logger

Aggregierung von Temperaturmesswerten

- Durchschnittstemperaturen (Monat, Jahr, Forstliche Vegetations-periode = 01.05. – 30.09.) und langjährige Minima / Maxima

- Über- / Unterschreitungen von konventionellen Schwellenwerten, z.B.

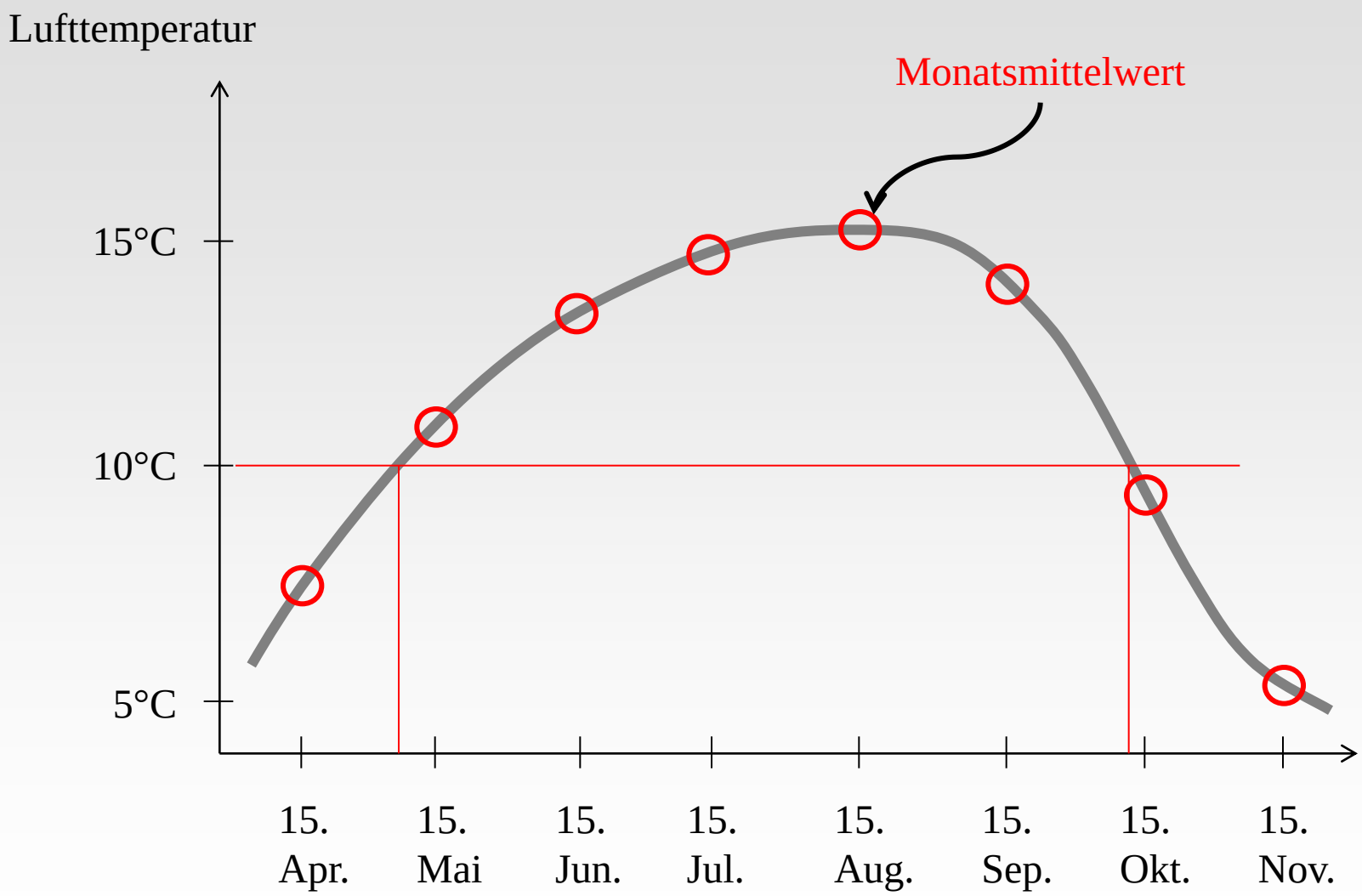
  → Dauer der Vegetationsperiode: Temperatur > 10°C (entspricht annähernd der phänologischen Wachstumszeit von der Blattentfaltung bis zum Beginn der Laubverfärbung)

  → Intensivierung biochemischer Prozesse im Boden: Temperatur > 5°C)

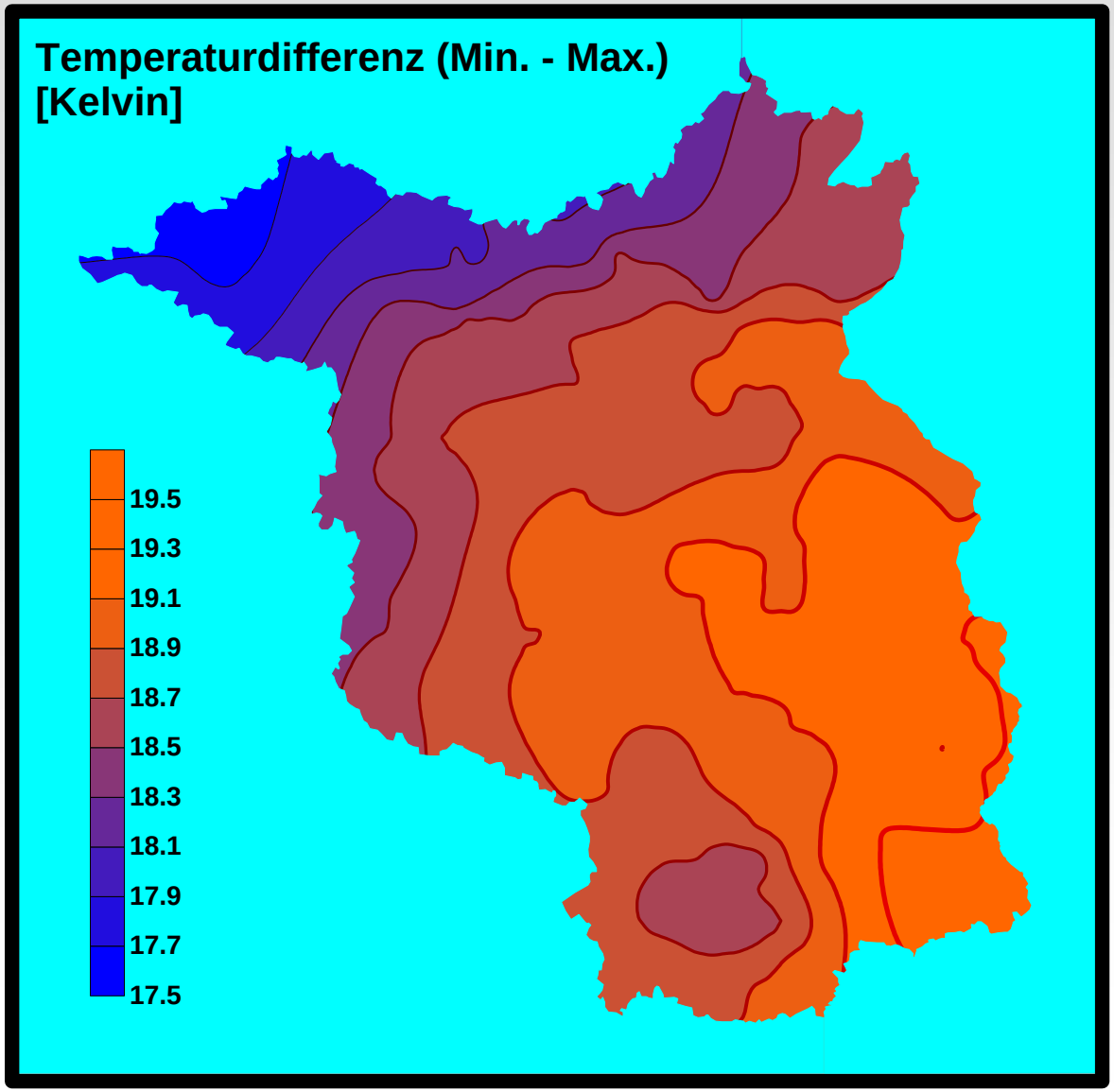
- mittlere Jahresschwankung der Temperatur (= Differenz zwischen wärmstem und kältestem Monat) als Indikator für die Kontinentalität

- mittleres Datum des ersten / letzten Frostes; mittlere Zahl der Frosttage (Tagesminimumtemperatur < 0°C) bzw. Eistage (Tagesmaximumtemperatur < 0°C); mittlere Zahl der frostfreien Tage; mittlere Zahl der Sommertage (Tagesmaximumtemperatur > 25°C)

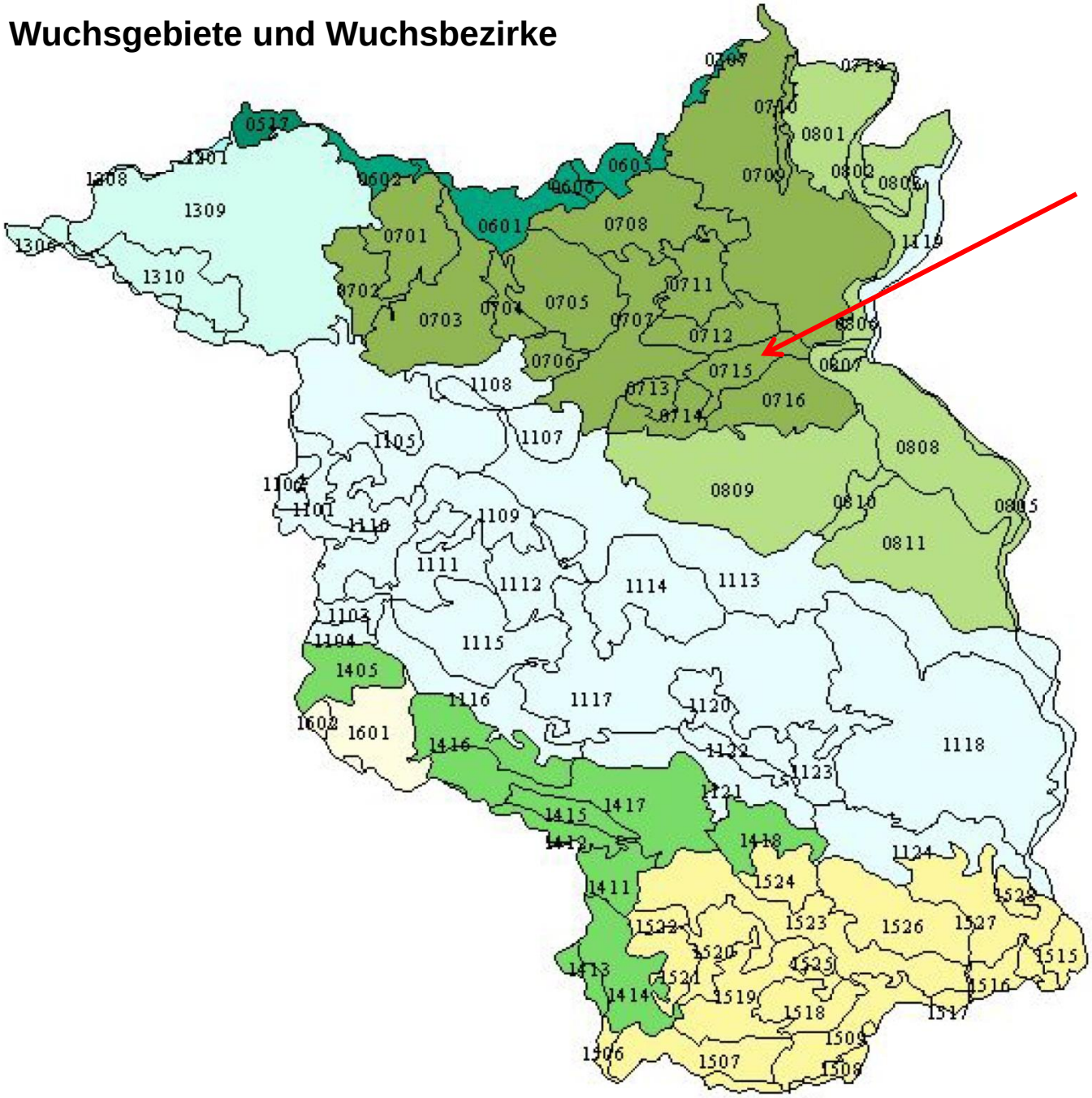
Grafische Ermittlung der Andauer einer Temperatur >= 10°C



Kennzeichnung der Kontinentalität durch die Temperaturdifferenz zwischen wärmstem und kältestem Monat



Wuchsgebiete und Wuchsbezirke



Eberswalde:

Ostmecklenburg-Nordbrandenburger Jungmoränenland (07)

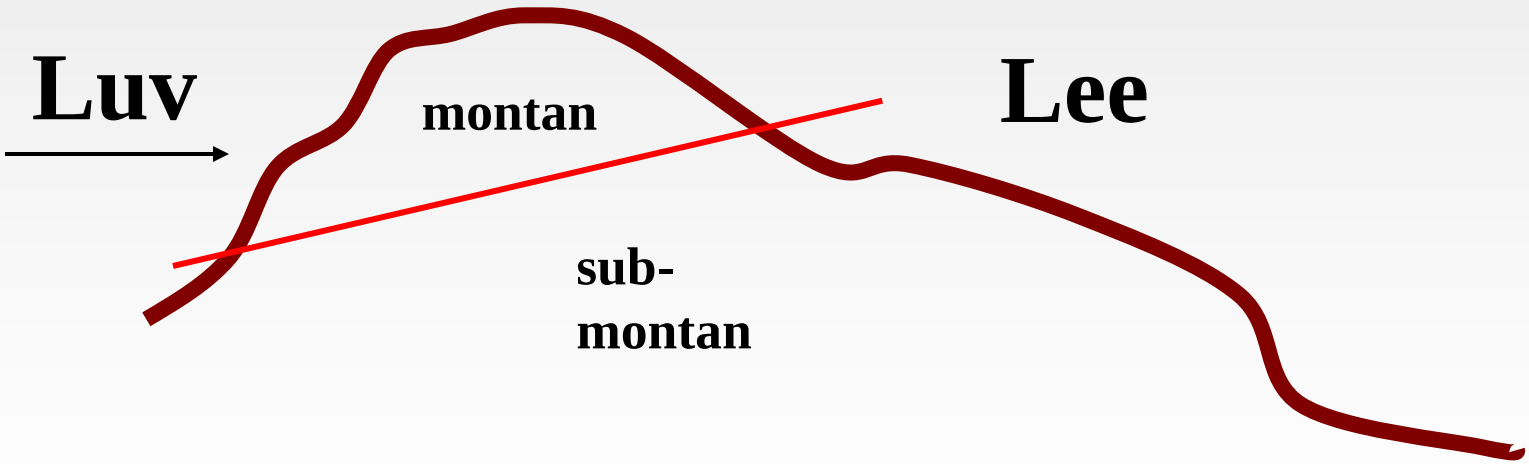
Eberswalder Talabschnitt (15)

1) <u>Horizontale</u> Klimazonierung im planaren Bereich (→ z.B. Makroklima-formen im NO-dt. Verfahren; s.o.)

2) <u>Vertikale</u> Klimazonierung (Wärmezonen nach Waldgesellschaften)

Höhenstufe	Höhe ü. NN [m]	Jahresdurch-schnittstem-peratur [°C]	Durchschnitts-temperatur Vegeta-tionszeit [°C]	Vegetations-zeitdauer [Tage]
Planar	0-100	> 9	> 16	165-180
Kollin	150-300	8-9	14,5-16	150-165
Submontan	300-450	7-8	13,5-14,5	135-150
Montan	450-650	6-7	12,5-13,5	120-135
Obermontan	650-900	> 6	10,5-12,5	100-120
Hochmontan	> ca. 750	< 5,5	< 10,5	<100

Einfluss von Luv- / Lee-Lagen bzw. Sonn- / Schatthang auf die Wärmezonen



Fazit: die Höhenangaben sind nur Richtwerte; Einstufung erfolgt anhand von Waldgesellschaften; guter Anhaltswert ist die Durchschnittstemperatur in der Vegetationszeit

Kennzeichnung des Wärmehaushalts aufgrund von örtlichen Besonderheiten (Lage, Relief, Boden) → Spätfrostgefährdung (3 Wochen vor bis 3 Wochen nach Blattaustrieb)

„**Eisheilige**“: Kälterückfälle in der ersten Maihälfte durch (nächtliche) Ausstrahlung bei windschwachem, wolkenarmem Wetter (**Strahlungsfrost**); besondere Gefährdung von Jungpflanze durch Bodenfrost

(dagegen entsteht die „Schafskälte“ in der ersten Junihälfte durch Vordringen kalter Luftmassen; Advektion = horizontaler Lufttransport)

Erhöhte Gefahr für Strahlungsfrost

- An windgeschützten Standorten (flache Täler und Mulden durch Bildung von Kaltluftseen; sog. „Muldenfrost“; mittelgroße waldumgebende Freiflächen)
- Bei starkem Grasbewuchs oder starken Trockentorfauflagen durch reduzierte Wärmeleitfähigkeit („Dämmschicht“)
- Südexpositionen wg. verstärkter Austrocknung und früher Vegetations-entwicklung

Geringe Gefahr für Strahlungsfrost

- An Hängen von engen Tälern (Eigenstrahlung der Talwände), auf kleinen waldumgebenden Freiflächen (Eigenstrahlung der Bestandesränder); windreichen Ebenen; unter dichtem Bestandesschirm (günstig für Voranbau)
- Erhöhte Bodenfeuchte verringert grundsätzlich die Spätfrostgefahr (trägere Reaktion des Bodens auf Temperatur-änderung)

V. Kennzeichnung der Standortsform

Standortsform (Befundeinheit)

- **Makroklimaform**
- **Reliefbedingte Mesoklimaform**
- **Reliefform**
- **Bodenform**
- **Grund- und Stauwasserform**
- **Humusform**
- **Immissionsform**

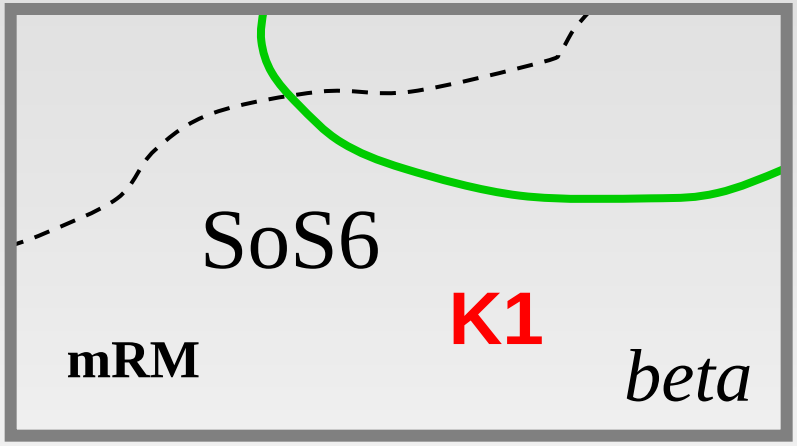
Standortseigenschaften durch den Menschen

schwer beeinflussbar

leicht beeinflussbar

Beispiel für die Standortsform (Befundebene):

Ausschnitt Standortskarte



Bewertungsebene (Stamm-/Zustands-nährkraftstufe):

Makroklimaform:	beta (Neubrandenburger Klima)
Mesoklimaform:	ohne reliefbedingte Abweichungen
Reliefform:	eben
Bodenform:	SoS = Sonnenburger Bändersandbraunerde
Grund- / Stauwasserform:	schwach GW-beeinflusst (GW 1,8 - 3,0 m unter Flur)
Humusform:	mRM = mäßig frischer rohhumusartiger Moder
Immissionsform:	kein wesentlicher Immissionseinfluss

K

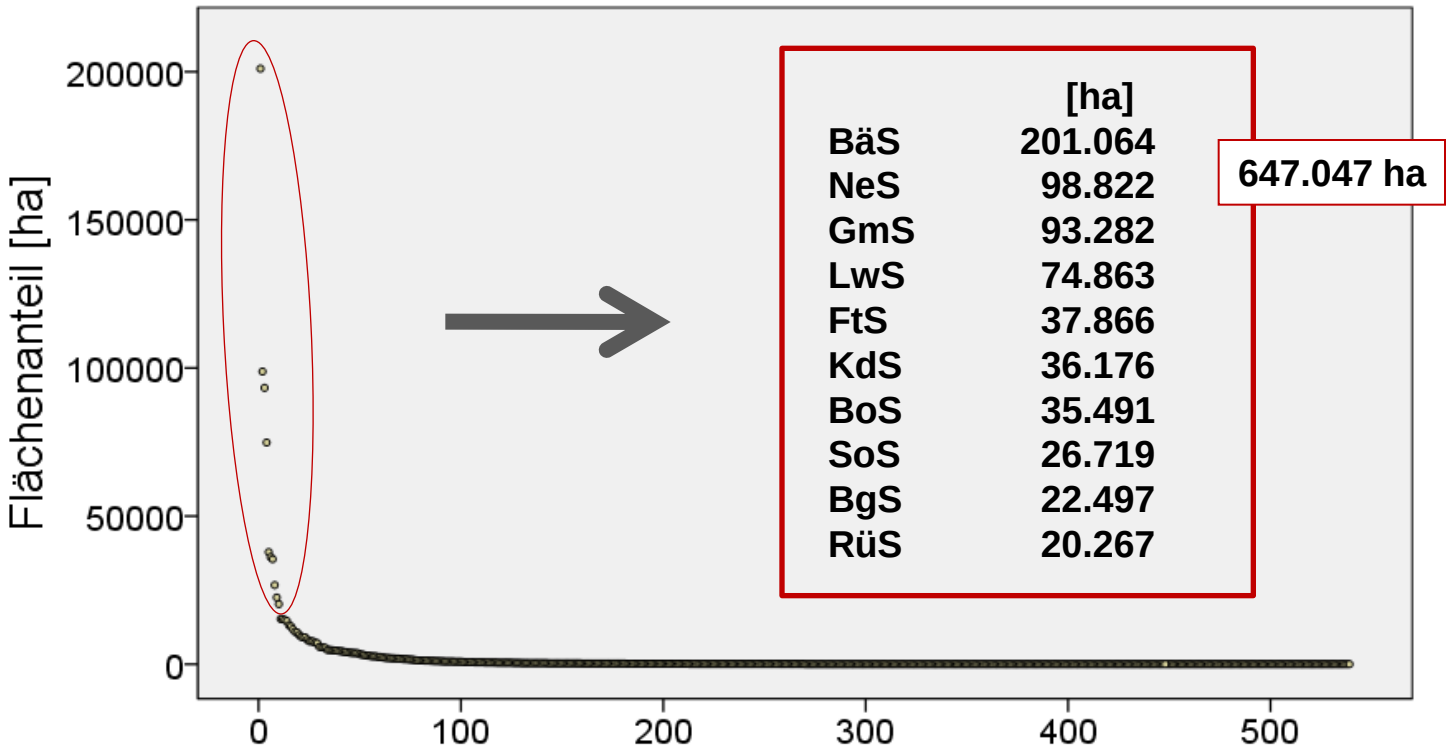
Z

Kennzeichnung der Bodenform:

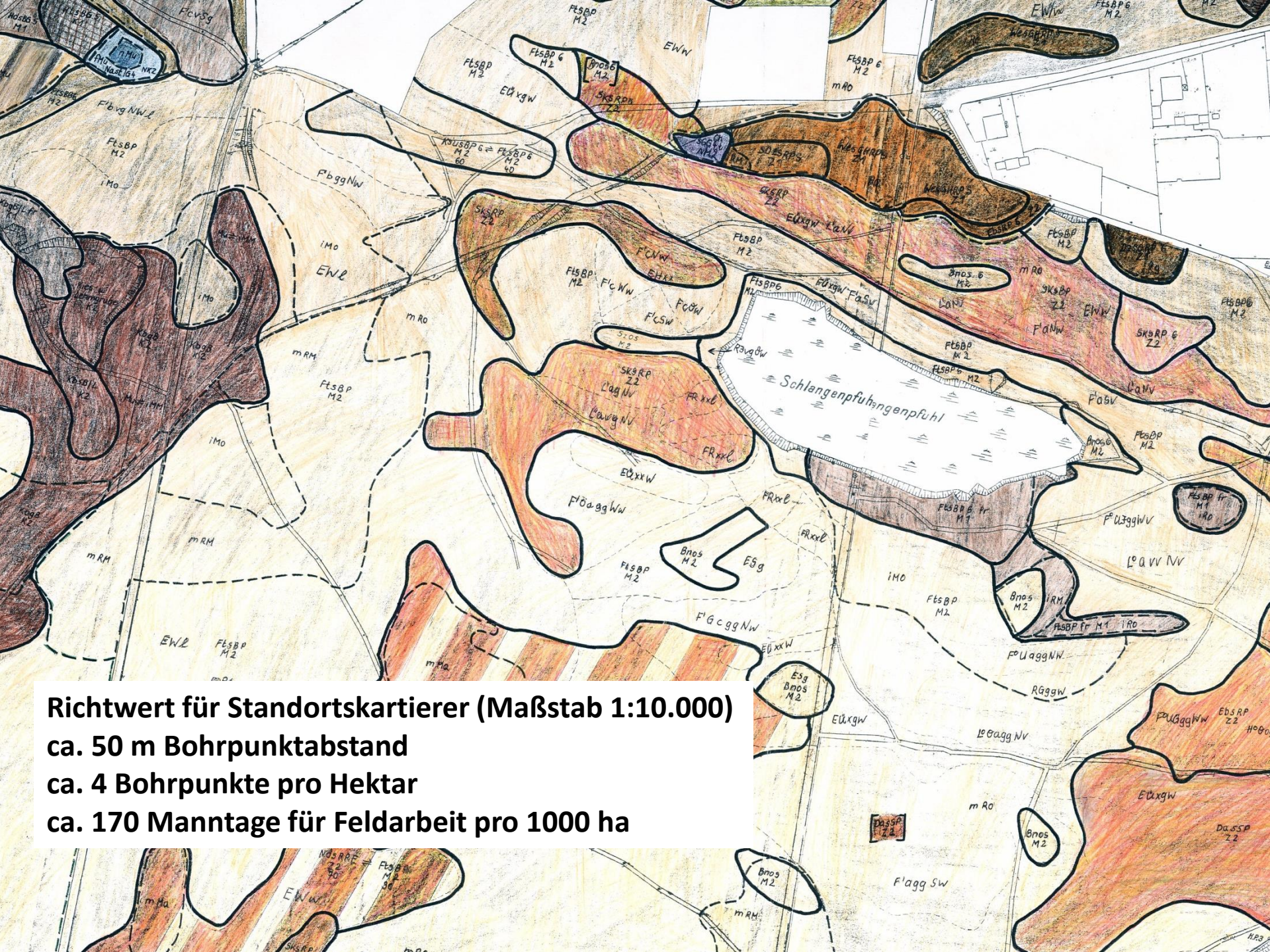
	Hauptbodenform	**Feinbodenform (früher: Lokalbodenform)**
Inhalt	Substratfolgetyp Horizontfolgetyp	Substratfolgetyp, Horizontfolgetyp und zusätzliche für das Waldwachstum bedeutsame Merkmale: z.B. - KMgCaP-Serie - Tiefe der Carbonatgrenze - Feinheit im B-Horizont - ggf. Säure-Basen-, Stickstoffstufe
Beispiel	Sand-Braunerde	Leistener Sand-Braunerde
Kurzform	sB	LeS
Aussage (vereinfacht)	Sand bis > 80 cm Tiefe; A-Bv-C-Profil	Wie Hauptbodenform und zusätzlich - Nährstoffserie I - carbonatfrei bis > 2,60 m - anlehmiger Sand im Bv-Horizont

Beispiele für Feinbodenformen (sechs von ca. 800 !)

Kurzform	**Feinbodenform (Befundeinheit)**	**Nährkraftstufe (Bewertungseinheit)**
FtS	Finowtaler Sand-Braunerde	M
GmS	Grubenmühler Sandbraunerde	Z
DgL	Darguner Lehm-Fahlerde	R
JhL	Johannisberger Tieflehm-Fahlerde	K
NeS	Nedlitzer Sandbraunerde	M
SoS	Sonnenburger Bändersand-Braunerde	K
BäS	Bärenthorener Sandbraunerde	Z



Feinbodenformen sortiert nach Flächenanteil in Brandenburg



Richtwert für Standortskartierer (Maßstab 1:10.000)
ca. 50 m Bohrpunktabstand
ca. 4 Bohrpunkte pro Hektar
ca. 170 Manntage für Feldarbeit pro 1000 ha

Symbolerklärung

für die Stamm-Standortsgruppen

im Kleinbestands-Arboretum

Stamm-Feuchtestufe ↓		Stamm-Nährkraftstufe: ..R.. Reich	..K.. Kräftig 1)	..M+.. ..M..v Mäßig nährstoffhaltig 2)3)	..M..	..Z+.. ..Z..v Ziemlich arm 2)3)	..Z..	..A+.. ..A..v Arm 2)3)	..A..
(T)...	(T)...3 trockner	R3	K3	M3v	M3	Z3v	Z3	A3v	A3
Unvernäßte	(T)...2 mittelfrisch	R2	K2	M2+ M2v	M2	Z2+ Z2v	Z2	A2+ A2v	A2
Standorte	(T)...1 frischer	R1	K1		M1		Z1		A1
W...	W...2 wechselfrisch	WR2	WK2		WM2		WZ2		
Standorte mit Wechselfeuchte	W...1 wechselfeucht	WR1	WK1		WM1		WZ1		
Ü... Überflutungs- (Auen-) Standorte (stark überflutungsanfällig)	Ü... 10 naß	ÜR 10	ÜK 10						
	Ü... 11 feucht	ÜR 11	ÜK 11						
	Ü... 12 frisch	ÜR 12	ÜK 12						
(mäßig überflutungsanfällig)	Ü... 20 naß	ÜR 20	ÜK 20						
	Ü... 21 feucht	ÜR 21	ÜK21						
	Ü... 22 frisch	ÜR 22	ÜK22						
N... Mineralische Naßstandorte	N...2 dauerfeucht	NR2	NK2	NM2		4) NZ2		4) NA2	
	N...1 dauernaß	NR1	NK1	NM1		NZ1		NA1	
O... Organische Naßstandorte	O...4 Trockenbrücher	OR4	OK4		OM4		OZ4		OA4
	O...3 Brücher	OR3	OK3		OM3		OZ3		OA3
	O...2 Sümpfe	OK2			OM2		OZ2		OA2
	O...1 Pfühle	OK1		OM1					OA1

Erläuterungen:

☐ untergliedert in die Klimastufen
...f = ... in feuchtem Klima
...m = ... in mäßig trockenem Klima
...t = ... in trockenem Klima

⊡ untergliedert in ... f und ... m+t

⊡ untergliedert in die Mosaikgruppen

I = im reichen Mosaik ≙ 2/3 R und K
II = im mittelreichen Mosaik
III = im armen Mosaik ≙ 2/3 Z2 und Z3, A1 bis A3

1) K2 mit den Substratuntergruppen
...(S) = ... mit sandigem Substrat
...(L) = ... mit lehmigem Substrat
2) ... + = ... mit reicherem Untergrund
3) ... v = ... durch Verhagerung nur ...
4) ... o = ... besonders humusarme ...

außerdem in Gebieten mit SO_2-Immission untergliedert in die Immissionsstufen
..... $\dot{y}_s$ = ... mit mäßiger SO_2-Immission
..... $\bar{y}_s$ = ... mit starker SO_2-Immission

Legende zur forstlichen Standortskarte des Kleinbestands-Arboretums

Bodenformen i.e.S.

Sü kos	Salzmünder Kalkklocksand
Bc os	Buckower Klocksand
Sz os	Schweinitzer Klocksand
Bn os	Bodener Klocksand
Ew kg Re	Eberswalder Kalkgrand-Rendsina
Sw sRa	Schwärzer Sand-Ranker
Bg sB	Bergrader Sand-Braunerde
Bo sBP	Bodenseichener Sand-Braunpodsol
Ft sBP	Finowtaler Sand-Braunpodsol
Kb gB	Kahlenberger Grand-Braunerde
Kn gB	Kölpiner Grand-Braunerde
Ks us BP	Kurtschläger Fuchssand-Braunpodsol
Nd sRRE	Neuendorfer Sand-Rumpfrosterde
Da sSP	Damerower Sand-Saumpodsol
Sk sRP	Schönebecker Sand-Rostpodsol
Eb sRP	Eiserbuder Sand-Rostpodsol
Jh IF	Johannisberger Tieflehm-Fahlerde
Zi kl Re	Ziethener Kalklehm-Rendsina
Zh os HaG	Zainhammerscher Klocksand-Halbgley
Ht sBG	Hüttermühler Sand-Braungley
Hd sBG	Hennigsdorfer Sand-Braungley
Mu sBG	Mullberger Sand-Braungley
Dz sGRP	Döberitzer Sand-Gleyrostpodsol
We sGHRP	Wesendorfer Sand-Gleyhumusrostpodsol
Ss IBS	Schwanseer Tieflehm-Braunstaugley
St kos GG	Storkower Kalkklocksand-Graugley
Gs ks GG	Großschauener Kalksand-Graugley
Lh s GG	Lindhorster Sand-Graugley
Eh IS	Elmenhorster Tieflehm-Staugley
Pk kol GG	Parkentiner Kalkklock-Graugley
Fh sHG / HK	Falkenhäger Sand-Humusgley über Halbkalk ($CaCO_3$ 30-70%)
Na sHG	Nassenheider Sand-Humusgley
Ba sHG	Barkower Sand-Humusgley
Kr sHG	Kreuzbrucher Sand-Humusgley
Bd sMG	Bohldammer Sand-Moorgley
Q	Quellmoor

.../L	... lehmunterlagert (zwischen 8o...16ocm)
.../l	... tief lehmunterlagert (zwischen 16o...3oo cm)
.../S	... sandunterlagert
... fr	... in frischer Lage
s...	übersandeter... (über 2o cm)

Grund-und Stauwasserstufen

Stufe	mittlere Tiefe	Spanne	
6	um 24o cm	2oo-35o(4oo)	schwach grundwasserbeeinfl.
5↓	um 14o cm	11o-19o	halbzeitig "
5	um 14o cm	11o-19o	(langzeitig) "
4↓	um 8o cm	7o-1oo	halbzeitig grundwassernah
4	um 8o cm	7o-1oo	(langzeitig) "
3 4			(flach) staufeucht u. überfl
3	um 4o cm	3o- 6o	(langzeitig) grdw.beherrscht
2	um 1o cm	o- 2o	(langzeitig) sumpfig

Reliefformen

EW	Ebene	in Weitlage
EH	"	in Horstlage
EÜ	"	in Rückenlage
EG	"	in Simslage
EU	"	in Fußlage
EI	"	in Nischenlage
ES	"	in Senkenlage
EC	"	in Strecksenkenlage
ET	"	in Tallage
RG	Rampe	in Simslage
RU	"	in Fußlage
RI	"	in Nischenlage
RÖ	"	in Böschungslage

F'	stärker geneigter Flachhang	(4- 9°)	am niedr.Ges.hang (6-25m)
L'	schwächer geneigter Lehnhang	(9-16°)	" "
F°	stärker geneigter Flachhang	(4- 9°)	am halbh.Ges.hang (26-45m)
L°	schwächer geneigter Lehnhang	(9-16°)	" "
H°	stärker geneigter Lehnhang	(16-25°)	" "

O Oberhang M Mittelhang U Unterhang

oberer und unterer Hanganschluß

-Lage

Wölbung

xx	doppelt konvex	vg	konkav gestreckt
gx	gestreckt konvex	xv	konvex konkav
vx	konkav konvex	gv	gestreckt konkav
xg	konvex gestreckt	vv	doppelt konkav
gg	doppelt gestreckt		

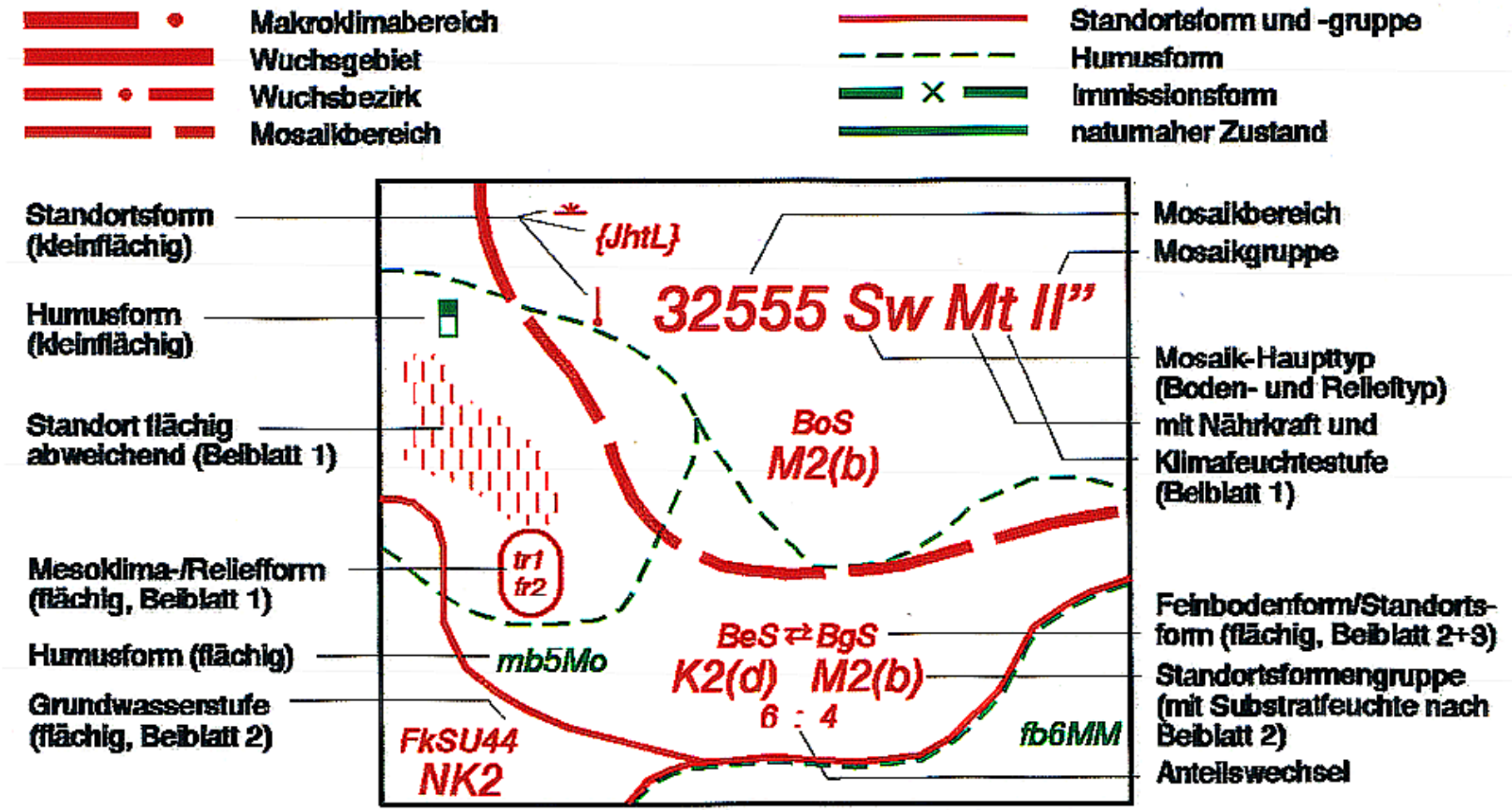
Hangrichtung

N	Nord	S	Süd
NO	Nordost	SW	Südwest
O	Ost	W	West
SO	Südost	NW	Nordwest

Rauhheit

g	glatt
l	leicht bewegt
w	wellig
v	ungeordnet versteilt
f	gefaltet

Beispiel-Legende Standortskarte Poratz:



Beispiel-Legende Standortskarte Poratz:

Feinbodenform Karten-kürzel	Name	Stamm-Nährkraft *mit hoch-gestellten* 1/5-Stufen[1)]	Feinheiten der Körnung[2)] im Ober-boden	Feinheiten der Körnung[2)] im übrigen Profil	KCaMg-Serie	Kalk-tiefe [m]
Tabellenteil für die anhydromorphen Feinbodenformen						
BgS	Bergrader Sand - Braunerde	M^1	alS	S	1	1,6-3
BoS	Bodenseichener Sand - Braunerde	M^4	al'S	S	1	1,6-3
BsS	Braunsberger Sand - Rumpfrosterde	Z^1	mfS	S	1	1,6-3
DaS	Damerower Sand - Saumpodsol	Z^3	rS	S	1	frei
DgL	Darguner Lehm - Fahlerde	R^4	lS+sL	L	1	>0,8-1,6
GwS	Gerswalder Bändersand - Braunerde	M^2	al'S	bS	1	1,6-3
JhtL	Johannisberger Tieflehm - Fahlerde	K^1	al+lS	L	1	>0,8-1,6
KrS	Kellersche Bändersand - Rumpfrosterde	M^2	mfS	bS	1	1,6-3
MdDü	Mahlendorfer Dünenkomplex (siehe unten)		rS	rS	1	1,6-3
NdS	Neuendorfer Sand - Rumpfrosterde	Z^2	rS	S	1	frei
SkS	Schönebecker Sand - Rostpodsol	Z^3	rS	S	1	frei
SoS	Sonnenburger Bändersand - Braunerde	K^4	alS	bS	1	1,6-3
SwS	Schwärzer Sand - Ranker	Z^3	rS	S	1	frei
TdDü	Tangersdorfer Dünenkomplex (siehe unten)		rS	rS	1	1,6-frei
ZiL	Ziethener Kalklehm - Rendsina	RC	KL	KL	1	<. 0,4m

Waldbauliche Anwendung: Standortsgerechte Baumartenwahl

Kriterien für die Anbauwürdigkeit

- Nutzung des Standortspotenzials
- Erhaltung der Standortskraft (Nachhaltigkeitsgedanke)

Jede Baumart besitzt ein **Standortsspektrum**, das sie von Natur aus besiedeln kann; Wuchsleistung und Vitalität sind abhängig von ihren **Standortsansprüchen** (Quantität und Qualität der Standortselemente Wärme, Trophie, Feuchte) und der **Konkurrenzfähigkeit** gegenüber anderen Baumarten.

Generell ist bei jeder Baumart zu unterscheiden zwischen:

1. **Ökologischer Standortsamplitude**

= Standortsbereich, in dem sich eine Baumart trotz Konkurrenz behaupten kann

2. **Physiologische Standortsamplitude**

= Standortsbereich, in dem eine Baumart ohne Konkurrenz gedeihen kann

Die physiologische Amplitude ist größer als die ökologische Amplitude

Bsp.: Nadelholzanbau in Reinbeständen unter Ausschaltung der Konkurrenz führt zu höheren Wuchsleistungen als im jeweiligen ökologischen Optimum

Wissen um die ökologische und physiologische Standortsamplitude der Baumarten

Kenntnis des Standortes
(Wärme, Feuchte, Trophie)

Nutzung des Standortspotenzials
Nachhaltigkeit des Standortes

Standortsgerechte Baumartenzusammensetzung

WALDBAULICHE UMSETZUNG

Vorschlag der zweckmäßigsten Baumartenzusammensetzung für einen Standort unter Berücksichtigung der Wirtschaftsziele → Umsetzung durch Forstbetrieb

Auszug „GRÜNER ORDNER WALDBAU“ - Brandenburg

Ökogramm mit Bestandeszieltypen (Baumart Rot-Buche, *Klimastufe f*)

Stamm-feuchte-stufe	Stamm-Nährkraftstufen							
	Reich	Kräftig	Mittel +	Mittel	Ziemlich arm +	Ziemlich arm	Arm +	Arm
O…2								
O…3								
O…3ü								
O…4				RBU-**SEI**		RBU-**SEI**/MBI		
O…4ü								
O…4w								
N…0								
N…0ü								
N…1								
Ü…0								
N…2	**RBU-EDB**/SEI	**RBU-EDB**/SEI		**RBU-SEI**		**RBU-SEI**/GBI		
Ü…1								
N…2w								
Ü…2								
W…2	RBU-**EDB/SEI**	RBU-**SEI/EDB**		**RBU-SEI**		**RBU-SEI**		
(T)…1	**RBU-EDB**/SEI	**RBU**-EDB/SEI		**RBU-TEI**/ND		**RBU-SEI**/GKI		
(T)…2	**RBU-EDB**/SEI	**RBU**-EDB/SEI	**RBU-TEI**/ND	**RBU-TEI**/ND	**RBU-TEI**/GKI	RBU-**TEI/GKI**	RBU-TEI/**GKI**	
(T)…3	**RBU-TEI**/EDB	**RBU-TEI**		RBU-**TEI/GKI**		RBU-TEI/**GKI**		

1)		**RBU-Optimum = Bestandeszieltyp und Natürliche Waldgesellschaft mit gleicher Hauptbaumart**
2)		**RBU-Suboptimum = RBU tritt im Hauptbestand zurück, bleibt aber als Mischbaumart erhalten**
3)		**RBU-Grenzstandort = RBU als Mischbaumart möglich, jedoch ohne aktive Einbringung**
		*Hauptbaumart in Fett; ND = DG, ELA,

Auszug „GRÜNER ORDNER WALDBAU“ - Brandenburg

Ökogramm mit Bestandeszieltypen (Baumart Rot-Buche, *Klimastufe t*)

Stamm-feuchte-stufe	Stamm-Nährkraftstufen							
	Reich	Kräftig	Mittel +	Mittel	Ziemlich arm +	Ziemlich arm	Arm +	Arm
O…2								
O…3								
O…3ü								
O…4				RBU-**SEI**/LI/HBU		RBU-**SEI**/MBI		
O…4ü								
O…4w								
N…0								
N…0ü								
N…1								
Ü…0								
N…2	RBU-EDB/SEI	RBU-**SEI**/LI/HBU		RBU-**SEI**/LI/HBU		RBU-**SEI**/GBI/GKI		
Ü…1								
N…2w								
Ü…2								
W…2	RBU-**EDB/SEI**	RBU-**SEI**/LI/HBU		RBU-**SEI**/LI/HBU				
(T)…1	RBU-**EDB/SEI**	RBU-**TEI**/EDB		RBU-**TEI**/ND		RBU-**TEI/GKI**		
(T)…2	RBU-**TEI**/EDB	RBU-**TEI**/ND	RBU-**TEI**/ND	RBU-**TEI**/ND	RBU-**TEI/GKI**			
(T)…3								

1)		**RBU-Optimum = Bestandeszieltyp und Natürliche Waldgesellschaft mit gleicher Hauptbaumart**
2)		**RBU-Suboptimum = RBU tritt im Hauptbestand zurück, bleibt aber als Mischbaumart erhalten**
3)		**RBU-Grenzstandort = RBU als Mischbaumart möglich, jedoch ohne aktive Einbringung**
		*Hauptbaumart in Fett; ND = DG, ELA, KTA

Auszug „BESTANDESZIELTYPENERLASS“ - Brandenburg

GKI		Gemeine Kiefer						
Baumart	Baumarten-anteile (%)	Bestandesstruktur horizontal (Mischung)	Bestandesstruktur vertikal (Schichtung)	Leistungserwartung für Bäume mit Wertholz: Zielstärke (BHD in cm)	Leistungserwartung für Bäume mit Wertholz: Produktions-zeitraum (in Jahren)	Entstehung des Bestandeszieltyps	mögliche Standorts-einheiten	Waldentwicklungsstadium und charakteristische Waldbiotoptypen
Hauptbaumart								
GKI	90 – 100	—	• tendenziell einschichtig • vorübergehende Stufigkeit nur nach Störungen	40 +	100 – 140	• Kunstverjüngung • Naturverjüngung	**Tf** OA3 OA4 **Tm** OA3 OA4 A2g A2 A3 **Tt** OA3 OA4 NA1 A2g A2 A3	**Bestandeszieltyp entspricht** - Vorwaldstadien - Zwischenwaldstadien - Schlusswaldstadien von natürlichen *Kiefern-Waldgesellschaften* **Waldbiotoptypen auf ausgewählten Standorten** *Beerkraut-Kiefern-Moorbirkenwald* OA3, OA4 (Tf, Tm, Tt) *Blaubeer-Kiefern-Buchenwald* A2g, A2 (Tm) *Beerkraut-Kiefernwald* A2g, A2, A3 (Tt)
Begleitbaumart								
GBI, TEI, SEI, RBU, WL	bis 10	• einzelstammweise unregelmäßig im Bestand verteilt • meist im Bereich der Bestandesränder vorkommend		—		• Naturverjüngung		

GKI-RBU	Gemeine Kiefer – Rotbuche							
Baumart	**Baumarten-anteile** (%)	**Bestandesstruktur**		**Leistungserwartung für Bäume mit Wertholz**		**Entstehung des Bestandeszieltyps**	**mögliche Standorts-einheiten**	**Waldentwicklungsstadium und charakteristische Waldbiotoptypen**
		horizontal (Mischung)	**vertikal** (Schichtung)	Zielstärke (BHD in cm)	Produktions-zeitraum (in Jahren)			
Hauptbaumart							**Tf, Tm** NZ3 (nur Tm) NA3 Z1w (nur Tm) M2g (nur Tm) M2 M3 Z1 Z2g Z2+ Z2 **Tt** NZ3 Z1w Z1	**Bestandeszieltyp enthält** Elemente von - Vorwaldstadien - Schlusswaldstadien natürlichen *Buchenwaldgesellschaften* **Waldbiotoptypen auf ausgewählten Standorten** *Pfeifengras-Buchenwald* NZ3, NA3, Z1 (Tf, Tm) *Schattenblumen-Buchenwald* M2g, M2, Z2g, Z2+, Z2 (Tf, Tm) *Honiggras-(Pfeifengras-) Birken-Stieleichenwald* NZ3, Z1 (Tt)
GKI	50 – 70	—	• der Unter- und Zwischenstand besteht vorwiegend aus Rotbuche • temporär zweischichtiger Bestandesaufbau • zum Ende des Produktionszeitraumes der Kiefer zunehmend einschichtig	45 +	100 – 140	• Kunstverjüngung • Naturverjüngung		
Mischbaumart								
RBU	20 – 40	(einzelstamm-), trupp- bis gruppenweise in den Oberstand einwachsend		55 +	120 – 160	• Vor-/Unterbau • Ergänzung • Naturverjüngung		
Begleitbaumart								
TEI, SEI, GBI *AS, EB*	bis 10	• im Bereich von Bestandesränder und auf Störungsstellen beteiligt		siehe Bestandeszieltypen für die entsprechenden Baumarten		• Naturverjüngung		

GKI-TEI		Gemeine Kiefer – Traubeneiche						
Baumart	**Baumarten-anteile (%)**	**Bestandesstruktur**		**Leistungserwartung für Bäume mit Wertholz**		**Entstehung des Bestandeszieltyps**	**mögliche Standorts-einheiten**	**Waldentwicklungsstadium und charakteristische Waldbiotoptypen**
		horizontal (Mischung)	**vertikal** (Schichtung)	Zielstärke (BHD in cm)	Produktions-zeitraum (in Jahren)			
Hauptbaumart							**Tf** NA3 M3 Z1 Z2g Z2+ Z2 **Tm, Tt** M2g M2 M3 Z1 Z2g Z2+ Z2 Z3	**Bestandeszieltyp entspricht** - Zwischenwaldstadien verschiedener oligotropher *Buchen-* und *Traubeneichen-Waldgesellschaften* auf terrestrischen Standorten des nordostdeutschen Tieflandes **Waldbiotoptypen auf ausgewählten Standorten** *Schattenblumen-Buchenwald* M2g, M2, Z2g, Z2+, Z2 (Tf, Tm) *Blaubeer-Kiefern-Traubeneichenwald* Z2g, Z2 (Tt) *Straußgras-Eichenwald* Z2+ (Tt)
GKI	50 – 70	—	• aus Hähersaat hervorgegangene Eichen etablieren sich im Unter- und Zwischenstand • die anfängliche Zweischichtigkeit wird zunehmend durch mosaikartige Stufigkeit abgelöst	45 +	100 – 140	• Kunstverjüngung • Naturverjüngung		
Mischbaumart								
TEI (fakultativ mit Anteilen von SEI aus Naturverj.)	20 – 40	trupp- bis gruppenweise in den Oberstand einwachsend		60 +	200 – 240	• Kunstverjüngung durch Vor-/ Nachanbau • Naturverjüngung (Hähereichen beachten)		
Begleitbaumart								
GBI, RBU, WLI *EB, AS*	bis 10	• unregelmäßig, insbesondere in Ausfallstellen des Haupt- und Nebenbestandes • temporär höherer GBI-Anteil (>10 %) möglich		siehe Bestandeszieltypen für die entsprechenden Baumarten		• Naturverjüngung		

GKI-SEI	Gemeine Kiefer – Stieleiche							
Baumart	**Baumarten-anteile (%)**	**Bestandesstruktur**		**Leistungserwartung für Bäume mit Wertholz**		**Entstehung des Bestandeszieltyps**	**mögliche Standorts-einheiten**	**Waldentwicklungsstadium und charakteristische Waldbiotoptypen**
		horizontal (Mischung)	**vertikal** (Schichtung)	Zielstärke (BHD in cm)	Produktions-zeitraum (in Jahren)			
Hauptbaumart							**Tf** NA3 Z1 **Tm** NZ3 NA3 Z1w Z1 **Tt** NZ3 NA1 NA2 NA3 Z1w	**Bestandeszieltyp entspricht** - Zwischenwaldstadien verschiedener oligotropher *Buchen-* und *Stieleichen-Waldgesellschaften* auf wasserbeeinflussten Standorten des nord-ostdeutschen Tieflandes **Waldbiotoptypen auf ausgewählten Standorten** *Pfeifengras-Buchenwald* NZ3, NA3, Z1, A1 (Tf, Tm) *Pfeifengras-Birken-Stieleichenwald* NZ3, NA2, NA3, Z1w (Tt)
GKI	50 – 70	—	• aus Hähersaat hervorgegangene Eichen etablieren sich im Unter- und Zwischenstand • die anfängliche Zweischichtigkeit wird zunehmend durch mosaikartige Stufigkeit abgelöst	45 +	100 – 140	• Kunstverjüngung • Naturverjüngung		
Mischbaumart								
SEI (fakultativ mit Anteilen von TEI aus Naturverj.)	20 – 40	trupp- bis gruppenweise		60 +	200 – 240	• Kunstverjüngung durch Vor-/ Nachanbau • Naturverjüngung (Hähereichen beachten)		
Begleitbaumart								
GBI, RBU, WLI *EB, AS*	bis 10	• unregelmäßig, insbesondere in Ausfallstellen des Haupt- und Nebenbestandes • temporär höherer GBI-Anteil (>10 %) möglich		siehe Bestandeszieltypen für die entsprechenden Baumarten		• Naturverjüngung		