

Zwischen Eiszeit und Hitzewelle -
Die Evolution der Rasengräser und ihre Anpassung

Dr. rer. nat. Selina Thanheiser

BODEN & UMWELT
DR. SELINA THANHEISER

Vorstellung





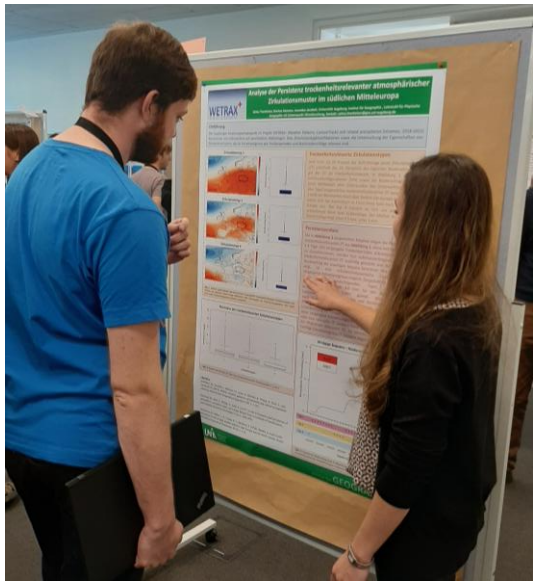
Praktische Erfahrung

- Seit 2023 Freiberuflich selbstständig tätig als unabhängige als Boden- und Umweltgutachterin
- 2018 - 2022 Promotion wissenschaftliche Arbeit und Lehre in Klima- und Umweltwissenschaften an der Universität Augsburg
- 2015 - 2019 Mitarbeiterin in verschiedenen bodenphysikalischen Laboren und einem Entsorgungsfachbetrieb

Ausbildung

- 2012 - 2018 Bachelor-Studium im Fach Geographie & Master-Studium der Klima- und Umweltwissenschaften an der Universität Augsburg
- 2010 - 2012 Allgemeines Abitur Berufsoberschule Augsburg
- 2007 - 2010 Berufsausbildung als Reiseverkehrskauffrau bei Travel Overland







Vorstellung

Gutachten

Bodenlabor
Sport-platzbau
Vegeta-tionstechnik
Baugrund
Umwelt-technik
www.BoPHYS.de

Gesellschaft für bodenphysikalische Untersuchungen mbH

- Prüfstelle für Sportplatzbau
- Prüfstelle Erd- und Straßenbau
- Zugelassene Prüfstelle im Rahmen der RAL-Gütesicherung Dachsubstrate

SOLVA TERRA

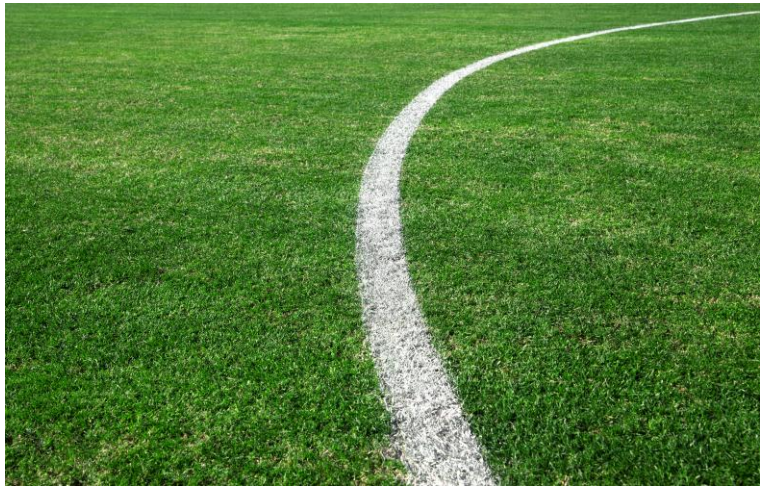
AUSTROGREEN POWER

Schwerpunkte

Bodenuntersuchungen für Fußball- und Golfplätze:

- Untersuchungen RTS & DS nach DIN, FLL & ÖNROM
- Baugrunduntersuchungen
- Aufbauempfehlungen
- Bodenkundliche Baubegleitung
- Gutachten Schäden- und Mängel Sportplätze
- Klimawandelanpassungen
- Härtemessungen
- Ballsprungverhalten
- Scherfestigkeit
- Ebenflächigkeit
- Nährstoffuntersuchung





Vorstellung

Lehrtätigkeit

Regierung von Schwaben



Fachkräfteschmiede

alw Akademie Landschaftsbau Weihenstephan GmbH

TA. TECHNIKERSCHULE AUGSBURG

DEULA

Lernen und Erleben

WOLF

WIFI Wien

Schwerpunkte

- Böden im Sportplatzbau
- Bodenkundliche Feld- und Labormethoden
- Härtemessung von Sportrasensystemen
- Bodenprobenahme
- Böden im Klimawandel
- Klimawissenschaften

- Probenahme nach LAGA PN98
- Die neue Mantelverordnung
- Die neue Bundesbodenschutzverordnung in der Praxis

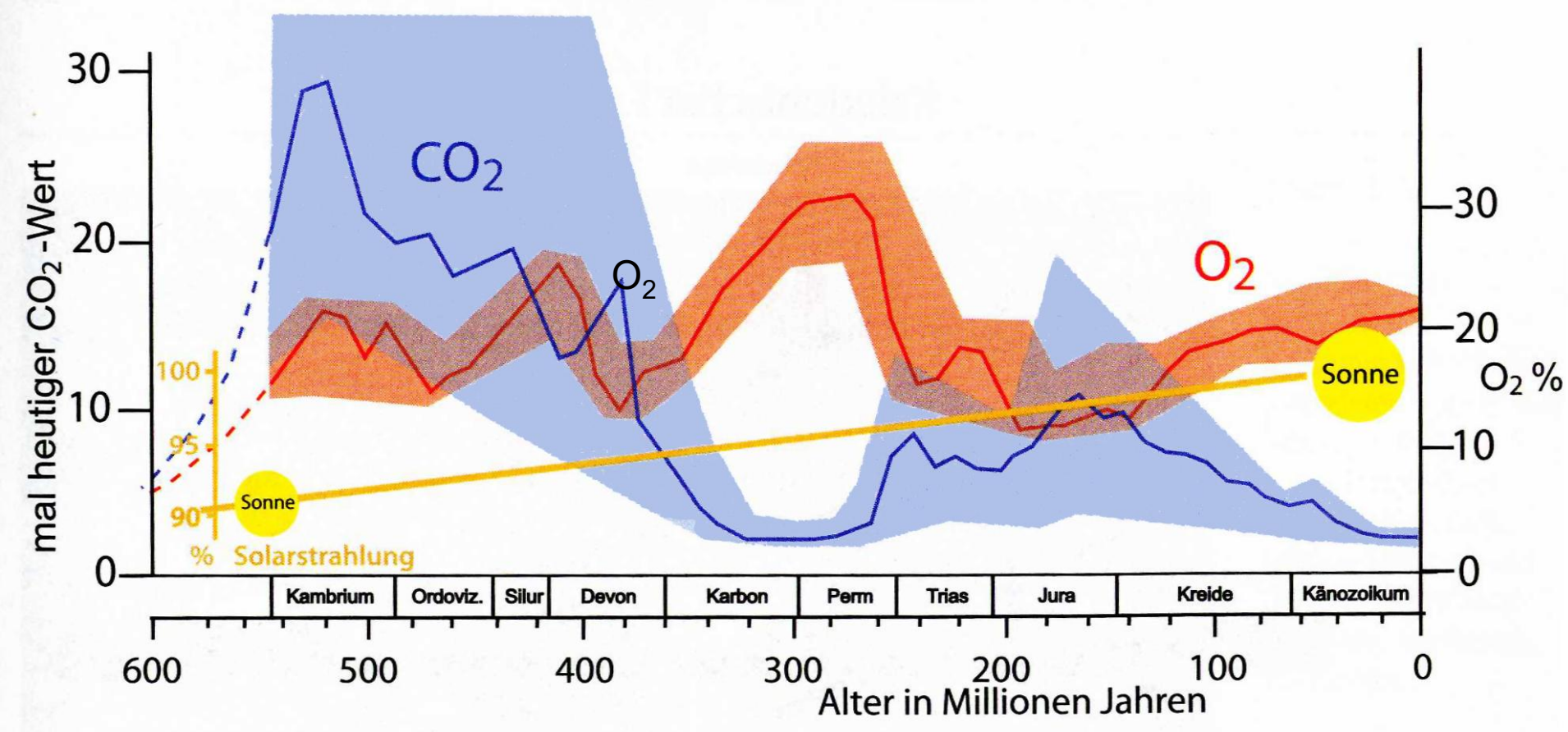
Inhalt

Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Teil 2: Anwendung in der Praxis – Bedeutung des Bodens



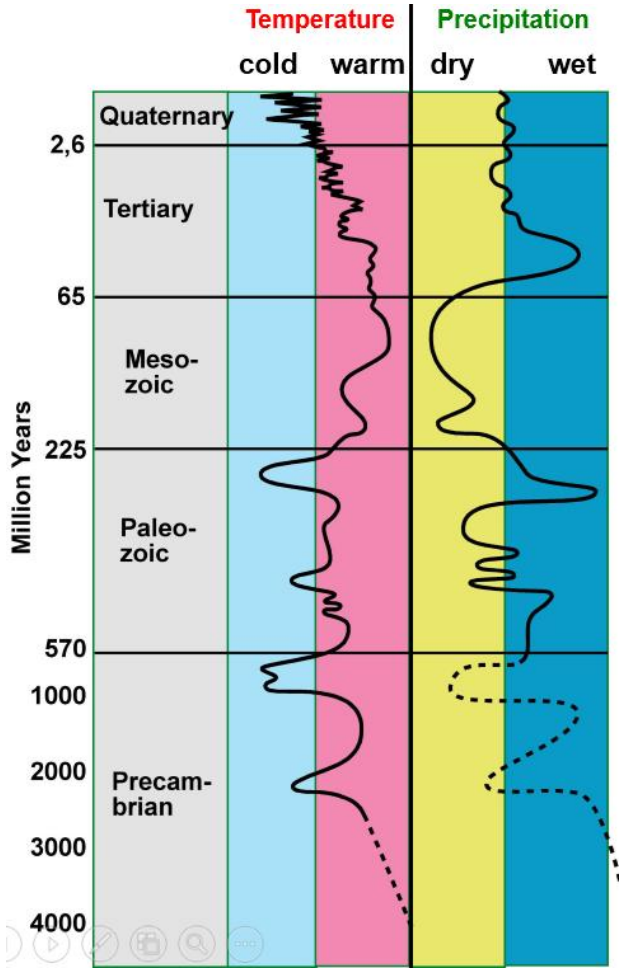
Teil 1: Das Klima in der Erdgeschichte



(Oschmann 2016)

Teil 1: Das Klima in der Erdgeschichte

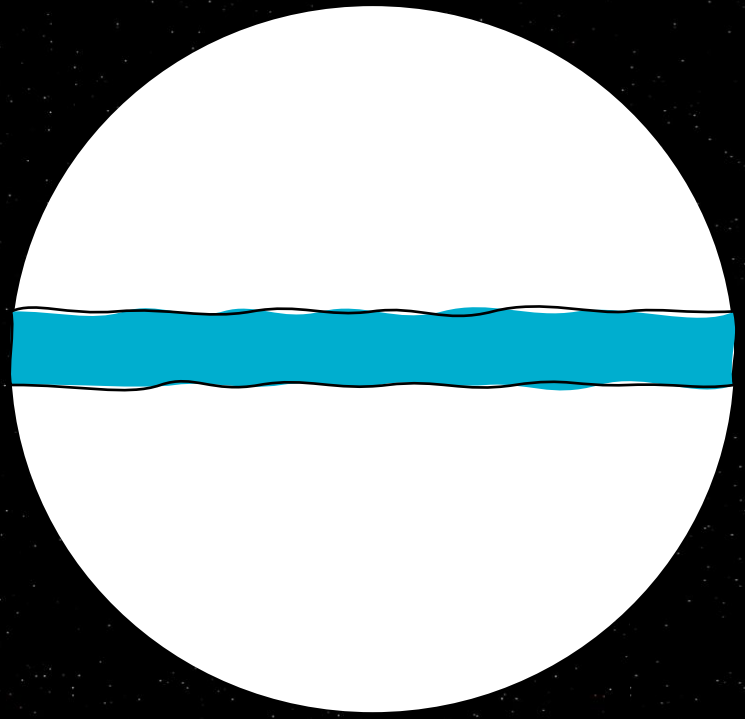
Relative Abweichung der Temperatur und des Niederschlags in der Erdgeschichte



Quelle: Frakes (1997) & Eißmann & Hänsel (1991)

Eiszeit	Jahre vor heute	Beschreibung
Quartäre Eiszeit	600.000	Große Inlandeisschilde in den hohen Breiten.
Permokarbone Vereisung (Gondwana-Vereisung)	350 Mio.	Eiskappen am Südpol. CO2 Rückgang wg. Ausbreitung der Landpflanzen.
Endordovizische Vereisung (Sahara-Vereisung)	450 Mio.	Eiskappen am Südpol (nicht mit hohen CO2 Gehalten in Einklang zu bringen).
Neoproterozoische Vereisungen	550 Mio.	Meere und Erde zum größten Teil vereist (Snowball-Earth).
Huronische Vereisung	2,1 Mrd.	Australien, Südafrika, Laurentia. Wg. großflächiger Vereisung Rückgang der Bioproduktion.
Wittwatersrand Vereisung	3 Mrd.	Lokal in Südafrika.







Quelle: Universität Bremen 2001

Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Florengeschichte





Marine Pflanzen

Archäikum — 4.500 Mio. Jahre — 500 Mio. Jahre — Paläophytikum — 450 Mio. Jahre

Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Florengeschichte

Die Ausbreitung der ersten Pflanzen an Land war möglich durch:

- Spaltöffnungsorganisation (Gasaustausch)
- Wurzelsysteme zur Wasser- und Nährstoffaufnahme
- Leitungssysteme zum Wasser- und Nährstofftransport
- Abschlussgewebe als Verdunstungsschutz



Die ersten Landpflanzen vor 450 Millionen Jahren waren Urlandpflanzen (Rhyniales) aus dem oberen Silur.

Silur Devon Karbon

450 Mio. Jahre 350 Mio. Jahre

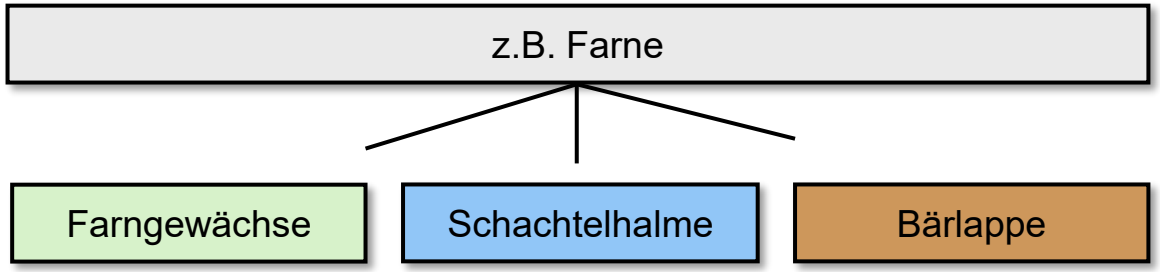
Temperatur: 25°C
CO2: 2.000 ppm

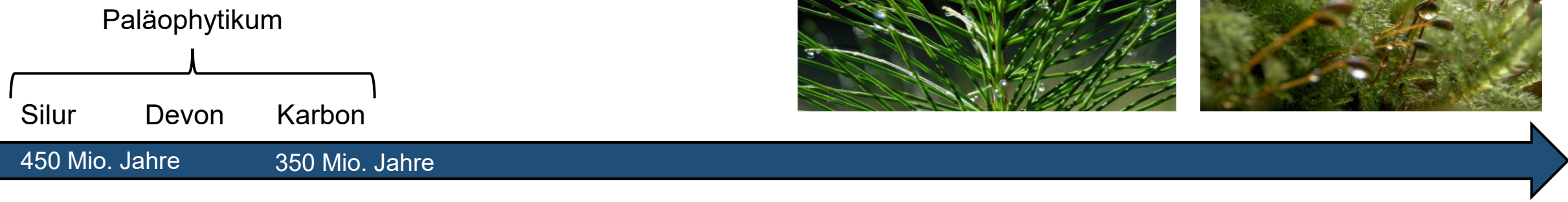
Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Florengeschichte

Paläophytikum

Die Zeit der Gefäßsporenpflanzen (Pteridophyten):





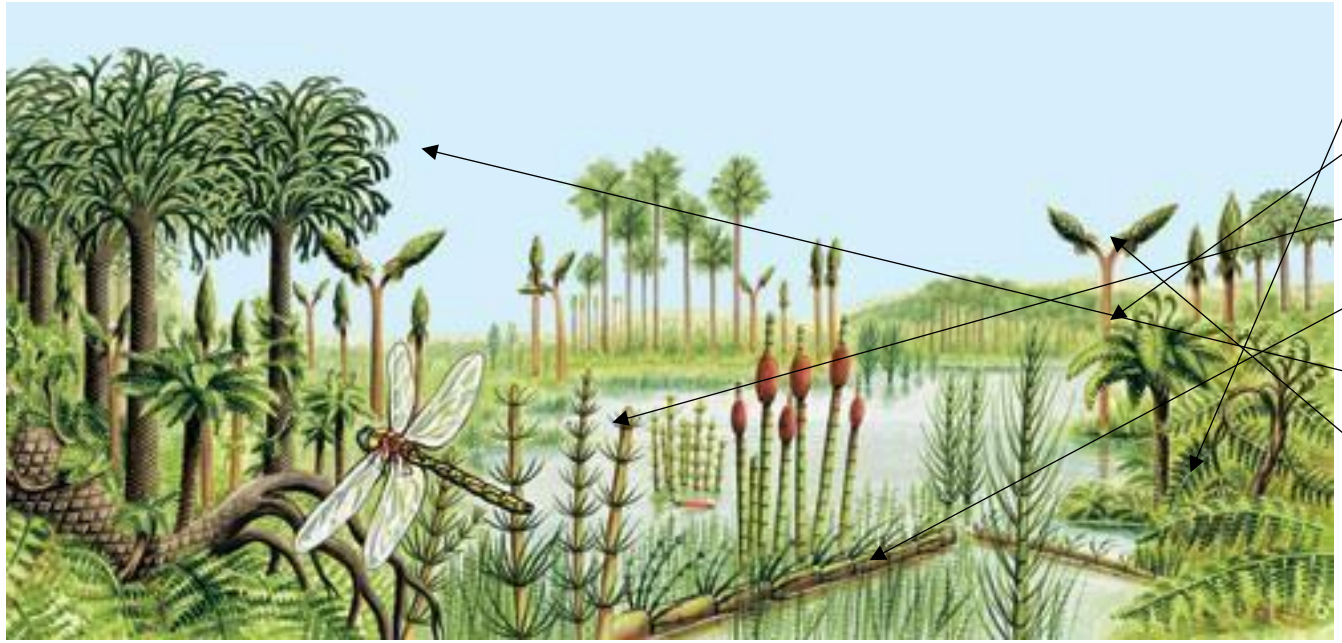






Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Physiognomie der Karbonwälder



- Farne *(Pteridophyta)*
- Baumfarne *(Marattiales)*
- Schachtelhalme *(Equisetatae)*
- Bärlappe *(Lycopodiatae)*
- Schuppenbäume *(Lepidodendraceae)*
- Siegelbäume *(Sigillariaceae)*
- Keilblattgewächse *(Sphenophyllales)*

Quelle: Roemer- und Pelizaeus-Museum Hildesheim 2016

Silur Devon **Karbon**

450 Mio. Jahre 350 Mio. Jahre





Temperatur: 10°C
CO2: 300 ppm

Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Florengeschichte

Größte heute noch lebende Ordnung der nacktsamigen Pflanzen.

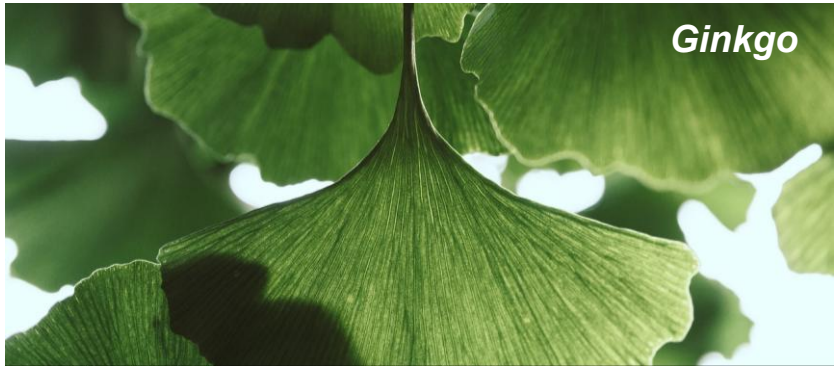
Mesophytikum

Die Zeit der Nacktsamer (Gymnospermen) wie Gingkogewächse und Nadelhölzer.

Koniferen (Pinales)

- Araukarie (Araucariaceae)
- Zypressengewächse (Cupressaceae)
  - z.B. Mammutbäume
- Kieferngewächse (Pinaceae)
  - Fichten
  - Kiefern
  - Tannen
  - Lärchen





Mesophytikum

Perm | Trias | Jura | Kreide

290 Mio. Jahre — 140 Mio. Jahre

Temperatur: 33°C
CO2: 2.000 ppm

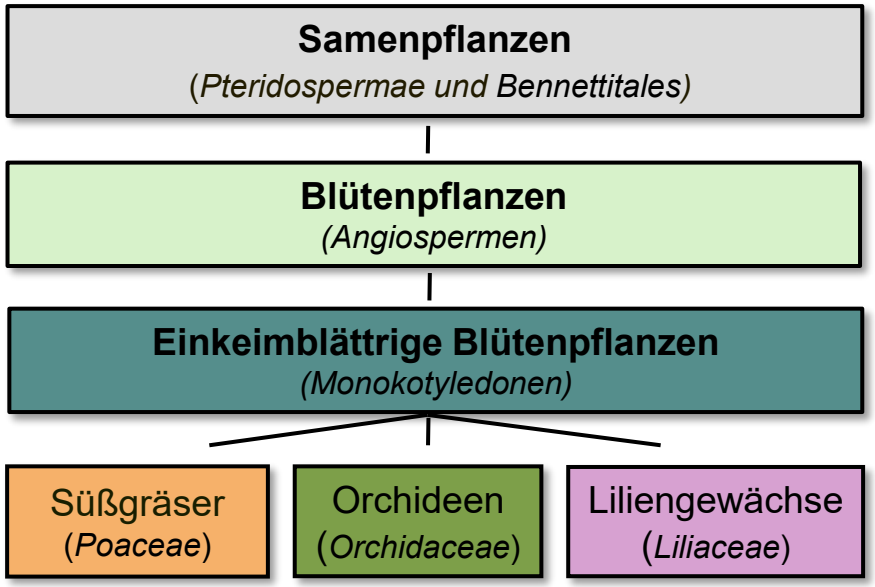
Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Florengeschichte

Mesophytikum

Schlüsselinnovationen:

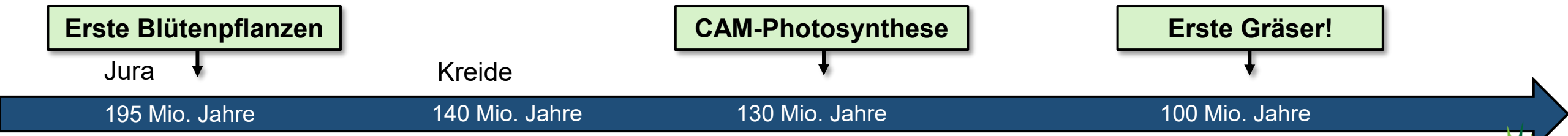
- Blüten und Fruchtblätter
- bedeckte geschützte Samen
- CAM-Photosynthese
- Koevolution mit den Insekten.





Anomochloa









Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Florengeschichte

Känophytikum

Die Zeit der Bedecktsamer (Angiospermen) wie Laubhölzer, Kräuter und Gräser.

- Im Eozän und Oligozän sind die meisten tropischen Pflanzenarten entstanden, die auch heute noch den tropischen Regenwald aufbauen.









Erste Palmen

Paläozän | Eozän | Oligozän

60 Mio. Jahre | 50 Mio. Jahre | 37 Mio. Jahre



Temperatur: 15°C
CO2: 1.200 ppm

Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Florengeschichte

Känophytikum







Oligozän	Miozän	Pleistozän
37 Mio. Jahre	23 Mio. Jahre	2,5 Mio. Jahre

Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Florengeschichte

Ausbreitung der Savannen, mit zunehmender Abkühlung Auftreten erster Kältesteppen und Graslandschaften in höheren Breiten.



Durch permanente Grasdecke Boden gut geschützt. Dadurch Reduktion der Wind und Wassererosion, Stabilisierung der Oberfläche.





Durch absterbende Gräser Bodenbildung und Entwicklung des Mullhumustyp.



Gräser: Koevolution mit Huftieren und besondere Anpassung an Beweidung.

Erste Kakteen



Oligozän — Miozän — Pleistozän

37 Mio. Jahre — 23 Mio. Jahre — 2,5 Mio. Jahre

Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Arten der Photosynthese

C3-Pflanzen	C4-Pflanzen	CAM-Pflanzen
		
Weizen	Mais	Ananas
Kontinuierlich ablaufende CO_2-Aufnahme und Transpiration.	Räumliche Trennung der CO2 Fixierung und Umwandlung.	Die CO2-Fixierung ist zeitlich gekoppelt.

Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Zusammenfassung

Paläophytikum	**Gefäßsporenpflanzen** (Pteridophyten) wie Farne, Bärlappe, Schachtelhalme.		**Anpassung**: Gefäße für Wasser- und Nährstoffe, feine Wurzeln (Mykorrhiza), Spaltöffnungen (Gasaustausch)
Mesophytikum	**Nacktsamer** (Gymnospermen) Gingkogewächse, Nadelhölzer		**Anpassung:** Dicke Blätter, Reduzierung Blattoberflächen (Nadeln), Rinde und Borke als Schutz vor Verdunstung.
Känophytikum	**Bedecktsamer** (Angiospermen) Laubhölzer, Kräuter		**Anpassung**: Harte Samenschalen schützen vor raschen Umweltveränderungen, verbesserte Photosynthese.







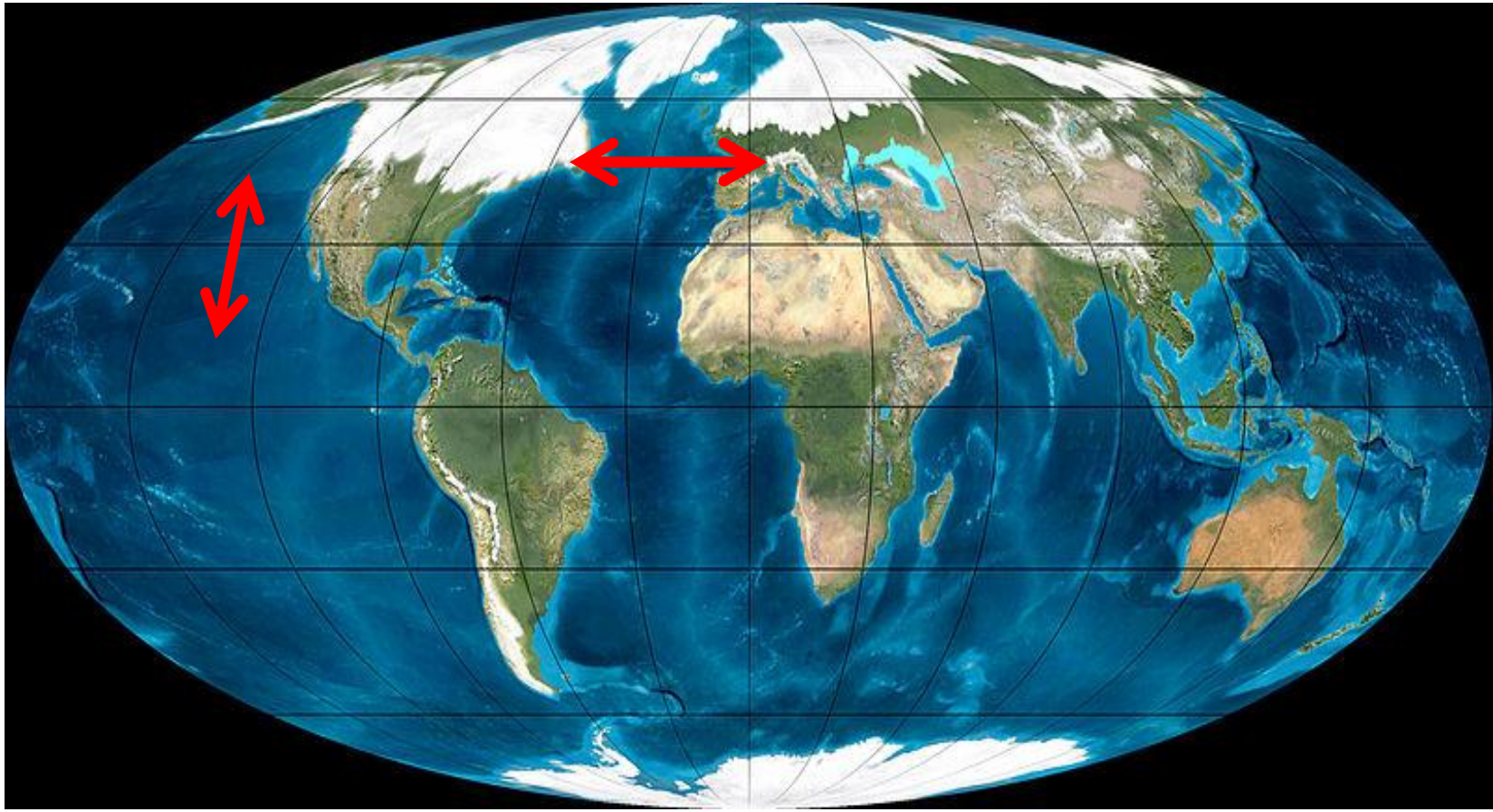



Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Einwanderung der Arten

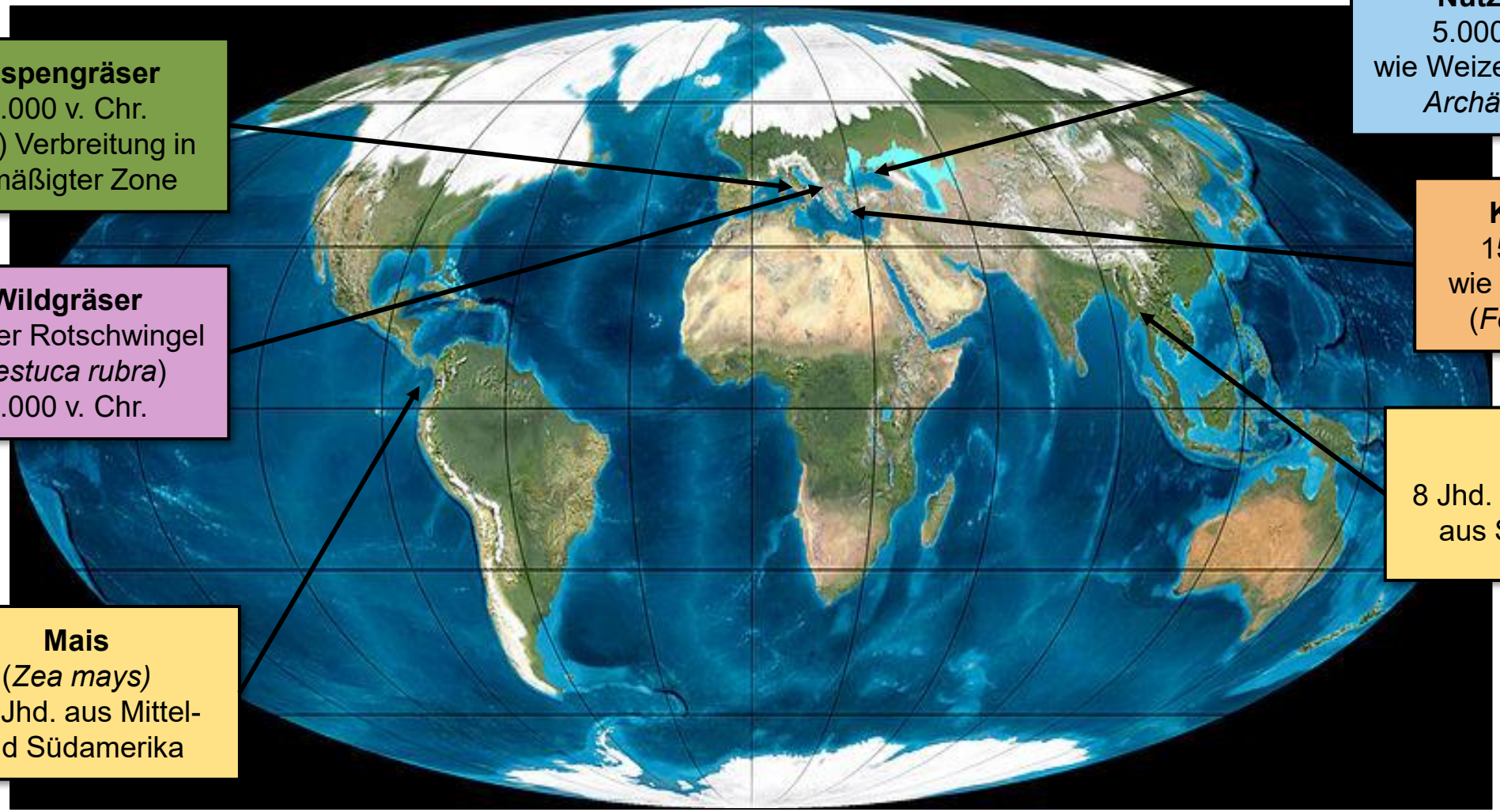
Die Einwanderung der Arten nach dem Ende der Eiszeit war abhängig von:

- Ausbreitungsgeschwindigkeit
- Wanderwege
- Lage der Rückzugsgebiete
- Wettbewerbsfähigkeit
- Bodenentwicklung



Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Einwanderung der Arten



Rispengräser
8.000 v. Chr.
(*Poa*) Verbreitung in gemäßigter Zone

Wildgräser
wie der Rotschwingel (*Festuca rubra*)
4.000 v. Chr.

Mais
(*Zea mays)*
17. Jhd. aus Mittel- und Südamerika

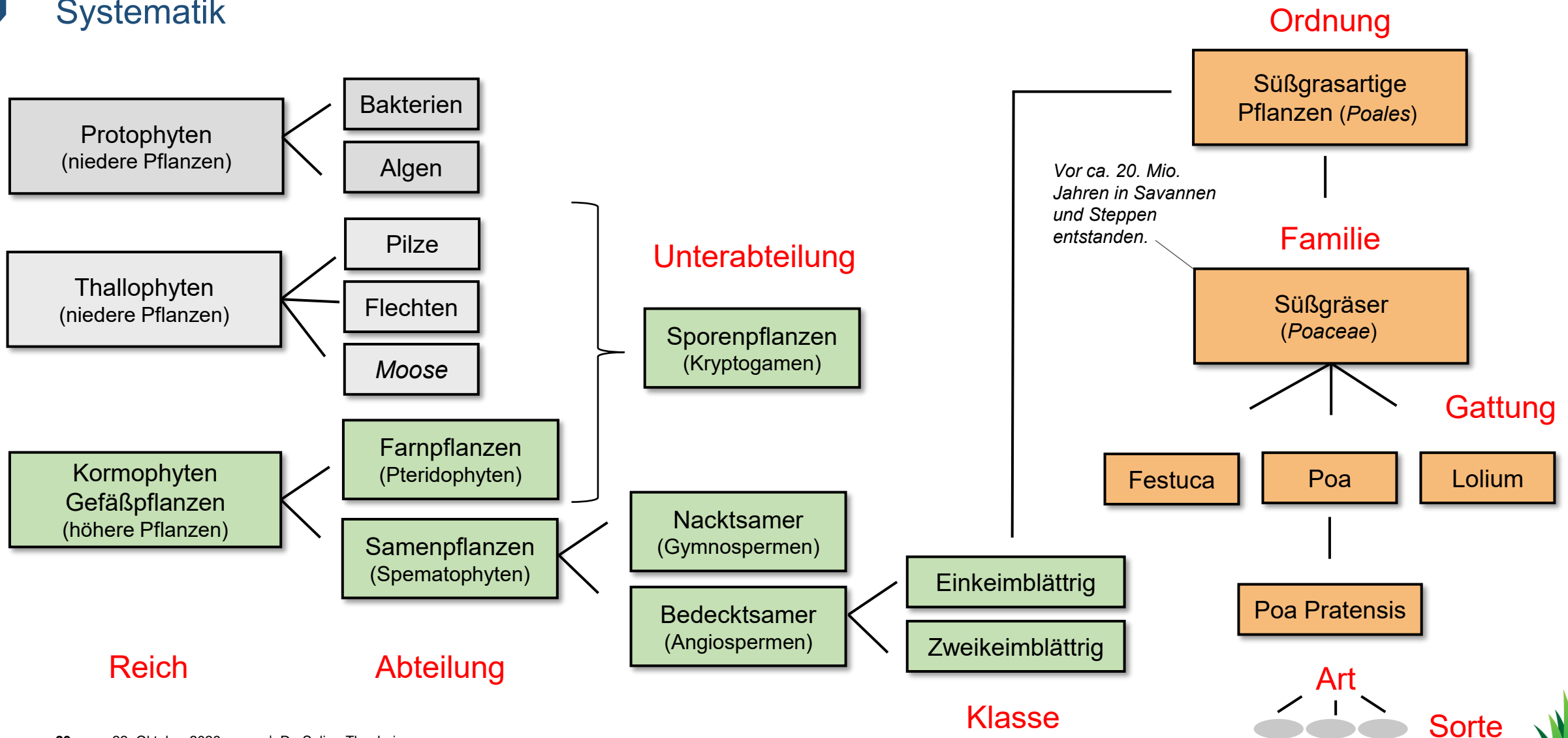
Nutzgräser
5.000 v. Chr.
wie Weizen (*Triticum*)
Archäophyten

Kältegräser
15.000 v. Chr.
wie das Bärengras (*Festuca ovina*)

Reis
8 Jhd. *(Oryza sativa)*
aus Südostasien

Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Systematik



Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Rasen heute

Anforderungen:

- Schnittverträglichkeit
- Trittverträglichkeit
- Blattbreite
- Farbaspekt
- Wüchsigkeit
- Wurzeltiefgang
- Scherfestigkeit
- Krankheitsresistenz
- Standortanpassung
- Ertrag





















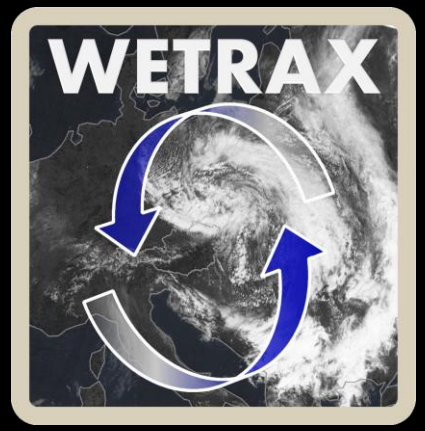
Abb. 1: Erdrutsch in Erftstadt Juli 2021
Quelle: Rhein-Erft-Kreis (dpa)



Abb. 2: Niedrigwasser Donau Juli 2022
Quelle: Armin Weigel (dpa)



Abb. 3: Waldbrand in Gmünd Juli 2023
Quelle: Gmünd Österreich (apa/bfkdo)



→ *We*ather Patterns, Cyclone *Tra*cks and Related Precipitation E*x*tremes. +

→

Regionale Auswirkungen des globalen Klimawandels

Variabilität trockenheitsrelevanter atmosphärischer Zirkulationstypen und Veränderung der atmosphärischen Zirkulationsdynamik von langanhaltenden Trockenperioden im Süden von Mitteleuropa

Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Untersuchungsgebiet

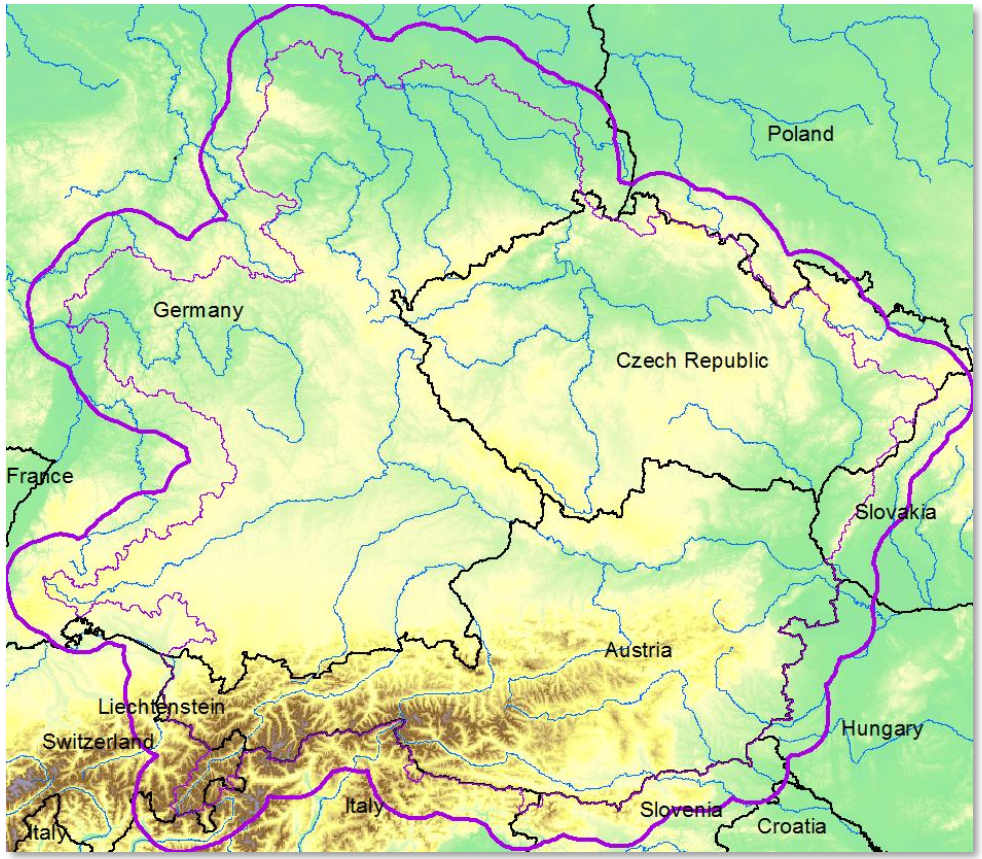


Abb. 4: Das WETRAX+ Untersuchungsgebiet liegt innerhalb der äußeren violetten Linie, die die maximale Ausdehnung der Niederschlagsstationen zeigt, deren Daten für die Erstellung des WETARX+ Niederschlagsdatensatzes herangezogen wurden (2018). Für die äußere Linie besteht ein zeitlich konsistentes Netz mit einer 95-% Datenabdeckung für den Beobachtungszeitraum 1961-2017.

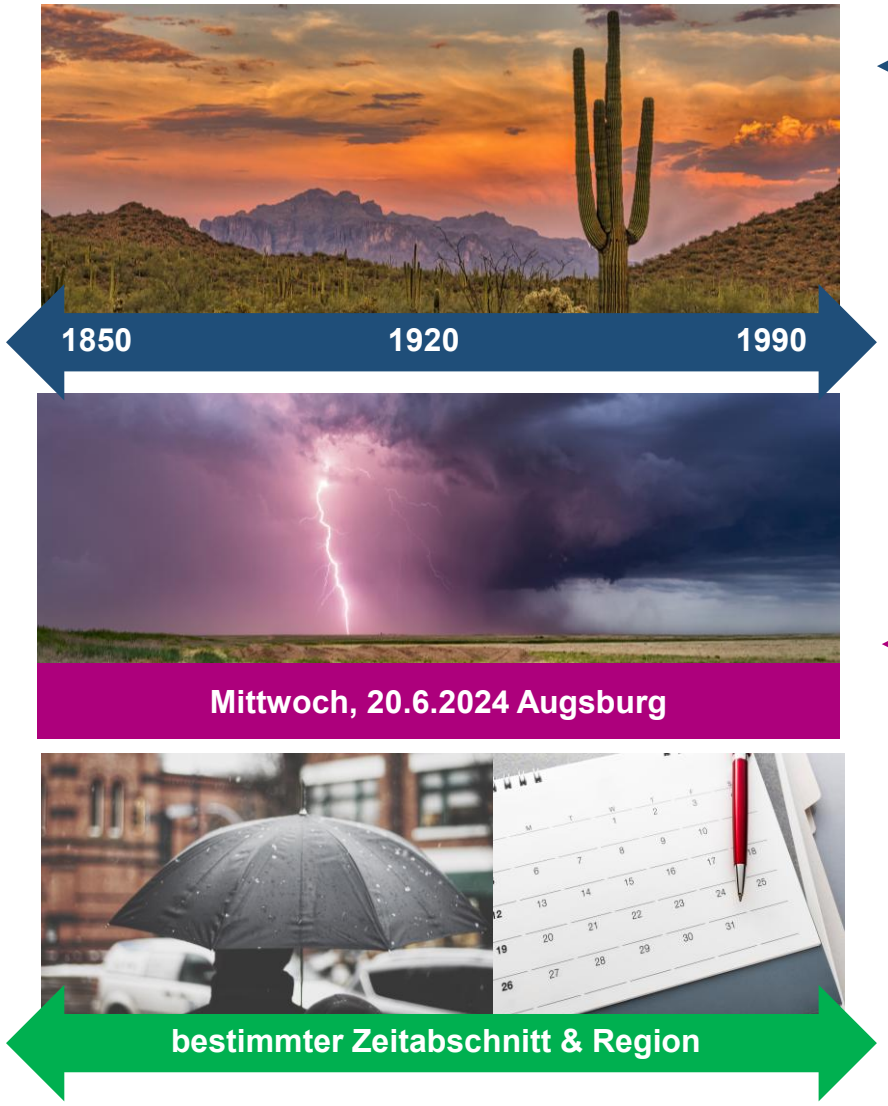


Das Untersuchungsgebiet liegt im Süden von Mitteleuropa und umfasst Österreich sowie Teile Deutschlands, der Schweiz und der Tschechischen Republik.

Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Grundbegriffe

- **Klima:** mittlere Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort oder in einem bestimmten Gebiet über einen längeren Zeitraum.
- **Wetter:** Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt, an einem bestimmten Ort.
- **Witterung:** Wetter bzw. die Wetterveränderung in einem bestimmten Zeitabschnitt auf eine bestimmte Region bezogen.



Klimatologie
untersucht die langfristigen Durchschnittswerte und Muster des Wetters in einem bestimmten Gebiet über längere Zeiträume hinweg (z. B. Jahrzehnte bis Jahrtausende). Sie analysiert Trends und Variabilitäten des Klimasystems, um Veränderungen wie die globale Erwärmung zu verstehen. *Quelle: Umweltbundesamt, UBA (2024)*

Meteorologie
ist die Wissenschaft, die sich mit den Prozessen und Phänomenen der Atmosphäre befasst. Sie untersucht kurzfristige Wetterphänomene wie Temperatur, Niederschlag, Wind und Luftdruck und liefert Vorhersagen über das tägliche Wetter.
Quelle: Deutscher Wetterdienst, DWD (2024)

Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Trockenheitsrelevanter Zirkulationstyp 14 (April-September)

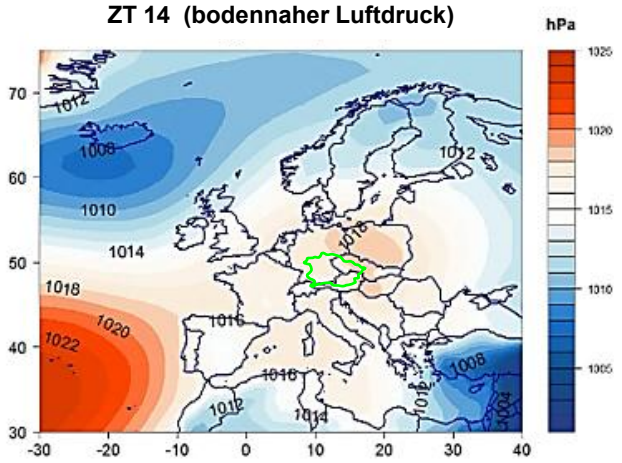


Abb. 12: Trockenheits-relevanter Zirkulationstyp (trrZT) 14 zwischen April und September, im Beobachtungs-zeitraum von 1961 bis 2017. Mittlere Felder aus allen Einzeltagen des Bodenluftdrucks (hPa), als Mittel aus allen Gitterboxen aller Auftrittstage des trrZT. Grün umrandet: Untersuchungsgebiet

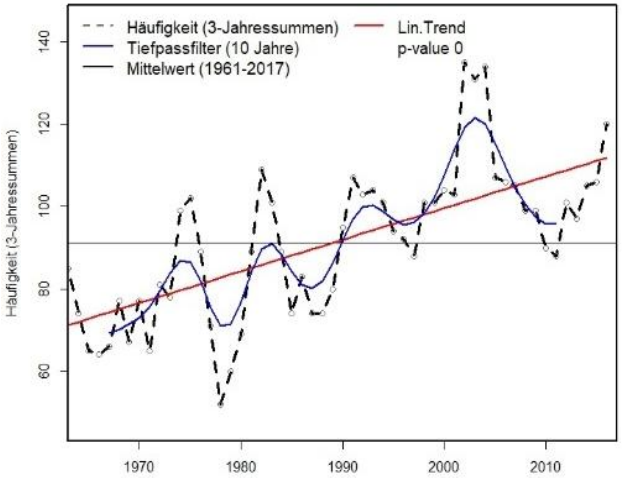


Abb. 13: Trendanalyse der Auftrittshäufigkeiten der Zirkulationstypen für April bis September (Mann-Kendall Test, 1961-2017, α = 0.05). Darstellung der zeitlichen Entwicklung mit gleitenden 3-Jahres-Auftrittshäufigkeiten, einer mit dem Gauß'schen Tiefpassfilter über zehn Jahre geglätteten Zeitreihe sowie dem linearen Trend. Rot: trockenheitsrelevanter Zirkulationstyp 14.

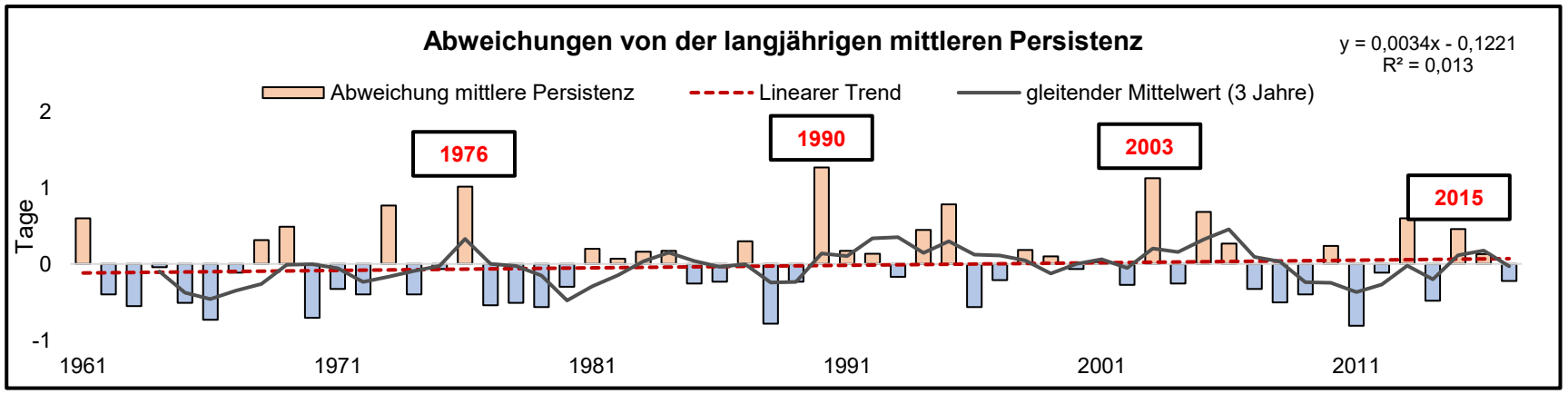
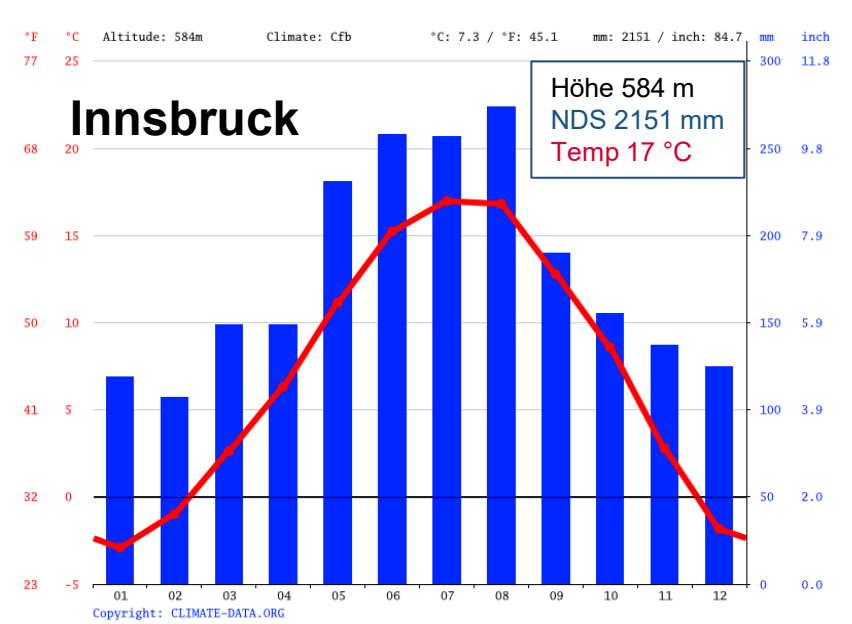
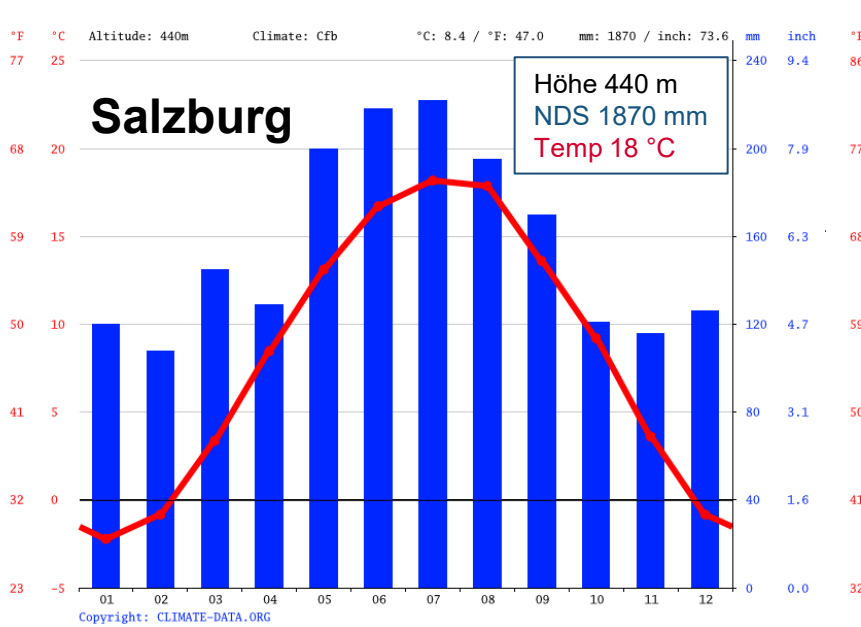
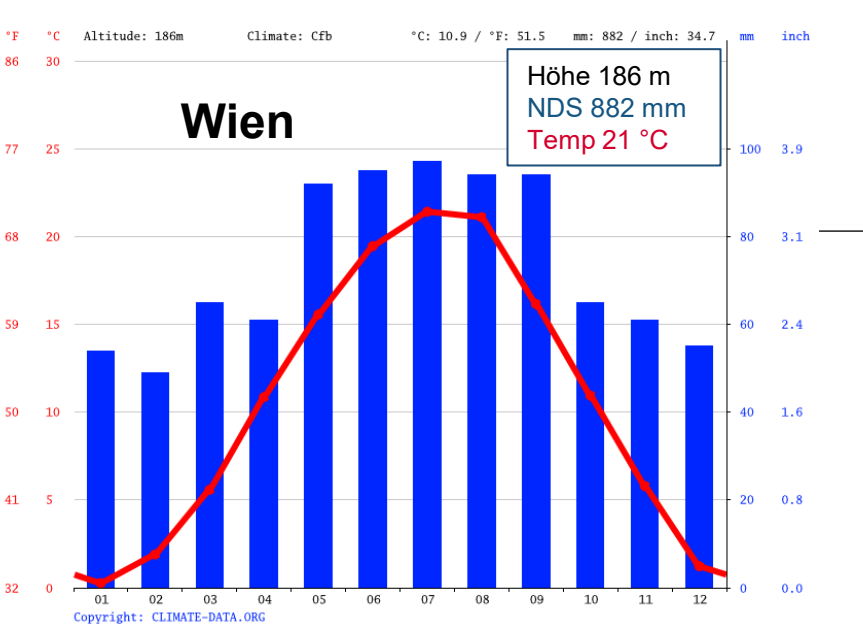
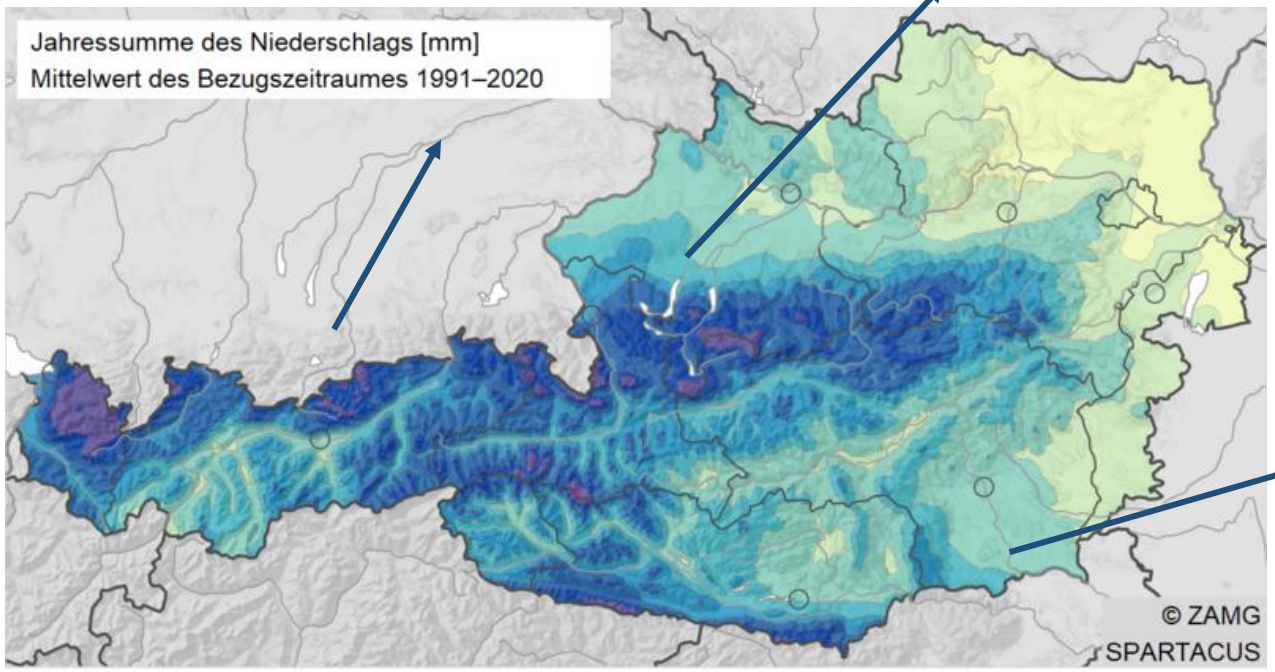


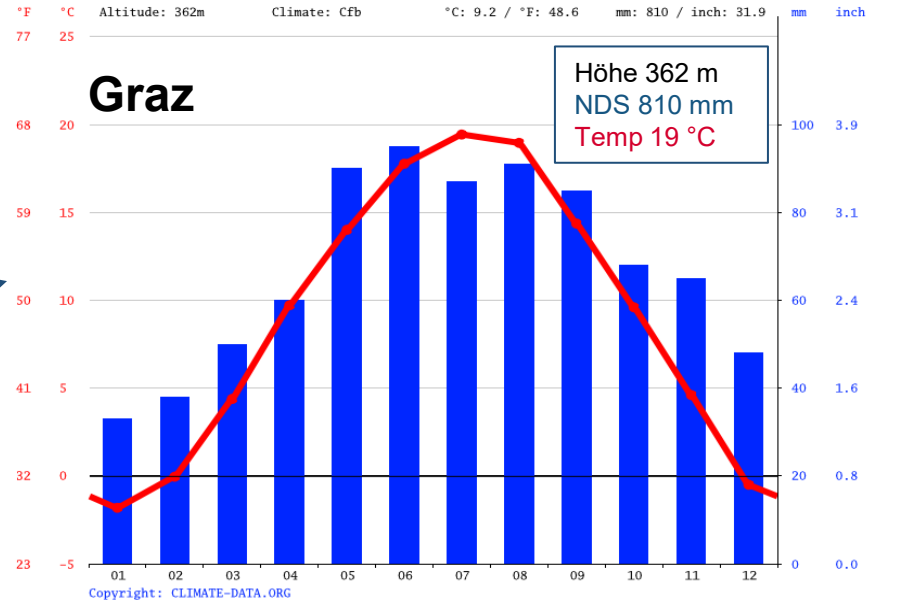
Abb. 14: Abweichung der mittleren und maximalen jährlichen Persistenz (in Tagen) des trockenheitsrelevanten Zirkulationstypen 14, von der langjährigen mittleren Persistenz im Beobachtungszeitraum von 1961 bis 2017 für April bis September. .


Innsbruck
Höhe 584 m
NDS 2151 mm
Temp 17 °C
Altitude: 584m
Climate: Cfb
°C: 7.3 / °F: 45.1
mm: 2151 / inch: 84.7
Copyright: CLIMATE-DATA.ORG


Salzburg
Höhe 440 m
NDS 1870 mm
Temp 18 °C
Altitude: 440m
Climate: Cfb
°C: 8.4 / °F: 47.0
mm: 1870 / inch: 73.6
Copyright: CLIMATE-DATA.ORG

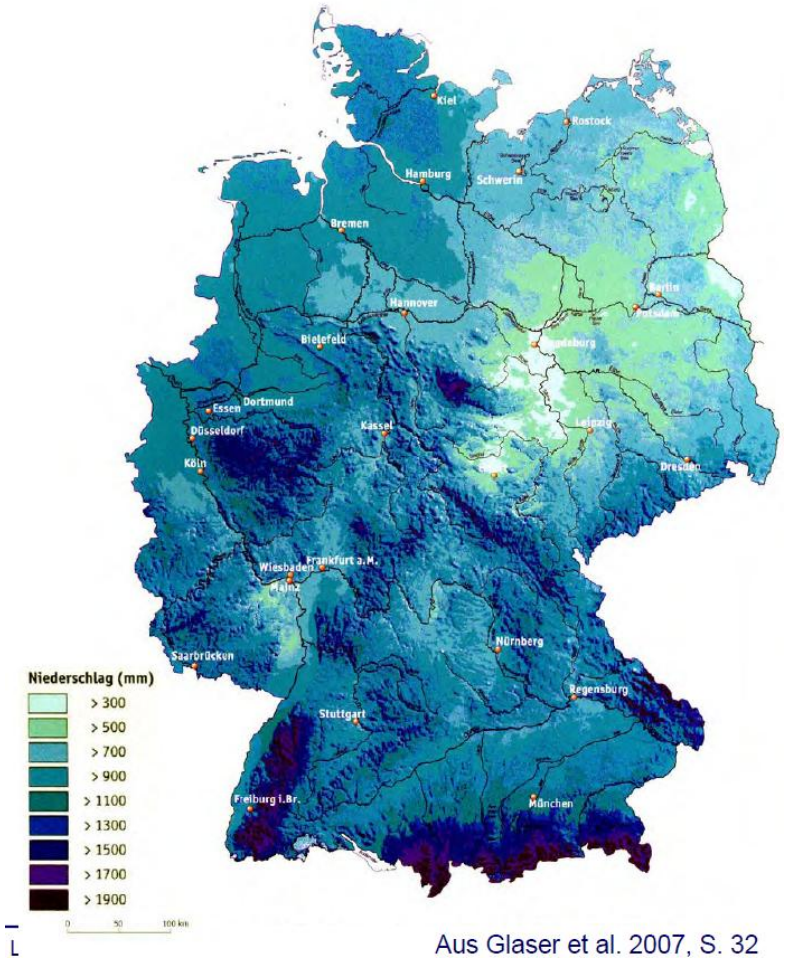

Wien
Höhe 186 m
NDS 882 mm
Temp 21 °C
Altitude: 186m
Climate: Cfb
°C: 10.9 / °F: 51.5
mm: 882 / inch: 34.7
Copyright: CLIMATE-DATA.ORG


Jahressumme des Niederschlags [mm]
Mittelwert des Bezugszeitraumes 1991–2020
© ZAMG
SPARTACUS
0 2 400 600 800 1000 1200 1400 1700 2000 2500 3000 3500

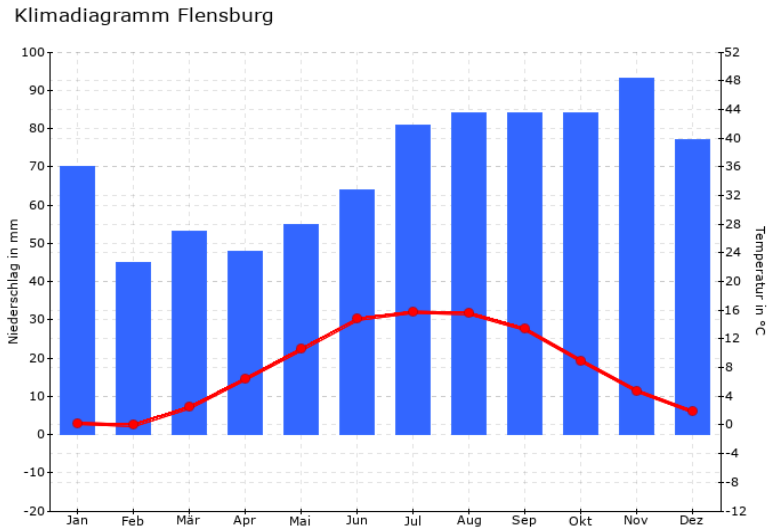

Graz
Höhe 362 m
NDS 810 mm
Temp 19 °C
Altitude: 362m
Climate: Cfb
°C: 9.2 / °F: 48.6
mm: 810 / inch: 31.9
Copyright: CLIMATE-DATA.ORG

Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

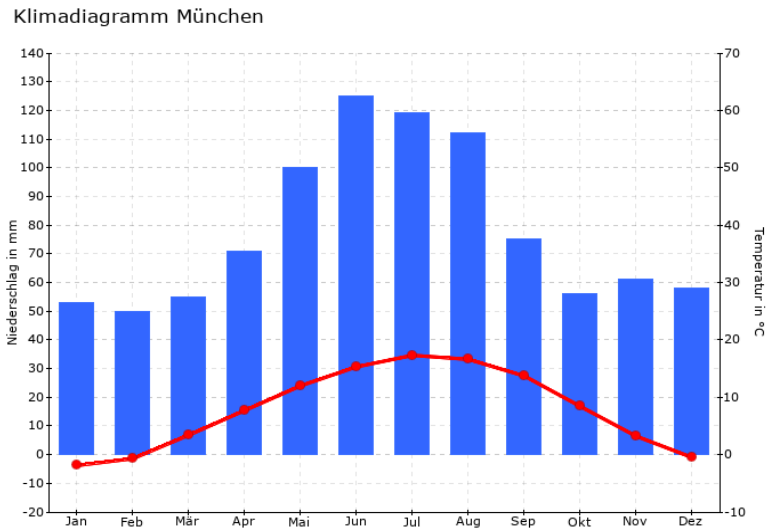
Niederschlagsverteilung in Europa



Aus Glaser et al. 2007, S. 32



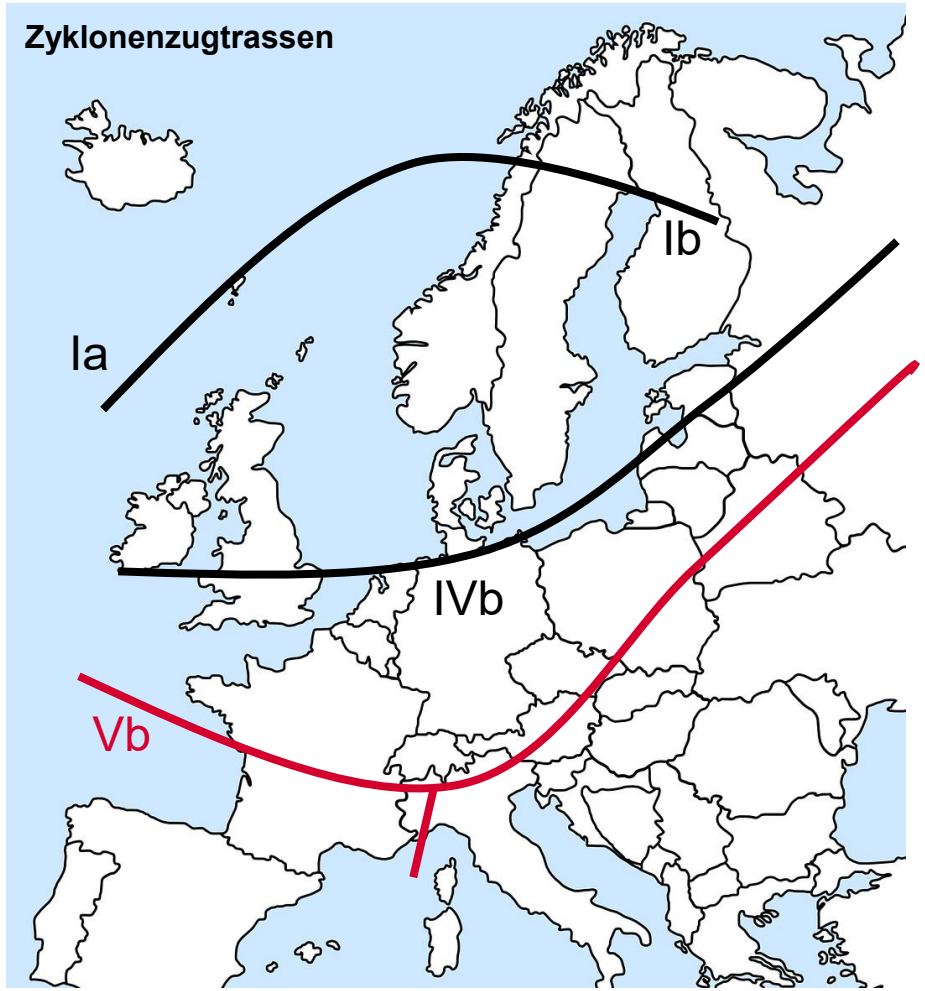
ozeanisch

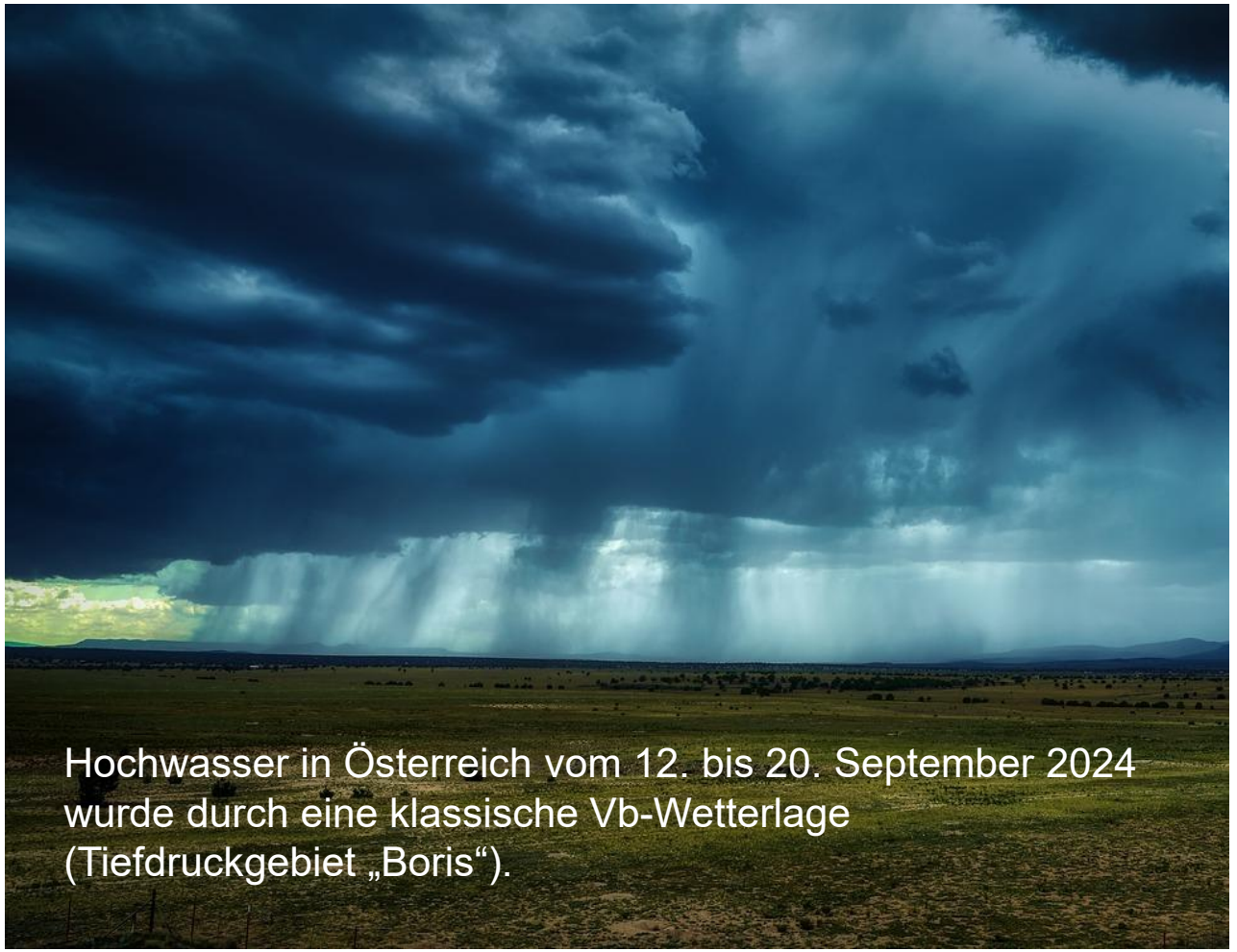


kontinental

Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Exkurs: Klimawandel - Vb Wetterlage





Inhalt

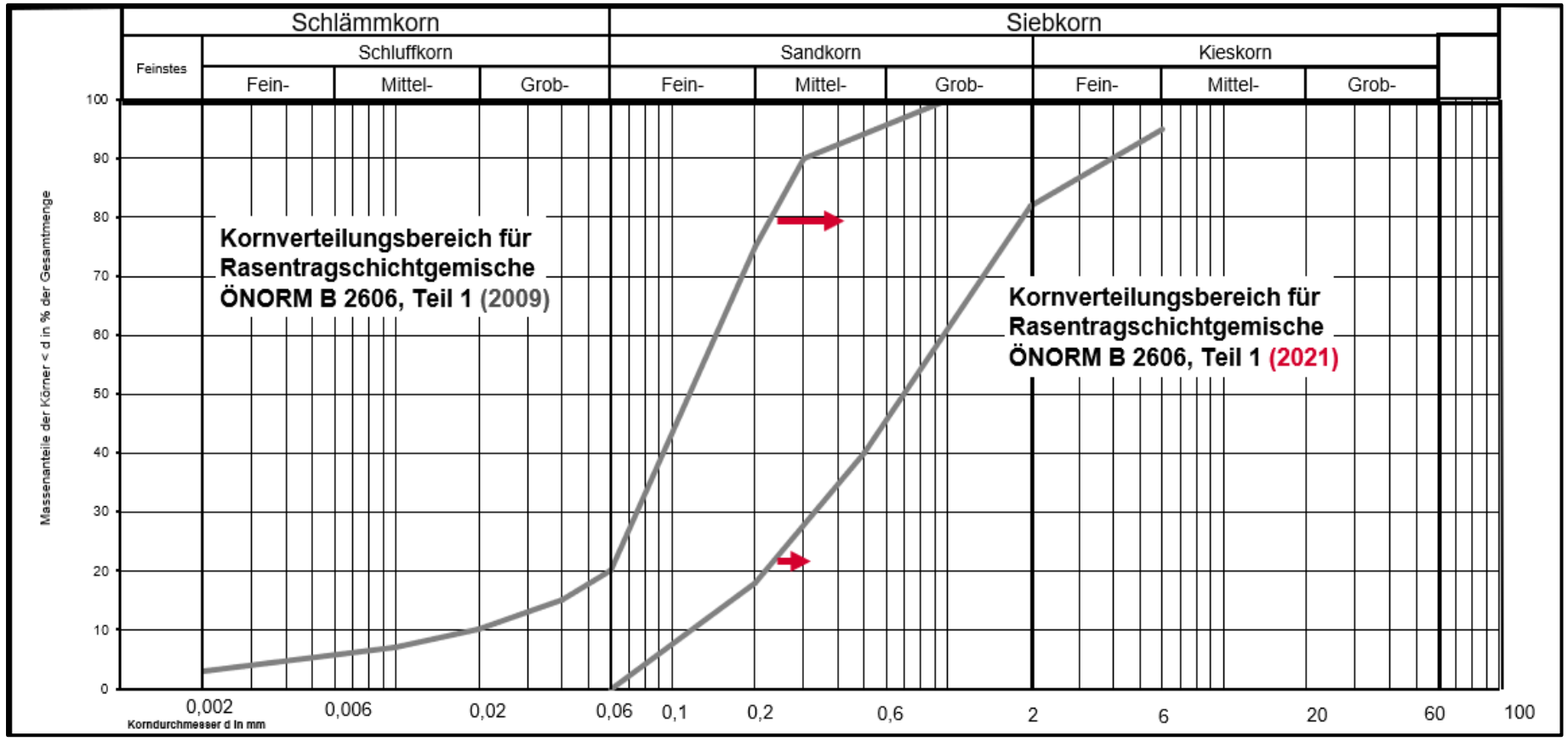
Teil 1: Die Evolutionsgeschichte der Rasengräser

Teil 2: Anwendung in der Praxis – Bedeutung des Bodens

Teil 2: Anwendung in der Praxis – Bedeutung des Bodens

Herausforderungen des Klimawandels für Sportplätze in Mitteleuropa

Anpassung der Sieblinie der RTS an **starke Niederschlagsereignisse**





Weitere Möglichkeit: Anpassung der Kornform des Besandungs-Sandes an klimatische Veränderungen.

Teil 2: Anwendung in der Praxis – Bedeutung des Bodens

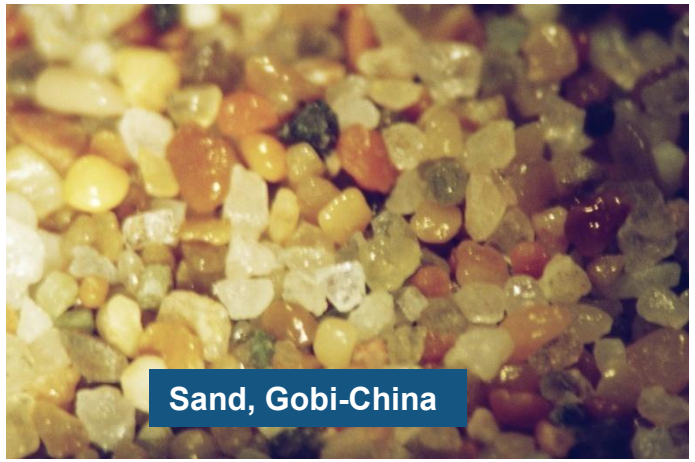
Sande







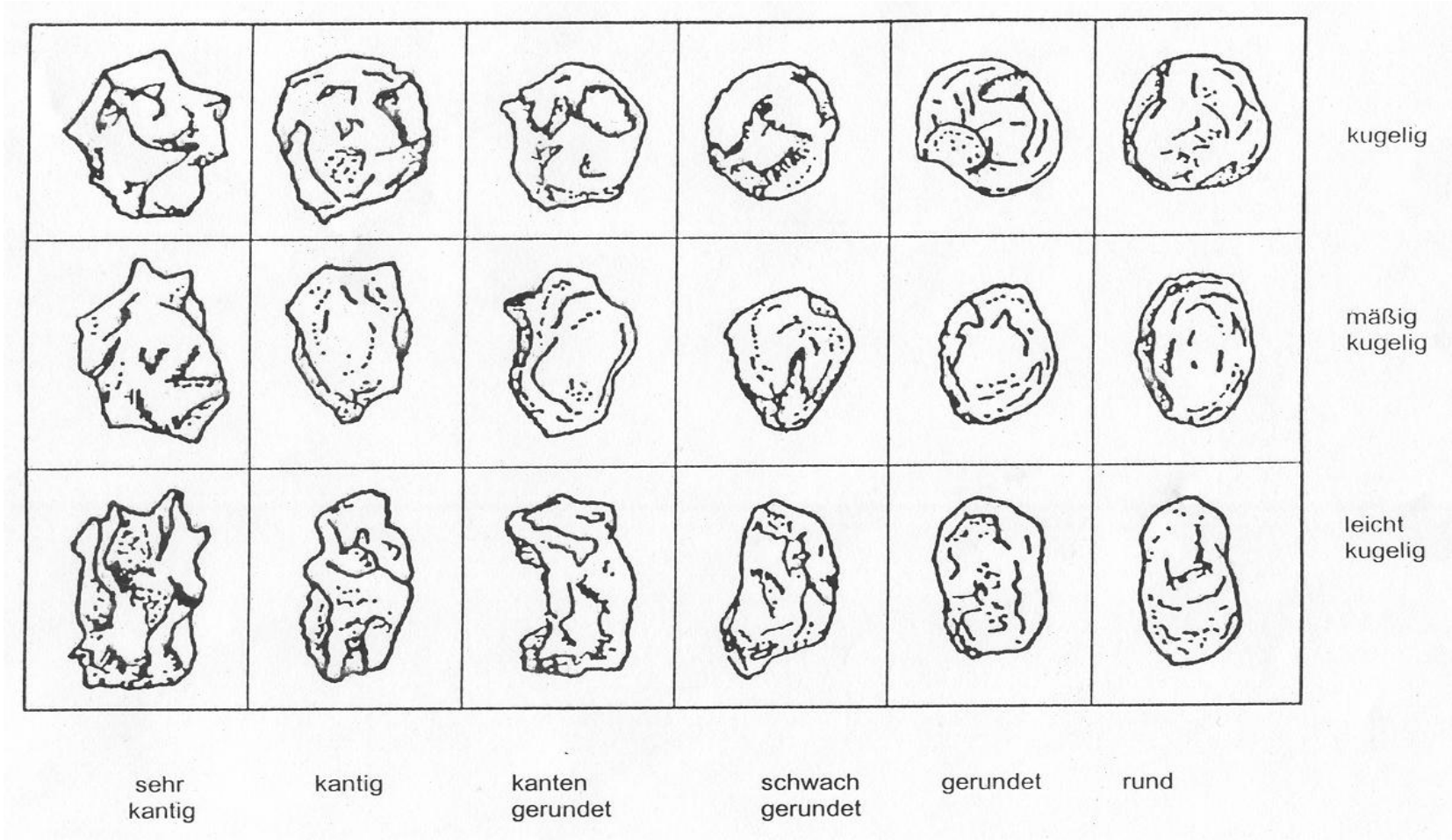


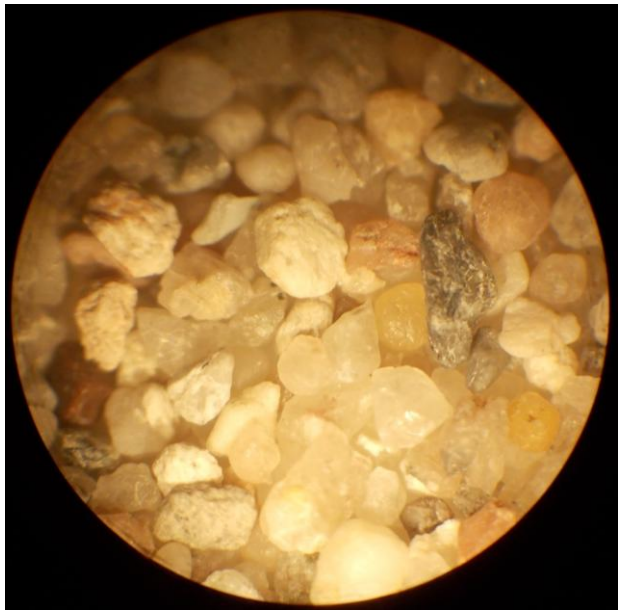




Teil 2: Anwendung in der Praxis – Bedeutung des Bodens

Kornformen (DIN EN 933-4)





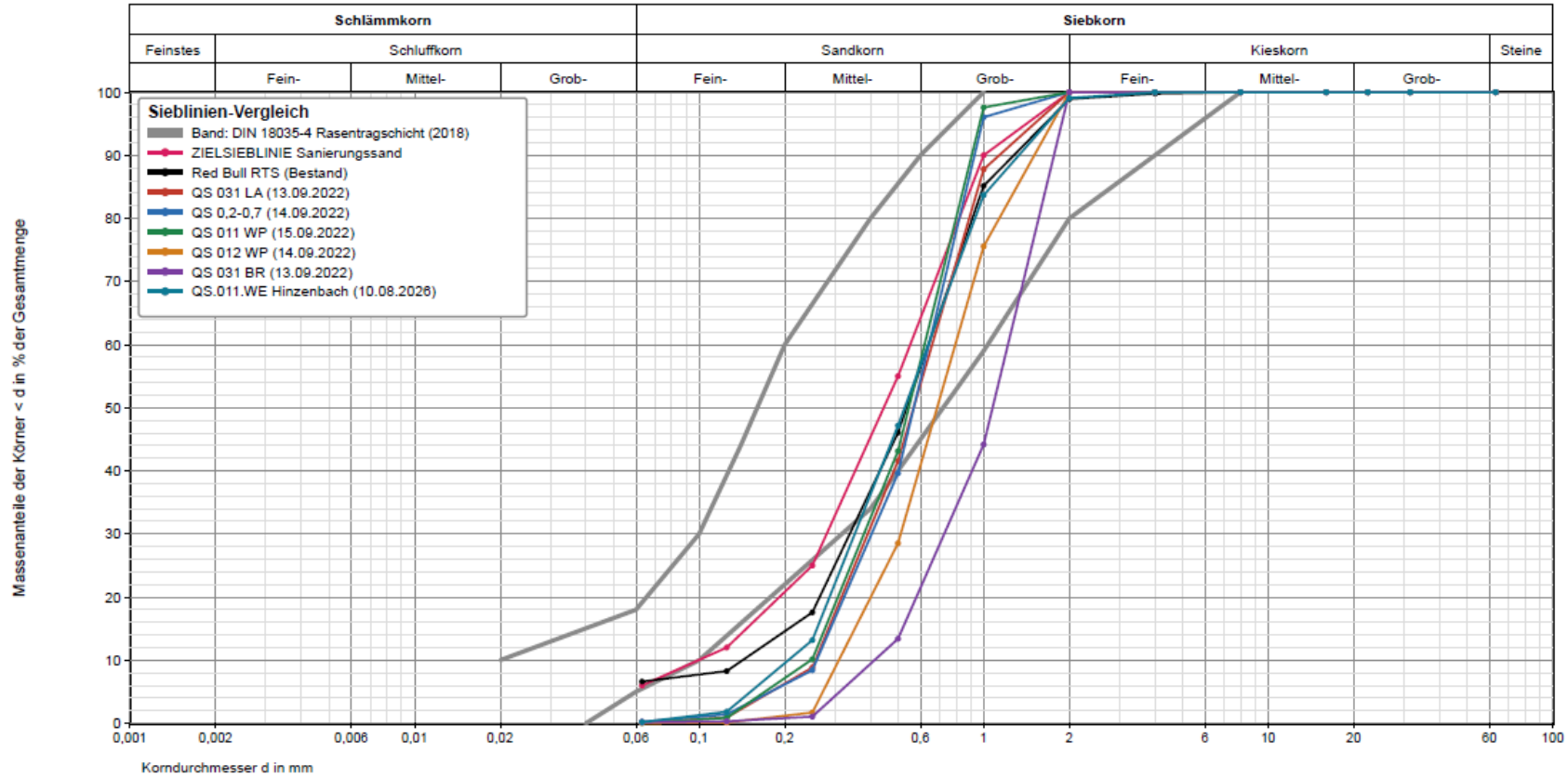
Schüttdichte

Teil 2: Anwendung in der Praxis – Bedeutung des Bodens

Anlage: Sanierungssand Fußball-RTS DIN 18035-4

Boden & Umwelt
Dr. Selina Thanheiser
Am Mittleren Moos 48
86167 Augsburg

Projekt: **Sanierungsbesandung - Zielsieblinie**
Bearbeiter: ST
Datum: 21.09.2026
Anzahl Proben: 8



Sieblinienrezept

Abstimmung des Sandes auf die bestehende Rasentragschicht.

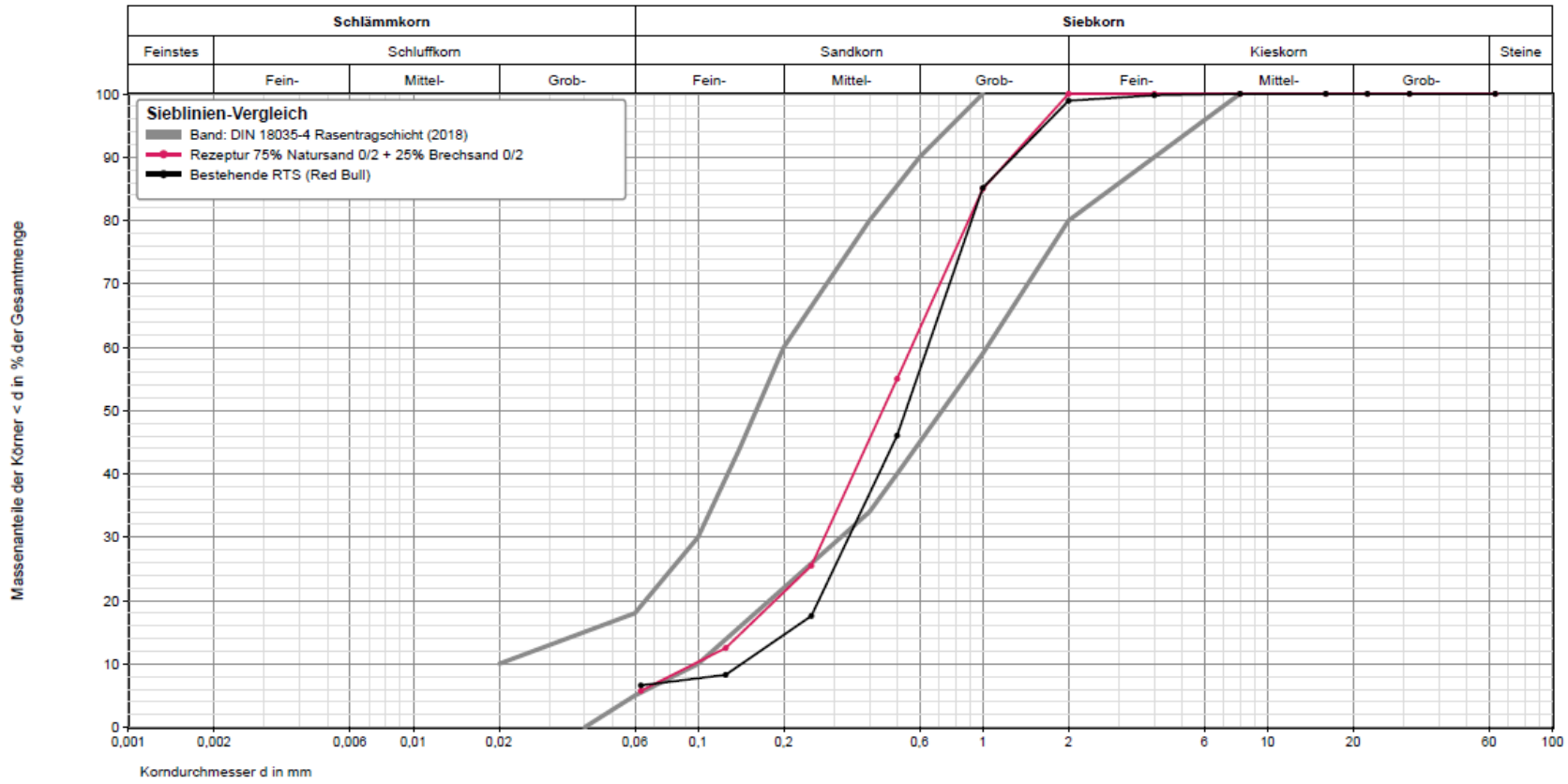
Ziel: Erhöhung der Scherfestigkeit.

Teil 2: Anwendung in der Praxis – Bedeutung des Bodens

Anlage: Sanierungsbesandung Fußball-RTS DIN 18035-4

Boden & Umwelt
Dr. Selina Thanheiser
Am Mittleren Moos 48
86167 Augsburg

Projekt: **Rezeptur 75% Natursand 0/2 + 25% Brechsand 0/2**
Bearbeiter: ST
Datum: 21.09.2026
Anzahl Proben: 2



Sieblinienrezept

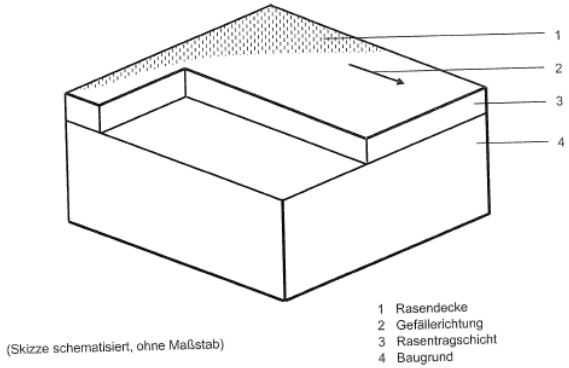
Abstimmung des Sandes auf die bestehende Rasentragschicht.

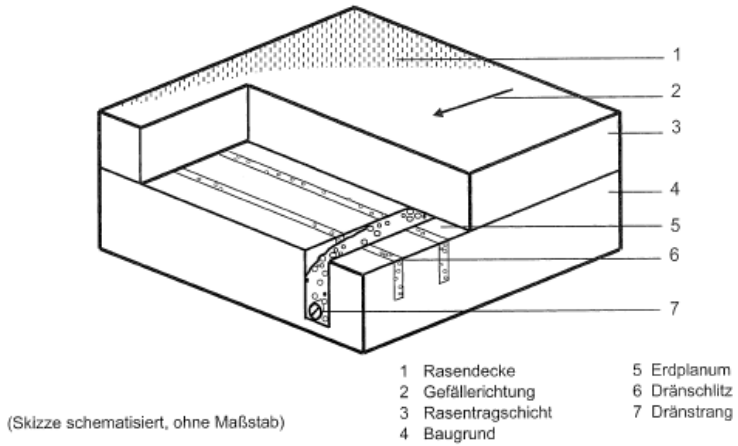
Ziel: Erhöhung der Scherfestigkeit.

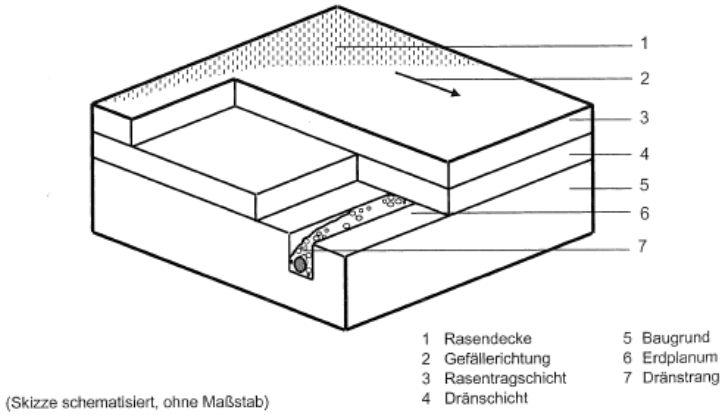
Teil 2: Anwendung in der Praxis – Bedeutung des Bodens



Bauweisen/Konstruktionen gem. FLL Golfplatzbaurichtlinie (2008)







K1

PushUp-Bauweise
Wasserdurchlässiger Baugrund

K2

Drainschlitzbausweise
Baugrund mit unzureichender Wasserdurchlässigkeit

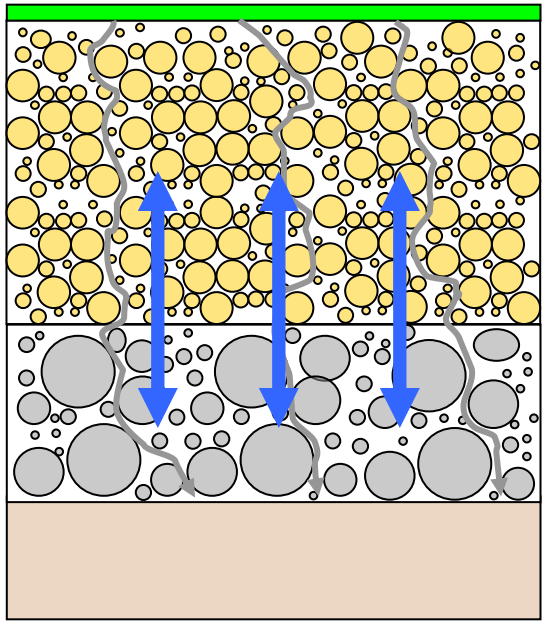
K3

Draischichtbauweise
Baugrund mit unzureichender Wasserdurchlässigkeit und nicht genügend tragfähig

Teil 2: Anwendung in der Praxis – Bedeutung des Bodens

Konstruktionsprinzipien von Greens im Vergleich FLL / USGA

FLL (K 3)



Rasentragschicht

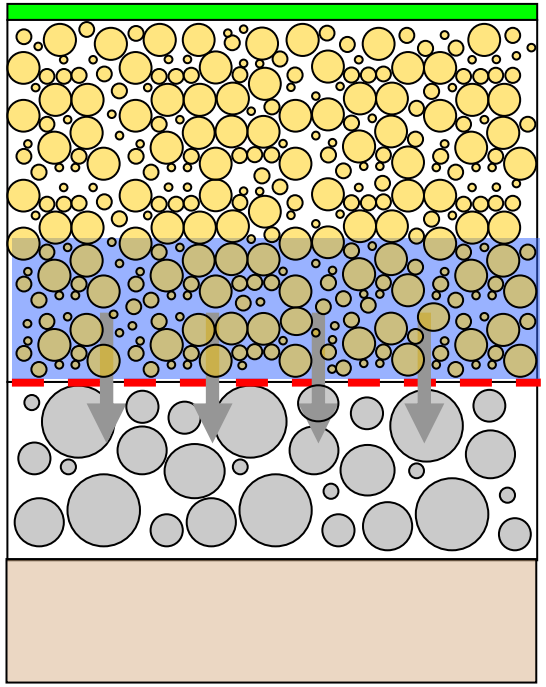
25 cm – 30 cm

Dränschicht

12 cm – min. 10 cm

Baugrund

USGA



Prinzip: **Porenkontinuität**
→ gleichmäßiger Wasserabfluss
→ gleichzeitig Wasserspeicherung
→ Wassereinstau vermeiden

Prinzip: **Kapillarbruch**
→ Saugspannung der Poren in der RT ist höher als in der Dränschicht
→ Wasser staut in RT ein
→ erst wenn Eigengewicht des Wassers höher ist erfolgt Entwässerung

Teil 2: Anwendung in der Praxis – Bedeutung des Bodens



Diatomit
Diatomeenerde, gesintertes, diatomisches Kieselalgen-Granulat



Liapor
oder Blähton ist kalkarmer Ton mit fein verteilten organischen Bestandteilen.





Zeolith
Natürlich vorkommendes Mineral mit negativer Oberflächenladung

Aktuelle Forschung

Teil 2: Anwendung in der Praxis – Bedeutung des Bodens

Bodenmikrobiom = Gesamtheit aller Bodenorganismen, wie z.B. Bakterien und Pilze

Probennahme mit dem Rasenprofilstecher → Isolation des enthaltenen Erbguts: Pflanze, Bakterien, Pilze etc. → Shotgun-DNA Sequenzierung

↓

DNA in der Probe wird in kleine Stücke zerlegt und abgelesen.

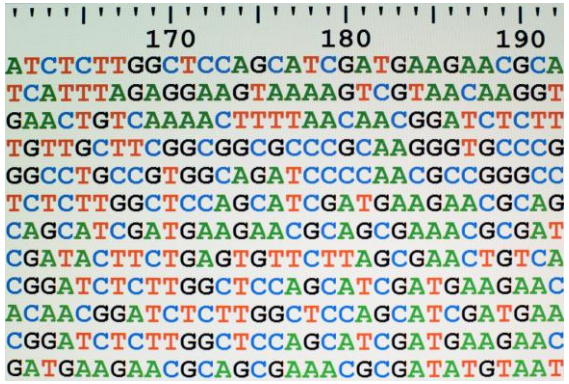
↓

Abgelesene Stücke werden wieder zusammengesetzt und mit bekannten DNA Sequenzen abgeglichen

↓

Identifikation der Bodenmikroben und deren Funktion im Boden, z.B. Nährstofffreisetzung, Filzabbau ... → Berechnung von Bodengesundheitsindices aus:

- identifizierten Organismen
- Verhältnisse versch. Organismen zueinander



Optimierung von:

- Wasserspeicherkapazität
- Nährstoffnutzung
- Filzabbau
- Pathogenmanagement

NEU: Bakterienanalyse

Dauer: 3-6 Wochen für Sequenzierung und Berichterstellung

Langfristiges Bodenmanagement-Werkzeug

Teil 2: Anwendung in der Praxis – Bedeutung des Bodens

Frühzeitige Identifikation von Rasenpathogenen und deren Fungizidresistenzen für gezielte und effiziente Behandlung

Probennahme an der betroffenen Stelle → Isolation des enthaltenen Erbguts: Pflanze, Bakterien, **Pathogen** etc. → PCR Analyse

↓

mit kurzen, hochspezifischen DNA Stücken wird nach der passenden Pathogen DNA “geangelt”

↓

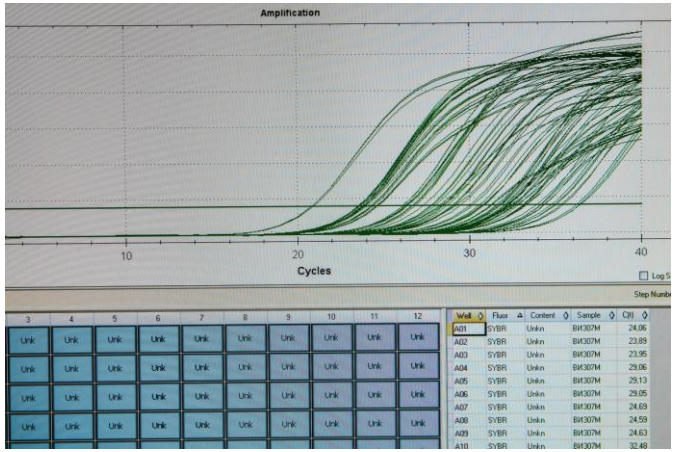
Pathogen-DNA vorhanden ⟶ der DNA Abschnitt wird vervielfältigt und messbar
keine Pathogen-DNA vorhanden ⟶ keine Vervielfältigung, kein messbares Signal

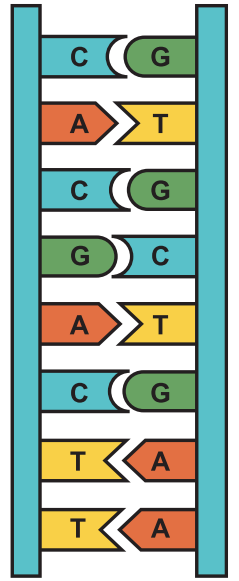
↓

selbes Prinzip für Nachweis von Fungizidresistenzen

↓

Berichterstellung





NEU: Resistenzanalyse

Dauer: 48 h

Akut-Diagnose bei Verdacht oder Symptomen

Teil 2: Anwendung in der Praxis – Bedeutung des Bodens

Probenahme

Probenbezeichnung/ Parameter	Green 7 Probe 1 0 – 5 cm	Green 7 Probe 2 5 – 15 cm	
Phosphor P_2O_5 [mg/100 g]	6,4	6,0	+0,4
Kalium K_2O [mg/100 g]	12,7	4,1	+8,6
Magnesium Mg [mg/100 g]	9,1	5,6	+3,5

Tabelle 6: Nährstoffgehalt



Bei jeder Analyse entscheidet die Probenahme über das Ergebnis!

Literatur & Quellen

Hinweis: Nachfolgend sind alle Fachliteratur- sowie Internetquellen angegeben. Abbildungen oder Fotos ohne Quellen sind selbst erstellt durch Georg Armbruster & Selina Thanheiser.

Baumhauer R., Hans-Dieter Haas [Hrsg.] (2006): Geomorphologie, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1990): Das Bundes-Bodenschutzgesetz, http://www.bmu.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/das- bundes-bodenschutzgesetz/ (7.5.2013) Fiedler H. [Hrsg.] (1990): Bodennutzung und Bodenschutz, Berlin, Birkhäuserverlag Ingeneurbüro für Materialreports und Umweltanalytik GmbH http://www.ifmu.de/posts/neue-din-4220-61.php (29.4.2013) Kuntze H. et al. (1994): Bodenkunde 5. Auflage, Stuttgart, Eugen Ulmer UTB Verlag Scheffer F. et al. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde 16. Auflage, Heidelberg, Spekturm Verlag Schroeder D. (1992): Bodenkunde in Stichworten, Auflage 5, Berlin Ahnert F. (2009): Einführung in die Geomorphologie. 4. Aufl. Ulmer UTB Verlag. Stuttgart. Zepp H. (2014): Geomorphologie. Eine Einführung. 6. Aktualisierte Aufl. UTB Schöningh. Paderborn. Al Amoudi, O. S. B., Asi, I. M., Wahhab, A.-A., Khan, A. Z. (2002): Clegg Hammer—California-Bearing Ratio Correlations. In: Journal of Materials in Civil Engineering. November / December 2002, S. 512-523 Audacity (2016): Verfügbar unter: http://www.audacity.de/ Zugriff: 06.10.2016 Baader, P. (2015): Vergleichende wissenschaftliche Untersuchungen an Systemen zur Kunststoffarmierung von Rasentragschichten und Rasennarben im Sportplatzbau. (kurz: Prüfung Hybridrasensysteme. Vortrag: Deutsche Rasengesellschaft. Basel Barsch, H., Billwitz, K., Scholz, E. (1984): Labormethoden in der physischen Geographie. VEB Hermann Haack. Geographisch-Kartographische Anstalt. Gotha. Beard, J. B. Sifers, S. I. (1993): Stabilization and Enhancement of Sand-modified Root Zones for High Traffic Sport Turf with Mesh Elements. A Randomly Oriented, Interlocking Mesh Inclusion System. Texas Agricultural Experiment Station and Department of Soil and Crop Science. Texas A&M University System. Brosnan JT, Mc Nitt AS, Serensits TJ (2009): Effects of varying surface characteristics on the hardness and traction of baseball field playing surfaces. Pennsylvania. Carré MJ, Haake SJ (2004): An examination of the Clegg impact hammer test with regard to the playing performance of synthetic sports surfaces. In: Sports Engineering 7: 121–129 Chivers I., Aldous D. (2004): Performance monitoring of grassed playing surfaces for Australian rules soccer. Journal of Turfgrass and Sports Surface Science 70, S. 73-80. Clegg, B. (1976): An impact testing device for in situ base course evaluation. In: ARRB Proceedings. 8 (8), 1-6 Clegg, B. (1980): An impact Soil Test as Alternative to California Bearing Ratio. 3. ANZ Geomechanics Confernece, Wellington, NZ Clegg, B. (1992): Clegg Impact Soil Tester. Testing recreation turf with the Clegg Impact Soil Tester. Newsletter, Baden Clegg PTY Ltd, Jolimont, Western Australia Verfügbar unter: http://sdinst.com/sites/default/files/downloads/nl11rev2.pdf Zugriff: 08.10.2017 Desso Sports Systems (2017): Verfügbar unter: http://www.dessosports.com/de/hybridrasen Zugriff: 01.10.2017 DWD - Deutscher Wetterdienst (2017): Klimadaten Deutschland https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/klimadatendeutschland.html Zugriff: 07.07.2017 Eurogreen (2017): Verfügbar unter: https://www.eurogreen.de/Neu-bei-EUROGREEN-Hybridrasen-173.html Zugriff: 09.09.2017 EuroSportsTurf (2017): Verfügbar unter: https://www.eurosportsturf.com/ Zugriff: 21.09.2017 Fairbrother, S., McGregor, R., Aleksandrov, I. (2010): Development of a Correlation Equation between Clegg Impact Values and California Bearing Ratio for In-Field Strength Assessment of Forest Road Subgrades. School of Forestry, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand FIFA (2016): Spielregeln 2015/2016. Verfügbar unter: http://de.fifa.com/mm/Document/FootballDevelopment/Refereeing/ 02/36/01/11/LawsofthegamewebDE_German.pdf Zugriff:03.07.2016 Frey W., Lösch R. (2014): Geobotanik. Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. 3 Aufl. Berlin. Gelernter W., Larry J., Stowell J. (2006): Getting a grip on greens firmness. In: Pace Insights. 12 (1) Turfgrass Research Institute, San Diego, CA Halm, D., Gaiser, T., Stahr, K. (1997): Messwertkorrektur und Kalibrierung von TDR-Sonden in Abhängigkeit von der Bodenart und Lagerungsdichte. Institut für Bodenkunde und Standortlehre Universität Hohenheim, Stuttgart. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. 85 (1), 93-96. Heibaum, M. (2007): Hydraulische Anwendungen von Geokunststoffen. In: Geotechnik, 30:2, 95-107. Linde D (2005): Assessing golf course conditions in New Zealand. A benchmarking study of golf courses throughout the country allowed a New Zealand group to develop a database for advising superintendents and club managers. In: Golf course management. 73 (2), S. 110-113 Mathur, T. S., and Coghlans, G. T. (1987): The use of the Clegg impact tester in managing and designing aggregate-surfaced roads. Transportation Research Board, 4th Int. Conf. On Low- Volume Roads, 1, Washington, D.C., S. 232–236. Nonn, H. (2017): Vorsitzender deutsche Rasengesellschaft e.V. im schriftlichen Interview mit Selina Thanheiser, Augsburg, 17. November 2017 (Abschrift in Anhang) Nonn H. (2017): Oberflächenhärte – ein wichtiger Qualitätsparameter für Fußballrasen. In: Rasen Turf Gazon. Manuskript DRG Rasen. Vol. 10, S. 1-5 Verfügbar unter: http://www.rasengesellschaft.de/content/rasenthema/2017/10_2017.pdf Zugriff: 17.02.18 Orchard, J. (2001): The AFL Penetrometer Study: Work in Progress. Sports Medicine Unit, University of New South Wales, New South Wales, Australia. In: Journal of Science and Medicine in Sport 4 (2), S. 220-232 Otago, L., Swan, P., Chivers, I., Finch, C., Payne, W., Orchard, J. (2007): Ground Conditions and Injury Risk. Implications for Sports Ground Assessment Practices in Victoria. School of Human Movement and Sport Sciences University of Ballarat. Prinz, H, Strauß, R (2011): Ingenieurgeologie. 5. bearb. und erw. Aufl., Heidelberg Saunders, N., Twomey, D., Otago, L. (2011): Clegg Hammer Measures and Human External Landing Forces: Is There A Relationship. International Journal of Sports Science and Engineering. Vol. 5 (4), S. 31-236 Schaal, A. (2017): Planung und Bau von Fußball-Hybridrasenspielfeldern. Im Gespräch mit Selina Thanheiser, Augsburg, 03. August 2017 (Abschrift in Anhang) Scheffer, F., Schachtschabel, P., Blume, H.-P., Brümmer, G.W., Horn, R. Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretzschmar, R., Stahr, K., Wilke, B.-M. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde 16. Auflage. Spektrum Verlag. Heidelberg. SD Instrumentation (2014): Clegg Impact Soil Tester. Verfügbar unter: http://www.sdinst.com/ Zugriff: 11.04.2016 SD Instrumentation (o.J.): CIST/883/Stor/Blu. Clegg Impact Soil Tester – 2,25 Kg Model. Single Drop Display Reading in Gravities (Gm). Operating Manual. Version 1.25 Sleat W., O'Donoghue P., Hughes M., Bezodis I. N. (2016): The influence of natural grass surface hardness on path changes, locomotive movements and game events in soccer: a case study. Cardiff School of Sport, Cardiff Metropolitan University, Cyncoed Campus, Cardiff, UK Thanheiser S. (2017): Fotodokumentation während der Felduntersuchungen und Erstellung der Sieblinienbänder Thanheiser S., Grashey-Jansen S., Armbruster G. (-in press-): Hardness measurement of soccer fields: Study on natural and hybrid turf soccer fields. Twomey D. M., Finch F. C., Lloyd G. D., Elliot C. B., Doyle L. A. T. (2012): Ground hardness and injury in community level Australian football. In: Journal of Science and Medicine in Sport. (15) 1, 305-310 Verfügbar unter: http://www.jsams.org/article/S1440-2440(11)00477-4/pdf Zugriff: 04.07.16 Woodward, W. D. H., Woodside, A. R. (2004): Predicting the performance of type 1 Slate Aggregate. Transport & Road Assessment Center, University of Ulster. www.wwa-n.bayern.de/ (2020) Umweltbundesamt (2013) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR (2013) deutschlandkartes.blogspot.com/ (2020), Wikipedia (2020), https://www.hlnug.de/static/medien/boden/fisbo/erfstd/show_entry_30427_147.html, : http://geotip.igt.ethz.ch/ (2020), hypersoil.uni-muenster.de/0/03/04.htm (2020), https://de.climate-data.org/ (2020), https://www.fug-verlag.de/, https://hypersoil.uni-muenster.de/0/03/01.htm, Schrumpf, Trumbore (2011)

Literatur & Quellen

Amelung, Wulf; Blume, Hans-Peter; Fleige, Heinrich; Horn, Rainer; Kandeler, Ellen; Kögel-Knabner, Ingrid et al. (2018): Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde. Unter Mitarbeit von Thomas Gaiser, Jürgen Gauer, Nina Stoppe, Sören Thiele-Bruhn und Gerhard Welp. 17., überarb. u. erg. Auflage 2018. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Lehrbuch).

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR (2013): Bodenübersichtskarte Deutschland

Bundesministerium für Entwicklung und Landwirtschaft Deutschland (2024): Boden Entwicklungsreihe auf Löss. Web: https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/bodenschutz/boden2021.html#:~:text=Auf%20L%C3%B6ss%20entwickeln%20sich%20Pararendzinen,von%20Zuckerr%C3%BCben%20und%20Mais%20genutzt.

Oschmann, Wolfgang (2021): Evolution der Erde. Geschichte der Erde und des Lebens. 3., korrigierte Auflage. Bern: Haupt Verlag (UTB für Wissenschaft : Uni-Taschenbücher, 4401).

Umweltbundesamt (2024): Web: https://www.umweltbundesamt.de/ (2024)





Zwischen Eiszeit und Hitzewelle -

Die Evolution der Rasengräser und ihre Anpassung

BODEN & UMWELT
DR. SELINA THANHEISER

Dr. rer. nat. Selina Thanheiser
Boden & Umwelt
Am Mittleren Moos 48, 86159 Augsburg
Tel.: +49 160 / 7946336
info@st-boden.de
www.st-boden.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!