

**Pflanzensoziologie und bodenkundliche Aspekte der Grünlandbewirtschaftung**

Andreas Bohner

raumberg-gumpenstein.at

---

---

---

---

---

---

---

---

**Grundbegriffe**

**Flora** ⇒ die Gesamtheit aller Pflanzenarten eines bestimmten Gebietes

**Vegetation** ⇒ die Gesamtheit aller Pflanzengesellschaften eines bestimmten Gebietes

**Areal** ⇒ Verbreitungsgebiet einer Pflanzenart

**Standort** ⇒ die Gesamtheit aller für die Pflanze an ihrem Wuchsplatz maßgeblichen Umweltfaktoren; ökologischer Begriff

**Fundort** ⇒ Lokalität des Vorkommens einer Pflanze; geographischer Begriff

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie

---

---

---

---

---

---

---

---

**Grundbegriffe**

- **Biotop** ⇒ charakteristischer Lebensraum einer Lebensgemeinschaft (Biozönose) verschiedener Pflanzen- und Tierarten mit ihren typischen Umweltbedingungen
- **aktuelle Vegetation** ⇒ gegenwärtige, reale Vegetation

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie

---

---

---

---

---

---

---

---

## Grundbegriffe

**potentiell natürliche Vegetation** ⇒ Vegetation, die sich spontan ohne menschlichen Einfluss entwickeln würde

**ursprüngliche Vegetation** ⇒ vor der Jungsteinzeit tatsächlich vorhandene Vegetation

**Interspezifische Konkurrenz** ⇒ Konkurrenz zwischen Individuen verschiedener Pflanzenarten

**Intraspezifische Konkurrenz** ⇒ Konkurrenz zwischen Individuen einer Pflanzenart

**physiologisches Optimum** ⇒ Optimum ohne interspezifische Konkurrenz; Verhalten in Reinkultur

**ökologisches Optimum** ⇒ Optimum bei interspezifischer Konkurrenz; Verhalten in Mischkultur

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Grundbegriffe

**Ökologische Valenz** ⇒ Amplitude der Lebensbedingungen, innerhalb der eine Pflanzenart zu gedeihen vermag

**Konkurrenzkraft** ⇒ Verdrängungsvermögen einer Art (konkurrenzkräftige – konkurrenzschwache Arten); die Konkurrenzkraft einer Art ist nicht konstant, sie ändert sich mit dem Standort, der Art der Bewirtschaftung und Intensität der Nutzung

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Grundbegriffe

**Störung** ⇒ Faktoren, die die pflanzliche Biomasse teilweise oder gänzlich zerstören (z.B. Mahd, Beweidung, Tritt, Lawinen); verursacht strukturelle Veränderungen einer Lebensgemeinschaft

**Stress** ⇒ Belastung durch Umweltfaktoren (Hitze stress, Kältestress, Trockenheitsstress, Säure- und Nährstoffstress, etc.)

**Sukzession** ⇒ Ablösen einer Pflanzengesellschaft durch eine andere infolge Änderung von abiotischen und biotischen Umweltfaktoren (primär-sekundär)

**Fluktuation** ⇒ kurzfristige Veränderungen innerhalb einer Pflanzengesellschaft (insb. Veränderung der Dominanzverhältnisse von Arten) (diurnal-saisonal)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Grundbegriffe

**Pioniergesellschaft** ⇒ Pflanzengesellschaft, die in neue Gebiete oder noch unbesiedeltes Gelände vordringt  
**Dauergesellschaft** ⇒ Pflanzengesellschaft, die sich auf Grund bestimmter Standortfaktoren nicht zur Klimaxgesellschaft weiterentwickelt (azonale Vegetation)  
**Klimaxgesellschaft** ⇒ klimatisch bedingte Schlussgesellschaft der Vegetationsentwicklung (zonale Vegetation)  
**Ersatzgesellschaft** ⇒ durch Bewirtschaftung entstandene Pflanzengesellschaft (Wiese, Weide)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Grundbegriffe

**Assoziation** ⇒ Pflanzengesellschaft von bestimmter floristischer Zusammensetzung, einheitlichen Standortbedingungen und einheitlicher Physiognomie (lokal-territorial)  
**Kennarten** ⇒ Arten, die eine enge Bindung an eine bestimmte Pflanzengesellschaft aufweisen; sie kommen in einer bestimmten Assoziation schwerpunktmäßig vor und haben eine enge ökologische Amplitude (lokal-territorial)  
**Differentialarten** ⇒ Arten, die innerhalb von Assoziationen Untereinheiten (z.B. Subassoziationen, Varianten) mit gleichartigen ökologischen Zuständen unterscheiden

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Grundbegriffe

**Begleiter** ⇒ allgemein verbreitete, in vielen Pflanzengesellschaften vorkommende Arten mit weiter Standorts-Amplitude  
**Soziologisch-ökologische Artengruppen** ⇒ Arten mit ähnlichem soziologisch-ökologischen Verhalten; dienen vor allem zur Charakterisierung Kennarten-armer Pflanzengesellschaften; geben Aufschluss über die Stärke eines bestimmten Standortfaktors in einer Pflanzengesellschaft  
**vikariierende Arten** ⇒ nahe verwandte Arten, die ökologisch unterschiedliche Standortsansprüche haben und sich gegenseitig vertreten  
**Stetigkeit** ⇒ Häufigkeit einer Art in einer bestimmten Pflanzengesellschaft

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Grundbegriffe

**Fazies** ⇒ Vorherrschen einzelner Arten (Dominanz)  
**Formation** ⇒ physiognomisch-ökologisch einheitliche Pflanzengemeinschaft (Wiese, Weide, Laubwald etc.)  
**Aspekt** ⇒ Aussehen einer Pflanzengemeinschaft zu einer bestimmten Jahreszeit  
**Deckungsgrad in %** ⇒ senkrechte Projektion des Blattwerkes auf die Aufnahme­fläche ausgedrückt in % der Gesamtaufnahme­fläche; dient zur Bestandesbeurteilung  
**Ertragsanteil in %** ⇒ Ertragsanteile aller Arten ausgedrückt in %; dient zur Ertragsbeurteilung

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Grundbegriffe

**Lückenanteil** ⇒ Flächenanteil des offenen Bodens; vermittelt ein Bild von der Geschlossenheit der Grasnarbe  
**Gruppendeckungsgrad** ⇒ Summe der Deckungsgrade der einzelnen Arten einer Gruppe im Verhältnis zur Summe der Deckungsgrade aller Arten der jeweiligen Vegetationsaufnahme  
**Gesetz der relativen Standortskonstanz** ⇒ eine Art entwickelt unter verschiedenen großklimatischen Verhältnissen unterschiedliche Biotoppräferenzen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Grundbegriffe

**Grünland** ⇒ dauerhafte, von zahlreichen Pflanzenarten gebildete Vegetation mit rel. geschlossener Grasnarbe, die durch mehr oder weniger regelmäßige Mahd und/oder Beweidung gehölzfrei gehalten wird und entweder der Futter- oder Streugewinnung in der Landwirtschaft dient  
**Extensivgrünland** ⇒ einmähdige Wiesen, Streuwiesen, Hutweiden, Almen und Bergmähder  
**Wirtschaftsgrünland** ⇒ mehrmähdige Wiesen und Kulturweiden, Mähweiden  
**Dauergrünland** ⇒ älter als 10 Jahre

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Datenerhebungsmethoden im Gelände

### 1. Direkte Gradientenanalyse

Untersuchungsflächen können entlang eines wahrnehmbaren Umweltgradienten in Form eines Transektes (Probeflächen zusammenhängend) oder Profils (Probeflächen nicht zusammenhängend) angelegt werden.

2. Vergleich von nebeneinander liegenden unterschiedlich bewirtschafteten Flächen (unmittelbarer Nachbarschafts-Vergleich)

3. Vergleich von älteren und jüngeren pflanzensoziologischen Aufnahmen oder Daten auf identischen Flächen

### 4. Dauerbeobachtungsflächen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Vegetationsaufnahmen – Aufnahmezeitpunkt

- unmittelbar vor der ersten Schnitt- oder Weidenutzung
- Nachkontrolle (Frühjahrsgeophyten, Herbstblüher, kurzlebige Therophyten)
- mehrmalige Aufnahme pro Jahr: wenn man nicht nur alle Arten, sondern auch deren Deckungsgradmaximum erfassen möchte
- offener Boden und Moosdeckung: unmittelbar nach dem Schnitt oder nach der Beweidung
- insb. bei Dauerbeobachtungsflächen: Aufwuchs, phänologischer Zeitpunkt, Bestandeshöhe

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Vegetationsaufnahmen – Aufnahmefläche

- quadratische oder rechteckige, homogene Aufnahmefläche (Geologie, Boden, Geländeform, Bewirtschaftung)
- Mindestgröße/Minimumareal (50 m<sup>2</sup> im Wirtschaftsgrünland)
- Verortung mittels GPS
- Markierung (temporär-dauerhaft) im Gelände (z.B. durch Pflöcke, Metallmarken)
- Lageskizze

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

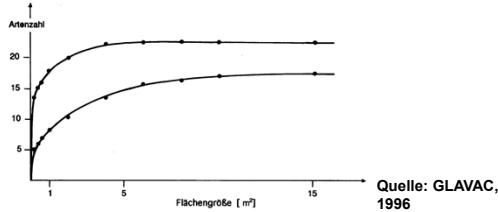
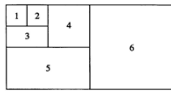
---

---

---

---

## Ermittlung des Minimumareals



Quelle: GLAVAC, 1996

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vegetationskundliche Aufnahme

- möglichst vollständige Artenliste (Gefäßpflanzen, Moose, Flechten)
- Sammlung von Herbarbelegen (unbekannte und kritische Arten)
- Schätzung des Deckungsgrades (BRAUN-BLANQUET-Skala, Deckungsprozent, Massenprozent)

Deckungsgrad: senkrechte Projektion des Blattwerkes auf die Aufnahmefläche, ausgedrückt in Prozent der Gesamtaufnahmefläche

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Schätzung des Deckungsgrades

**BRAUN-BLANQUET-Skala:**

- r = 1-2 Individuen
- + = 2-5 Individuen
- 1 = 6-50 Individuen oder Deckung < 5 %
- 2 = > 50 Individuen oder 5-25 % Deckung
- 3 = 25-50 % Deckung
- 4 = 50-75 % Deckung
- 5 = > 75 % Deckung

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Schätzung des Deckungsgrades

- Schätzung der Deckungsprozente jeder Pflanzenart (Gesamt-Deckungswerte über 100 % sind möglich)
- Schätzung der Massenprozente jeder Pflanzenart (Ertragsanteils-Schätzung) (Obergrenze: 100 %)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Allgemeine Standortsangaben

- Datum
- Geographische Lage (Bezirk, Gemeinde, Ortschaft, Katastralgemeinde, Parzellennummer)
- Geographische Koordinaten (GPS)
- Feldbezeichnung
- Seehöhe
- Hangneigung (in ° oder %)
- Exposition

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Allgemeine Standortsangaben

- Mesorelief
- Mikrorelief
- Geologischer Untergrund, Ausgangsmaterial für die Bodenbildung (Lockersediment, Festgestein)
- Bodentyp (Profilgrube, Bohrstock, Spaten)
- Bodenart (Fingerprobe)
- Humusform
- Bodengründigkeit

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Allgemeine Standortsangaben

- Wasserhaushalt
- Art der Bewirtschaftung (Wiese, Weide, Mähweide)
- Intensität der Nutzung (Anzahl der Schnitte oder Weidegänge pro Jahr)
- Art und Ausmaß der Bewirtschaftungsmaßnahmen (Menge, Häufigkeit, Art und Zeitpunkt der Düngung; Bestandespflege)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Allgemeine Standortsangaben

- Düngungs- und Nutzungsgeschichte
- Klima, Wetter, Witterung
- Anmerkungen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Angaben zur Vegetation

- Aufnahme-Nummer
- Datum
- Aufwuchs
- phänologischer Zeitpunkt (z.B. Löwenzahnblüte)
- mittlere und maximale Bestandeshöhe (cm)
- Größe der Aufnahmefläche (m<sup>2</sup>)
- Gesamt-Deckung (%)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---



### Angaben zur Vegetation

- offener Boden (%)
- Steinanteil (%)
- Deckung Streuauflage (%)
- Mächtigkeit Streuauflage (cm)
- Deckung Moose (%)
- Deckung Gehölze (Jungpflanzen, Baumkeimlinge) (%)
- Gräser-Kräuter-Leguminosen-Anteil (%)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Angaben zur Vegetation

- Nekromasse-Anteil (%)
- Schichtung (Ober-, Mittel-, Untergräser) (%)
- Vorläufige Gesellschaftsbezeichnung (Vegetationstyp)
- Artenzahl
- Kontaktvegetation
- Foto-Dokumentation

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Hinweise und methodische Probleme

- Jedes Schätzverfahren ist mehr oder weniger stark subjektiv
- Kleine Unterschiede (<5 %) nicht krampfhaft interpretieren (Schätzfehler!)
- Kleinere Deckungsgrade lassen sich genauer einschätzen als größere
- Randeffekte berücksichtigen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Hinweise und methodische Probleme

- bei Dauerbeobachtungsflächen: Vegetationsaufnahmen stets zum gleichen Aufwuchs, bei gleicher Bestandeshöhe und zum gleichen phänologischen Zeitpunkt (z.B. Löwenzahnblüte) durchführen
- Zunächst Schätzung des Gräser-Kräuter-Leguminosen-Anteils, danach Schätzung des Deckungsgrades der einzelnen Arten (zuerst Schätzung der Arten mit geringem Deckungsgrad, danach Hauptbestandbildner)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Zeigerwerte von Pflanzen (ELLENBERG et al., 1992)

- Lichtzahl (1-9)
- Temperaturzahl (1-9)
- Kontinentalitätszahl (1-9)
- Feuchtezahl (1-12)
- Reaktionszahl (1-9)
- Stickstoffzahl bzw. Nährstoffzahl (1-9)
- Salzzahl (0-9)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Zeigerwerte von Pflanzen - Probleme

- Die Konkurrenzkraft (Zeigerwert) einer Art hängt neben ihrer physiologischen Eigenschaft entscheidend von der Art und Menge an vorhandenen Konkurrenten, von ihrer Verbreitung im Areal (Entfernung zum Arealzentrum), vom Standort sowie von der Art der Bewirtschaftung und Intensität der Nutzung ab
- Zeigerwerte, die von zeitlich auseinanderliegenden Vegetationsaufnahmen stammen, können nur dann Veränderungen des Standorts anzeigen, wenn nach wie vor dieselbe Nutzungsintensität vorliegt (schnittverträglichere Pflanzenarten z.B. besitzen oft niedrigere Feuchtezahlen)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Zeigerwerte von Pflanzen - Probleme

- Gesetz der relativen Standortskonstanz
- Ökotypen
- Regionale Überprüfung, Nacheichungen
- Zeigerwerte ermöglichen bei richtiger Anwendung eine Groborientierung, sie sind aber kein Ersatz für ökologische Messungen !

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Wiesen, Mähweiden und Weiden

- sind Lebensräume vieler Pflanzen- und Tierarten
- erfüllen vielfältige ökologische Funktionen
- sind alte Kulturlandschaften
- sind Produktionsflächen für die Landwirtschaft
- prägen das Landschaftsbild (Ästhetik)
- bieten Erholungsräume für viele Menschen
- sind Wildäsungsflächen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Ökologische Funktionen des Grünlandes

- Bodenschutz (Schutz vor Erosion)
- Grundwasser- und Gewässerschutz (Schutz vor Eutrophierung, Grundwasser-Neubildung)
- Klimaschutz (Netto-Senke für Kohlenstoff)
- Lebensraum für viele Pflanzen- und Tierarten
- Biodiversität (floristische und faunistische Vielfalt, Gesellschaftsvielfalt)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Grünlandböden - Ackerböden

- höherer  $C_{\text{tot}}$ ,  $N_{\text{tot}}$ ,  $P_{\text{tot}}$  und  $S_{\text{tot}}$ -Gehalt
- höhere Aggregatstabilität
- höhere Aktivität der Bodenorganismen (Regenwürmer)
- höhere mikrobielle Biomasse und Enzymaktivitäten
- geringerer Nährstoffeintrag ins Grundwasser und in Oberflächengewässer
- geringere Grundwasserneubildungsrate
- geringere Bodenerosion (Wasser- u. Winderosion)

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

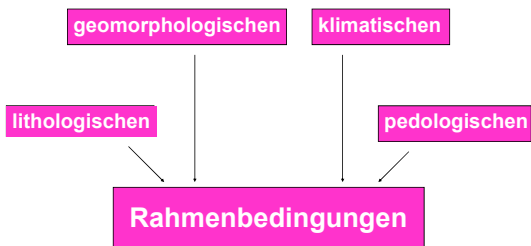
---

---

---

---

## Die natürliche Standortbonität ist eine Funktion von



Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Ausgangsmaterial der Bodenbildung – Festgesteine oder Lockersedimente

- Bodentyp
- Bodenfarbe
- Bodenart, Skelettgehalt (Grobanteil)
- Bodenstruktur
- Boden-pH-Wert, Carbonate
- Nährstoffgehalt, natürliche Hintergrundbelastung

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

- ### Wachstumsfaktoren
- Temperatur
  - Wasser
  - Pflanzennährstoffe
  - Sauerstoff
  - Kohlendioxid
  - Licht
- Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie

---

---

---

---

---

---

---

---

- ### WÄRMEHAUSHALT
- Der Wärmehaushalt eines Standortes ist abhängig von:
- **Makroklima** (geographische Breite, Ozeanität/Kontinentalität, Luv-Lee-Lage, Talform, Talrichtung, Horizonteinengung, Massenerhebung, Seehöhe)
  - **Mesoklima** (Mesorelief, Hangneigung, Exposition)
  - **Mikroklima** (Bodeneigenschaften, Pflanzenbewuchs)
- Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie

---

---

---

---

---

---

---

---

**Ozeanisches Klima**

Charakteristisch sind milde Winter und mäßig warme Sommer. Die Jahrestemperaturschwankung beträgt weniger als 18 °C und die Jahresniederschlagssumme ist größer als 750 mm → optimaler Raygras-Standort

**Kontinentales Klima**

Charakteristisch sind kalte Winter und warme Sommer. Die Jahrestemperaturschwankung beträgt mehr als 25 °C und die Jahresniederschlagssumme ist kleiner als 750 mm → kein optimaler Raygras-Standort

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

**Luv-Lage**

ozeanische Klimazüge

**Lee-Lage**

kontinentale Klimazüge

**Massenerhebung**

große Gebirgszüge sind wärmer als isolierte Einzelberge (größere „Heizfläche“) ⇒ Höhenstufen

**Reliefenergie bzw. Horizonteinengung** (Bergschatten, kürzere Sonnenscheindauer)

**Mesorelief**

Kaltluftseen in Geländevertiefungen (Temperaturinversion), wärmebegünstigte Hanglage

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

**S- und SW-Hänge:** wärmer, trockener, frühere Schneeschmelze und früherer Vegetationsbeginn, längere Vegetationsperiode, stärkere direkte Sonneneinstrahlung und erhöhte Verdunstung, höhere Austrocknungsgefahr (geringere Ertragssicherheit), krautreicher, bei ausreichender Wasserversorgung der Pflanzen ertragreicher, Wärme- und Trockenheitszeiger, längere Weidedauer und geringere Trittempfindlichkeit, leichtere Futterwerbung

**N-Hänge:** kühler, feuchter, Schneeschmelze und Vegetationsbeginn sind verzögert, kürzere Vegetationszeit, geringere direkte Sonneneinstrahlung und herabgesetzte Verdunstung, grasreicher, bei N-Mangel im Boden moosreich, Kühle- und Feuchtigkeitszeiger, kürzere Weidedauer und höhere Trittempfindlichkeit, erschwerte Futterwerbung

**W-Hänge:** günstiger als O-Hänge

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Stephan-Boltzmann'sches Gesetz

$$J = \sigma \times T^4$$

J = gesamter abgegebener Strahlungsstrom

$\sigma$  = Naturkonstante

T = absolute Temperatur der strahlenden Oberfläche

Die Ausstrahlung eines Körpers wächst mit der 4. Potenz seiner Oberflächentemperatur.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Stephan-Boltzmann'sches Gesetz

Nährstoffarme Standorte  $\Rightarrow$  höherer Kontinentalitätsgrad als vergleichbare nährstoffreiche Standorte

Düngung  $\Rightarrow$  Ertragssteigerung  $\Rightarrow$  feuchteres und kühleres Mikroklima in Bodennähe  $\Rightarrow$  begünstigt beispielsweise Geißfuß

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Lambert'sches Gesetz

$$J = \sin \beta \times J_0$$

J = Strahlungsstrom

$\beta$  = Einfallswinkel

$J_0$  = Strahlungsstrom bei senkrechtem Einfall

Je steiler die Sonnenstrahlen einfallen, umso größer ist die zugeführte Energiemenge pro Flächeneinheit.

Einfallswinkel der Strahlung: abhängig von gg. Breite, Jahreszeit, Tageszeit, Exposition, Hangneigung, Relief

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

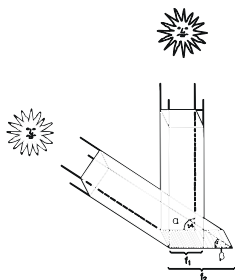
---

---

---

---

## Energiezufuhr in Abhängigkeit vom Einfallswinkel der Strahlung



### Lambert'sches Gesetz

$J = \sin \beta \times J_0$   
 $J$  = Strahlungsstrom  
 $\beta$  = Einfallswinkel  
 $J_0$  = Strahlungsstrom bei senkrechtem Einfall

Quelle: HÄCKEL, 1985

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

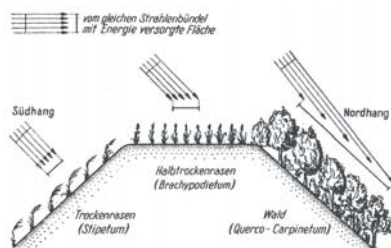
---

---

---

---

## Einfluss des Reliefs auf die Vegetation



Quelle: LERCH, 1991

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Entscheidende klimatische Umweltfaktoren

- Temperatur
- Niederschlagsart, -menge und -intensität
- Niederschlagsverteilung

Für die Vegetation, Futterertrag und Futterqualität ist

**günstig:** hohe Wärme während der Vegetationszeit verbunden mit einer ausreichenden und gleichmäßigen Niederschlagsverteilung; hohe Tageswärme und tiefe Nachttemperaturen (begünstigt Photosynthese und hemmt Atmung)

**ungünstig:** häufiger und/oder langanhaltende Trockenperioden; kühles niederschlag-, schnee- und wolkenreiches Jahr; Starkniederschläge

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Temperatur

beeinflusst

- generell alle Stoffwechselforgänge in der Pflanze
- alle chemischen, biologischen und viele physikalische Prozesse im Boden
- Geschwindigkeit der Stoffkreisläufe im Grünland-Ökosystem
- Nährstoffverfügbarkeit im Boden
- Photosynthese, Atmung, Transpiration
- Wasser- und Stoffaufnahme der Pflanzenwurzeln

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Temperatur

beeinflusst

- Mobilisierung von Reserve- und Speicherstoffen
- Pflanzenwachstum
- Wurzeltiefgang
- Samenkeimung, Blütenbildung, Reife
- Dauer der Vegetationszeit
- Länge der Weideperiode

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Temperatur

beeinflusst

- Eintrittstermin pflanzenphänologischer Phasen
- Nutzungsempfindlichkeit der Grünlandpflanzen
- Artenzusammensetzung der Vegetation → Futterertrag, Futterqualität

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Van 't Hoff'sche Regel

Innerhalb physiologischer Grenzen bewirkt eine Steigerung der Temperatur um jeweils 10 °C, dass die Reaktionsgeschwindigkeit der Stoffwechselprozesse eine Beschleunigung um das 2- bis 3fache erfahren.

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Temperatur

- Günstige Assimilationstemperatur für Pflanzen: rd. 20 °C
- Temperaturoptimum der meisten Bodenorganismen: 10-35 °C
- Optimale Temperatur für N-Mineralisation: rd. 25 °C

Wachstumsperiode: Zeit, während der die Tages-Mitteltemperatur 5 °C übersteigt (mind. 100 Tage)

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

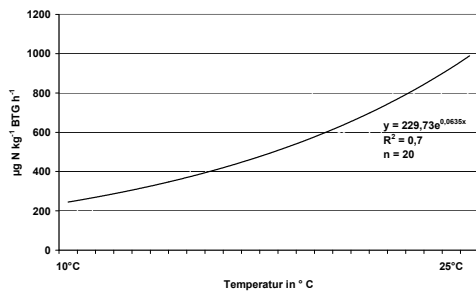
---

---

---

---

## Brutto-Nitrifikationsrate im Boden in Abhängigkeit von der Temperatur



Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

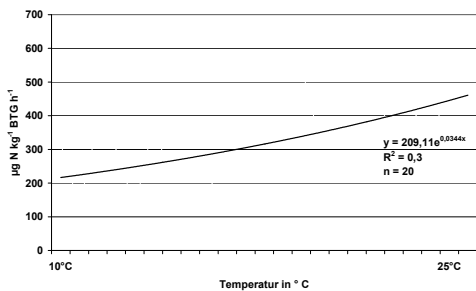
---

---

---

---

### Denitrifikationsrate im Boden in Abhängigkeit von der Temperatur



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

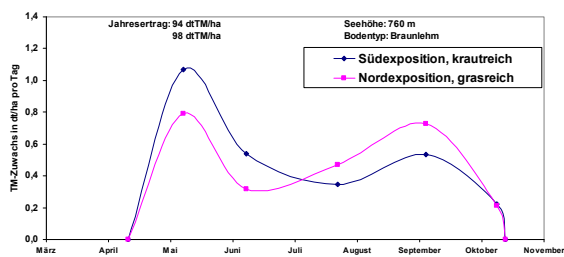
---

---

---

---

### Tägliche TM-Produktion von Kulturweiden in Abhängigkeit von der Exposition



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Altitudinale Änderung der klimatischen Umweltbedingungen

Mit der Seehöhe nehmen

**zu**

**ab**

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein-, Ausstrahlung, UV-Strahlung</li> <li>• Frostwechseltage</li> <li>• Niederschlagsmenge</li> <li>• Mächtigkeit der Schneedecke und Dauer der Schneebedeckung</li> <li>• Häufigkeit und Stärke der Winde</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftdruck</li> <li>• CO<sub>2</sub>- und O<sub>2</sub>-Partialdruck</li> <li>• Lufttemperatur (rd. 0.55°C pro 100 m)</li> <li>• absolute Luftfeuchtigkeit</li> <li>• Länge der Vegetationsperiode (rd. 6-7 Tage pro 100 m)</li> </ul> |
|--|--|

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Altitudinale Änderung der klimatischen Umweltbedingungen bewirkt:

- ⇒ Änderung der Vegetation (Höhenstufen)
- ⇒ Verminderung des Wurzeltiefganges
- ⇒ Erhöhte Gefahr der Nährstoffauswaschung
- ⇒ Verkürzung der Mineralisierungszeit im Boden
- ⇒ verstärkte Expositions- und Reliefunterschiede
- ⇒ Verkürzung der Weidedauer und der Vegetationsperiode
- ⇒ Ertragsrückgang (200-400 kg TM pro 100 m)
- ⇒ Verspätung pflanzenphänologischer Frühjahrsphasen

#### Allerdings:

- ⇒ der durchschnittliche Futterzuwachs pro Wachstumstag bleibt annähernd gleich
- ⇒ weidereifes Futter (15 dt/ha TM) wird mit zunehmender Seehöhe früher erreicht

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

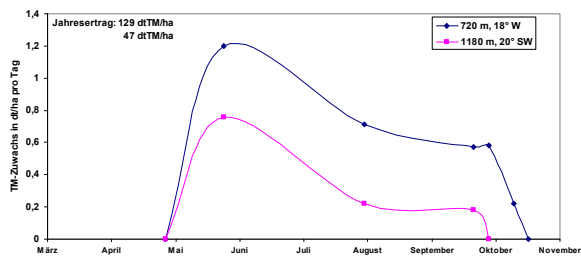
---

---

---

---

### Tägliche TM-Produktion von Kulturweiden in Abhängigkeit von der Seehöhe auf Braunerde



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Höhenstufen

**Collin:** Eichen-Hainbuchenwälder, Eichenwälder; panonische Gebiet (bis 250/400 m)

**Submontan:** Eichen-Hainbuchenwälder; in den Innentalen: Stieleichenwälder, Rotföhrenwälder (250/400-350/500 m)

**Untermontan:** in den Randalpen: Buchenwälder; in den Innentalen: Fichtenwälder (350/500-600/800 m)

**Obermontan:** in den Randalpen: Fichten-Tannen-Buchen-Wälder; in den Innentalen: Fichten-, Fichten-Lärchen-Wälder (600/800-1500/2000 m)

Quelle: ADLER/OSWALD/FISCHER, 1994

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Höhenstufen

**Subalpin:** zwischen Baum- und Waldgrenze; Latschen-, Grünerlegebüsch; Lärchen-Zirben-Wälder; Lärchen-Fichten-Wälder (1500/2000-1800/2100 m)

**Unteralpin:** Zwergstrauchheiden (1800/2100-1900/2300 m)

**Oberalpin:** geschlossene Rasengesellschaften (1900/2300-2500/2800 m)

**Subnival:** zwischen Obergrenze geschlossener Vegetation und klimatischer Schneegrenze (2500/2800-2800/3100 m)

**Nival:** oberhalb der klimatischen Schneegrenze (2800-3100 m)

Quelle: ADLER/OSWALD/FISCHER, 1994

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Frostrocknis

Durch cuticuläre und stomatäre Transpiration verlieren die über eine Schneedecke hinausragenden Pflanzenteile mehr Wasser, als aus dem kalten oder gefrorenen (nicht mit Schnee bedeckten) Boden nachgeschafft und aus Wasserreserven ersetzt werden kann.

**Frost** bedeutet für die Pflanze somit nicht nur **Kältestress**, sondern unter Umständen auch **Wassermangel**.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Zeigerwert

Pflanzen, Pflanzengesellschaften, Tiere und Böden sind hervorragende Klimazeiger

**Kühlzeiger:** z.B. Schlangen-Knöterich, Faden-Simse, Weißer Krokus, Hohe Schlüsselblume, Weißer Germer am Talboden der Enns (650 m NN)

**Trockenheits- und Wärmezeiger:** z.B. Wiesen-Salbei, Echte Schlüsselblume im Ennstal

**Hochmoore:** nur in humiden Klimaten bei hohen Niederschlägen, geringer Verdunstung und relativ kühlem Klima

**Haftnässe-Pseudogley:** z.B. am Talboden bei Zell am See

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## LICHT

- energetische Voraussetzung für die CO<sub>2</sub>-Assimilation der grünen Pflanzen (Photosynthese)
- beeinflusst Keimung (Licht-, Dunkelkeimer)
- beeinflusst Richtung und Geschwindigkeit des Pflanzenwachstums
- beeinflusst Artenzusammensetzung der Vegetation → Futterertrag, Futterqualität
- beeinflusst das Biomasse: Nekromasse-Verhältnis
- Pflanzenartenvielfalt

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Lambert-Beer'sche Extinktionsgesetz

$$I_z = I_0 \times e^{-k \cdot BFI}$$

$I_z$  = Intensität der Strahlung in einem bestimmten Abstand

$I_0$  = Strahlung im Freien

$k$  = für diese Pflanzenges. gültiger Abschwächungskoeffizient

BFI = kumulativer Blattflächenindex

Mit Annäherung an die Bodenoberfläche nimmt die Intensität der Strahlung exponentiell ab; entscheidend sind

- BFI (Gesamtsumme der Blattflächen/Bodenfläche)
- Anordnung der Blätter (Blattstellwinkel)

Hoher BFI und breitblättrige Pflanzen mit Blattstellwinkel um 90° ⇒ Lichtmangel in der untersten Bestandesschicht (z.B. Alpen-Ampferflur)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

Pflanzen, deren Blätter in den meisten Tagesstunden weniger als das Kompensationslicht für den photosynthetischen Gaswechsel empfangen, sterben ab. Lichtmangel in der untersten Bestandesschicht bewirkt, dass tief inserierte Blattspreiten infolge negativer CO<sub>2</sub>-Bilanz absterben



viel Nekromasse in hochwüchsigen, spät gemähten oder nicht mehr gemähten Pflanzenbeständen; gehemmte Bestockung und Lückenbildung

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

**Lichtkompensationspunkt:** Beleuchtungsstärke, bei der die CO<sub>2</sub>-Assimilation (Photosynthese) gleich der Atmung ist

**Schattenpflanzen:** haben niedrigen Kompensationspunkt; kommen mit weniger Licht aus (z.B. Wald-Sauerklee)

**Lichtpflanzen:** haben hohen Kompensationspunkt; benötigen viel Licht (z.B. Weißklee)

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

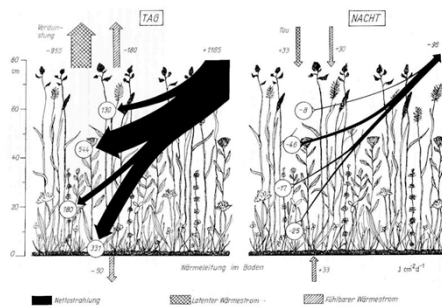
---

---

---

---

### Strahlungsbilanz in einer Wiese



Quelle: LERCH, 1991

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Strategien der Pflanzen zur Maximierung des Lichtgewinns

**Zeitliche Strategie:** genutzt wird jene Zeit, in der der Pflanzenbestand niedrig und somit die Lichtverfügbarkeit hoch ist (Herbstzeitlose, Krokus, Narzisse etc.)

**Räumliche Strategie:** Beschattung im Pflanzenbestand fördert bei zahlreichen Pflanzenarten das Streckungswachstum in den Sprossachsen (Apikaldominanz); sie wachsen zur besseren Lichtausnutzung in die Höhe (Lichtmangel wird durch verstärktes Längenwachstum ausgeglichen)

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenwasserhaushalt

beeinflusst

- Artenzusammensetzung der Vegetation → Futterertrag, Futterqualität
- über die Tragfähigkeit des Bodens und über das Ertragspotential die Art der Bewirtschaftung und Intensität der Nutzung (Befahrbarkeit, Trittempfindlichkeit)
- mechanischen Eindringwiderstand für Pflanzenwurzeln, Durchwurzelungsintensität und -tiefe
- Humusgehalt, Humusmenge, Humusform
- Bodendurchlüftung, Redoxpotential
- Verfügbarkeit, Mobilität und Verlagerung von Nähr- und Schadstoffen
- Bodentemperatur

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Wasser

- Die Pflanzen decken ihren Wasserbedarf zu 95 % durch die Wurzeln aus dem Bodenwasservorrat
- Osmotische Saugkräfte der Pflanzen: meist zwischen 2-5 bar
- Wassergehalt der lebenden Gewebe einer Pflanze: 60-90 %
- Zur Produktion von 1 kg TM werden 300-800 l Wasser benötigt
- Der mittlere Tagesverbrauch an Wasser liegt in der Vegetationsperiode für Grünland zwischen 2 und 3 mm
- Optimaler Wassergehalt für die meisten Bodenmikroorganismen: 66-80 % der maximalen Wasserspeicherkapazität
- Wasser ⇒ wichtigstes Transportmittel für den Stofftransport durch terrestrische Ökosysteme

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Der Wasserhaushalt eines Standortes hängt ab von:

- Temperatur, Niederschlagsart, -menge, -verteilung, -intensität, Wind
- Speichervermögen des Bodens für pflanzenverfügbares Wasser (Porenvolumen, Porengrößenverteilung, Bodenart, Humusmenge, Skelettgehalt, Bodenständigkeit)
- Wasserführung des Bodens (Bodenart, Bodenstruktur, Skelettgehalt, Porenvolumen, Porengrößenverteilung, Tiefe des Staukörpers)
- Einfluss von Grund-, Stau-, Hang- oder Überflutungswasser
- Relief, Hangneigung, Exposition

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---



## Kennwerte des Bodenwasserhaushaltes

**Feldkapazität:** Maß für das Wasserhaltevermögen eines Bodens (Wasser, das nicht oder nur langsam versickert)  
Sie ist abhängig von:

- Bodenart
- Humusmenge
- Porenvolumen, Porengrößenverteilung

**Nutzbare Feldkapazität (nFK):** Wassergehalt des Bodens zwischen pF 1.8 und 4.2

**Permanenter Welkepunkt:** Saugspannungsgrenzwert, jenseits dessen die Pflanze dem Boden kein Wasser entziehen kann und damit verwelken muß (pF 4.2 = 15 bar)

**Menge an pflanzenverfügbarem Wasser:** nFK x Durchwurzelungstiefe

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Kennwerte des Bodenwasserhaushaltes

Böden mit hoher Feldkapazität  $\Rightarrow$  hohe Wasserspeicherkapazität und geringe Sickerwassermengen  $\Rightarrow$  geringe potentielle Nährstoffaustragsgefährdung

pF =  $\log$  cm Wassersäule (WS)  
pF 3 =  $10^3$  cm WS = 1 bar

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Staunässegrad

Menge an Stauwasser im Boden, die während der Nassphase auftritt

- Dichte des Staukörpers (gesättigte Wasserleitfähigkeit, kf-Wert)
- Lage im Boden (cm unter Flur)
- Sickerwassermenge (Klima, Relief)

Lage des Staukörpers im Boden  
flach: 0-30 cm unter Flur  
mittel: 30-60 cm unter Flur  
tief: > 60 cm unter Flur

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Grundwasser

- Dauer und Zeitpunkt von Hoch-, Mittel- und Tiefstand des Grundwasserspiegels
- Schwankungsamplitude des Grundwasserspiegels
- Fließgeschwindigkeit
- Gehalt des Grundwassers an gelöstem Sauerstoff, organischen Verbindungen und Salzen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Wassermangel bedeutet:

- teilweiser oder völliger Spaltenschluss (Transpiration, Photosynthese, Kühlung der Pflanze)
- niedrige Transportrate der Nährstoffe zu den Pflanzenwurzeln (Massenfluss, Diffusion)
- gehemmte Nährstoffmineralisation im Boden infolge geringerer mikrobieller Aktivität
- Verkleinerung der transpirierenden Oberfläche
- Erweiterung des Wurzel-Spross-Verhältnisses
- gehemmtes Pflanzenwachstum, geringerer landwirtschaftlich nutzbarer Ertrag

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Wasserüberschuss bedeutet:

- langsamere und geringere Bodenerwärmung, verspäteter Vegetationsbeginn
- niedrigere Bodentemperatur (dealpine Arten, Kühlezeiger)
- Sauerstoffmangel (gehemmte Atmung und Nährstoffaufnahme bei den meisten Futterpflanzen)
- Anreicherung von  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$  und volatile Fettsäuren in phytotoxischen Konzentrationen
- geringe Durchwurzelungstiefe auf nassen Standorten (verminderte Nährstoffausnützung)
- Humusanreicherung (Anmoor-Humus, Torf) und gehemmte Nährstoffmineralisation im Boden infolge reduzierter biologischer Aktivität

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Wasserüberschuss bedeutet:

- gasförmige N-Verluste durch Denitrifikation
- vorwiegende  $\text{NH}_4$ -Ernährung der Pflanzen infolge geringer Nitratbildung
- hohe Mn-, Fe- und P-Aktivität in der Bodenlösung insb. in sauren Grünlandböden
- hohe Transportrate der Nährstoffe zu den Pflanzenwurzeln
- mangelhafte Trittfestigkeit und Tragfähigkeit des Bodens (Narbenschäden, Verunkrautung, Verbinsung)
- erschwerte Futterwerbung

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Wasserüberschuss bedeutet:

- vermehrtes Auftreten von Giftpflanzen und Arten mit geringem Futterwert
- Parasitengefahr
- schlechtes Pflanzenwachstum und somit geringerer Futterertrag

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

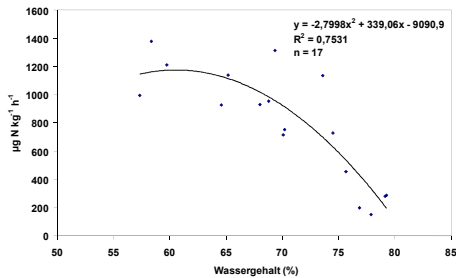
---

---

---

---

### Brutto-Nitrifikationsrate im Boden in Abhängigkeit vom Bodenwassergehalt



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Die Standortbonität hydromorpher Böden ist abhängig von:

- Tiefe und Durchlässigkeit des Staukörpers, Dauer und Zeitpunkt der Nass- und Trockenphase
- Dauer und Zeitpunkt des Hoch-, Mittel- und Tiefstandes des Grundwasserspiegels (Mächtigkeit des staufreien Raumes)
- Schwankungsamplitude des Grundwasserspiegels
- Gehalt des Grundwassers an Gasen und gelösten Stoffen
- Fließgeschwindigkeit des Grund- und Hangzugwassers
- Art und Beschaffenheit der abgelagerten Sedimente
- Bodenart, Skelettgehalt, Humusgehalt
- Klima, Witterung
- Relief, Hangneigung, Exposition

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Wasserstufen im Grünland

#### NASS

ständiger Wasserüberschuss im Boden; starker Grundwassereinfluss; hoher Humusgehalt im Boden wegen nässebedingter gehemmter Zersetzung der organischen Substanz; Humusform: Torf, Anmoor-Humus; Bodentyp: Niedermoor, Hochmoor, Anmoor, Naßgley; Nässezeiger dominieren im Pflanzenbestand; Vegetation: z.B. Großseggen- oder Kleinseggenbestände, Röhrichte

#### FEUCHT

zeitweiliger Wasserüberschuss im Boden; deutlicher Einfluss von Grund- oder Hangwasser; Humusform: Anmoor-Humus, Feucht-Mull; Bodentyp: meist Gley, Augley; Feuchtezeiger dominieren im Pflanzenbestand; Vegetation: z.B. Pfeifengras-, Kohldistel-, Schlangenknöterich- oder Fuchsschwanzwiese

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Wasserstufen im Grünland

#### FRISCH (AUSGEGLICHEN)

Boden gut mit Wasser versorgt; kein nennenswerter Einfluss von Grund-, Stau-, Hang- oder Überflutungswasser; kaum länger andauernde Trockenperioden während der Vegetationszeit; Humusform: Mull; häufigster Bodentyp: tiefgründige Braunerde; keine typischen Nässe- oder Trockenheitszeiger im Pflanzenbestand; Vegetation: z.B. typische Glatthafer- oder Goldhaferwiese

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Wasserstufen im Grünland

#### HALBTROCKEN

zeitweiliger Wassermangel im Boden; i.d.R. seichtgründige, wenig Wasser speichernde Böden vor allem in niederschlagsarmen Gebieten oder auf wärmebegünstigten Hanglagen; vor allem in kühleren, niederschlagsreicheren Gebieten meist auf südlich exponierten Hanglagen; Humusform: Mull; häufigste Bodentypen: Rendzinen, Kalklehm-Rendzinen, Pararendzinen, Ranker; Trocken- und Halbtrockenheitszeiger dominieren im Pflanzenbestand; Vegetation: z.B. Trespen-Halbtrockenrasen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Wasserstufen im Grünland

#### TROCKEN

länger andauernder Wassermangel im Boden; auf den Pannonischen Raum beschränkt; Humusform: Mull; Bodentyp: meist Tschernosem; Trockenheitszeiger dominieren im Pflanzenbestand; Vegetation: z.B. Pfriemgras-Trockenrasen

#### WECHSELFEUCHT

ausgeprägter Wechsel von Nass- und Trockenphasen im Boden; deutlicher Einfluss von Stau- oder Überflutungswasser; Humusform: Mull, Feucht-Mull; Bodentyp: meist Pseudogley; zahlreiche Wechselfeuchtezeiger im Pflanzenbestand; Vegetation: z.B. Rasenschmielenbestand

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Wasserstufen im Grünland

#### KRUMENWECHSELFEUCHT

Staubnässe nur in der Krume (A-Horizont); Humusform: Feucht-Mull; Bodentyp: z.B. krumenpseudovergleyte Braunerde; Wechselfeuchte- oder Bodenverdichtungszeiger im Pflanzenbestand; Vegetation: z.B. Kriechrasen auf stark verdichtetem Oberboden

Grünland: umfasst alle Wasserstufen (trocken – nass)  
Ackerland: trocken – mäßig feucht

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Ertragspotenzial

**Ertragspotenzial:** nachhaltige, durchschnittliche Ertragsvermögen eines Standortes bei optimaler Bewirtschaftungsweise; beeinflusst Nutzungsintensität

**frische und (mäßig) feuchte Standorte**  
optimale Nährstoff-Anlieferung zu den Pflanzenwurzeln wegen gleichmäßiger Wasserversorgung im Boden; hohes Ertragspotenzial, hohe Ertragssicherheit und gute Futterqualität der einzelnen Aufwüchse; bei ausgewogener Düngung und ausreichender Wärme nachhaltig am intensivsten nutzbar; jederzeit befahr- und beweidbar; leichte Futterwerbung; Vorrangfläche für eine relativ intensive Grünlandbewirtschaftung

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### trockene, halbtrockene Standorte

zeitweise trockenheitsbedingte gehemmte Nährstoff-Mineralisation im Boden und geringe Nährstoff-Anlieferung zu den Pflanzenwurzeln; Ertragspotenzial und Ertragssicherheit geringer als auf frischen Standorten; extensivere Nutzung ist notwendig, weil intensiv nutzbare Futtergräser keine optimalen Standortbedingungen vorfinden (nicht oder nur mäßig intensivierungsfähige Standorte); jederzeit befahr- und beweidbar; leichte Futterwerbung; Vorrangflächen für eine extensive bis mäßig intensive Grünlandbewirtschaftung

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### nasse Standorte

geringere Nährstoff-Mineralisation im Boden aufgrund nassebedingter reduzierter biologischer Aktivität; langsamere und geringere Bodenerwärmung verzögert Pflanzenwachstum im Frühjahr; Pflanzenwurzeln der meisten hochwertigen Grünlandpflanzen leiden häufig unter Sauerstoffmangel; gehemmte Wurzelatmung bedingt geringere Nährstoff-Aufnahme; niedrigeres Ertragspotenzial als auf frischen Standorten, da viele ertragreiche, raschwüchsige, hochwertige Grünlandpflanzen Nässe und Sauerstoffmangel im Boden nicht ertragen; geringere Futterqualität i. Vgl. zu frischen Standorten, da im Pflanzenbestand häufig Giftpflanzen und Arten mit niedrigem Futterwert auftreten; bei Düngung hohe Verunkrautungsgefahr und erhöhtes Risiko gasförmiger N-Verluste durch Denitrifikation; geringe mechanische Belastbarkeit des Bodens und hohe Verunkrautungsgefahr erfordern extensivere Nutzung; zeitweise schlecht befahrbar; erschwerte Futterwerbung (oft keine zeitgerechte Nutzung); Parasitengefahr; Vorrangflächen für eine extensive Grünlandbewirtschaftung

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

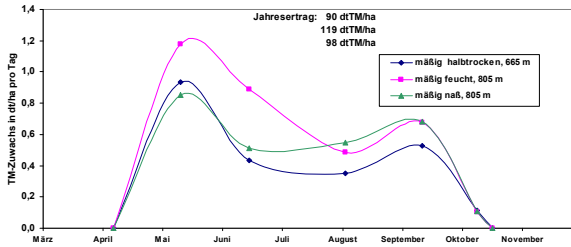
---

---

---

---

## Tägliche TM-Produktion von Mähweiden in Abhängigkeit vom Wasserhaushalt



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Ungünstige Wärme- und/oder Bodenwasserverhältnisse verhindern hohe Grünlanderträge und gute Futterqualitäten. Ein hoher Nährstoffgehalt im Boden nützt wenig, wenn ungünstige abiotische Zustandsbedingungen (Wasserüberschuss, Sauerstoffmangel, Trockenheit, Flachgründigkeit) am Grünlandstandort herrschen.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

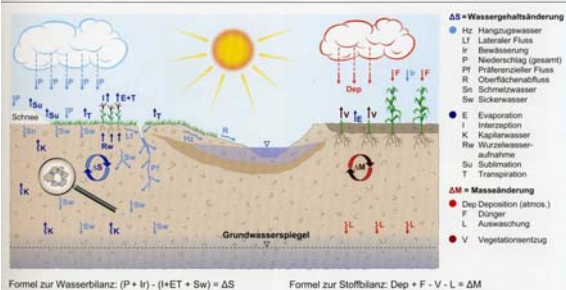
---

---

---

---

## Wasser- und Stoffbilanzen



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

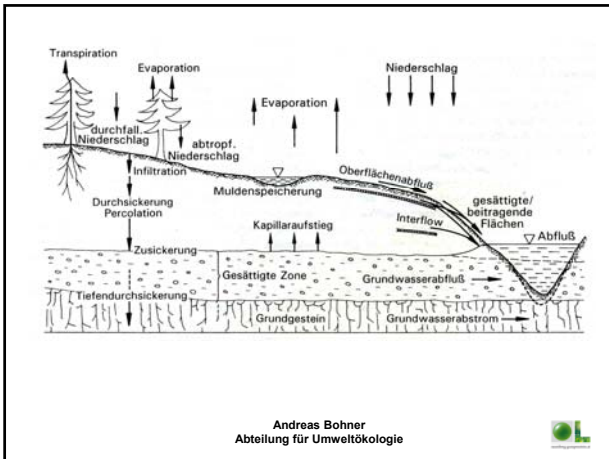
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### Sickerwassermenge im Grünlandboden

- **Klima** (Menge, Verteilung und Intensität der Niederschläge; Schneeschmelze; Verdunstung)
- **Boden** (Humusmenge; Bodenart; Bodenskelettgehalt; Bodenstruktur; Volumen, Größenverteilung und Kontinuität der Bodenporen)
- **Vegetation** (Ackerland > Grünland)
- **Reliefposition** (Mulde > Ebene > Hang)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie

---

---

---

---

---

---

---

---

### Nährstoffauswaschung im Grünland

- Sickerwassermenge
- Düngung (Art, Zeitpunkt, Menge)
- Nährstoffentzug mit der Ernte
- Bodengründigkeit
- leicht mobilisierbarer Nährstoffvorrat im Boden
- Mobilisierungs-, Transformations- und Speichervermögen des Bodens
- Vertikal orientierte, kontinuierliche Makroporen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie

---

---

---

---

---

---

---

---



## Nährstoffauswaschung im Grünland

- Artenzusammensetzung der Vegetation (temporäre Nährstoffspeicherung in der Biomasse)
- Durchwurzelung des Bodens (Größe der aufnahmeaktiven Wurzeloberfläche, Durchwurzelungstiefe)
- Aktivität der Bodenorganismen
- Vegetationsdeckungsgrad, Dichte der Grasnarbe (Lückenanteil)
- Tiefe des Grundwasserspiegels

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Abschwemmung

Transport von nicht an Bodenpartikel gebundene Nährstoffe mit dem auf der Bodenoberfläche abfließendem Wasser (mit dem Oberflächenwasser transportierte gelöste Nährstoffe)

- Menge an Oberflächenwasser (Niederschlag, Schneeschmelze)
- Relief (Hangneigung, Hanglänge)
- Boden (Oberbodenverdichtung, Wasserspeicherkapazität)
- Vegetationsdeckungsgrad (Lücken)
- Bodenmaterial auf der Grasnarbe (Regenwurmlosung)
- Düngung (Art, Menge, Zeitpunkt)

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

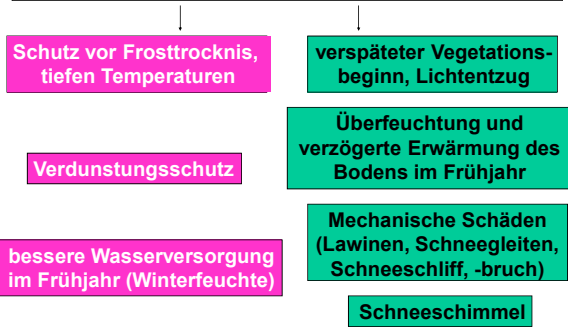
---

---

---

---

## Schnee ⇒ Schutz und Gefahr für Pflanzen



Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Relief

beeinflusst

- Wärme-, Wasser- und Stoffhaushalt
- Bodengründigkeit, Horizontmächtigkeit, Bodentyp
- Erosions- und Abschwemmungsgefahr
- Vegetation, Futterertrag, Futterqualität
- Art der Bewirtschaftung und Intensität der Nutzung

Reliefenergie: max. Höhenunterschied in m pro km<sup>2</sup>

Reliefpositionen: Ober-, Mittel-, Unterhang, Mulde, Graben, Hangversteilung, Hangverflachung, Kuppe, Rücken, Hangfuß, Ebene, Verebnung, Talboden, Terrasse, konkave bzw. konvexe Lage etc.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

Unterhänge und konkave Mulden oder Gräben: höhere Bodenfeuchtigkeit und Nährstoffgehalte sowie größere Bodengründigkeit (Kolluvisol) als Oberhänge und konvexe Rücken oder Kuppen ⇒ höhere Neigung zur Verunkrautung (z.B. Stumpflättriger Ampfer), geringerer Düngerbedarf

Erosion: insb. auf steilen Hängen und Trittwegen

Abschwemmung: insb. auf Hängen mit verdichtetem Oberboden

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Hangneigung

**bis 40 %: für Kühe noch geeignet**  
**40-60 %: für Jungvieh noch geeignet**  
**60-80 %: nur für Schafe und Ziegen geeignet**

Quelle: Dietl, 1987

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Der Boden als Pflanzenstandort

Die Futterpflanzen stellen an den Boden folgende **Ansprüche**:

- Durchwurzelbarkeit, ausreichende Bodengründigkeit und entsprechender Feinbodenanteil
- Versorgung mit Wasser
- Versorgung mit Sauerstoff
- Versorgung mit Pflanzennährstoffen
- ausreichende Bodenwärme
- Schutz vor phytotoxischen Stoffen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenfruchtbarkeit

- Natürliche, nachhaltige Fähigkeit eines Bodens, den Pflanzen als Standort zu dienen
- wird am **Ertrag** und an der **Qualität** der Ernte sowie an deren **Schwankungen** gemessen (Ertrags-sicherheit)

### Begrenzende Faktoren:

Wärme-, Wasser-, Sauerstoffmangel; Wasserüberschuss; ungünstige Stoffkomposition; Schadstoffe; hoher mechanischer Eindringwiderstand; geringe Bodenmächtigkeit; geringer Feinbodenanteil; geringer Humusgehalt

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenfruchtbarkeit

- **Klima** (Temperatur, Niederschlagsmenge, -verteilung, -intensität, Länge der Vegetationsperiode, Sonnenscheindauer)
- **Boden** (Bodengründigkeit; Bodenskelettgehalt; Ausgangsmaterial der Bodenbildung; Durchwurzelbarkeit; Bodenart und -struktur; Lagerungsdichte; Wärme-, Wasser-, Lufthaushalt; Humusform, Humusmenge und Humusqualität; Menge, Verfügbarkeit und Nachlieferungsgeschwindigkeit von Nähr- und Schadstoffen im Ober- und Unterboden; Aktivität der Bodenorganismen; pH-Wert; Speicher-, Puffer- und Transformationsvermögen)
- **Bewirtschaftung** (Düngung, Bestandespflege, Nutzungsintensität)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Grenzertragsstandorte

- starke Hangneigung
- hoher Steingehalt im oder auf dem Boden
- geringmächtiger Wurzelraum
- Grund-, Stau-, Hang- oder Überflutungswasser

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Humus

beeinflusst Bonität und Ertragspotential eines Standortes durch seine spezifischen Eigenschaften:

- Nahrungs- und Energiequelle für heterotrophe Bodenorganismen
- Nährstoffträger (insb. N- und S-Speicher)
- Wasser- und Stoffspeicher (Sorbent mit pH-abhängiger Oberflächenladung), Energiespeicher
- Elektronendonator, Komplexbildner, Puffersubstanz (Säure- und Basenneutralisationskapazität)
- trägt zur Ausbildung einer günstigen Bodenstruktur bei (Krümelstruktur)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Humus

- erhöht biologische Aktivität im Boden
- erhöht insb. bei sandigen Böden die Austauschkapazität, Aggregatstabilität, das Porenvolumen und die Wasserspeicherkapazität und verbessert bei tonreichen Böden den Gashaushalt (Luftkapazität)
- schützt vor Al- und Schwermetall-Toxizität durch metallorganische Komplexbildung und erhöht die Belastbarkeit der Böden mit pot. Schadstoffen
- vermindert die Lagerungsdichte und erhöht die Porosität eines Bodens (bessere Luft- und Wasserdurchlässigkeit)
- vermindert Verdichtungsempfindlichkeit (höhere mechanische Belastbarkeit)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Organische Primärsubstanz

- Kohlenstoff ist im bodenbildenden Festgestein und Lockersediment nicht oder nur geringfügig enthalten und wird daher durch Verwitterung kaum angereichert
- Der Kohlenstoffeintrag mit dem Niederschlag ist relativ gering



Eine Kohlenstoffanreicherung erfolgt im regelmäßig bewirtschafteten Grünlandboden vor allem durch Zersetzung von abgestorbenen Wurzeln und Wurzelteilen sowie durch Zufuhr von Wirtschaftsdünger (Mist, Kompost)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Humus

Humusgehalt, -menge und -form sind abhängig von:

- Seehöhe
- Relief
- Klima (Temperatur, Niederschlag)
- Bodenwasserhaushalt
- Bodenart, -typ, -skelettgehalt (Grobanteil), Gründigkeit
- Vegetation (Art und Menge der ober- und unterirdischen Bestandesabfälle, räumliche Verteilung der Wurzelmasse im Boden)
- Art, Dauer und Intensität der historischen sowie gegenwärtigen Nutzung
- Düngung (Art, Menge)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Humusform

Hinweis für biologischen Bodenzustand

**Rohhumus:** ungünstige Zersetzungsbedingungen; langsame Stoffkreisläufe; Anhäufung wenig zersetzter Pflanzenreste; unter Wald und Zwergsträuchern

**Moder:** mäßige Zersetzungsbedingungen; unter Wald und Zwergsträuchern

**Mull:** günstige Zersetzungsbedingungen; rasche Stoffkreisläufe; beste Humusform; unter Grünland und Acker

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Humusform

**Anmoor-Humus:** das Grundwasser reicht zeitweilig bis in den Humushorizont; 10-30 % organische Substanz; mehr als 30 cm mächtig; feuchte bis mäßig nasse Standorte

**Torf:** entsteht unter starkem Einfluss von Grundwasser; weder plastisch noch klebend; mehr als 30 % organische Substanz; mehr als 30 cm mächtig; nasse Standorte

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

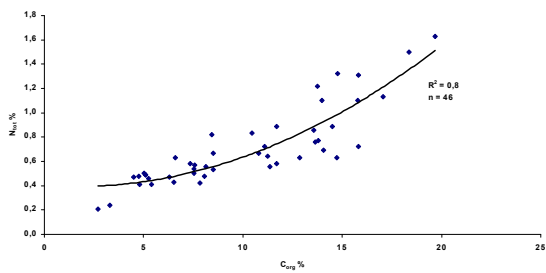
---

---

---

---

## Beziehung $C_{org}$ - $N_{tot}$



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

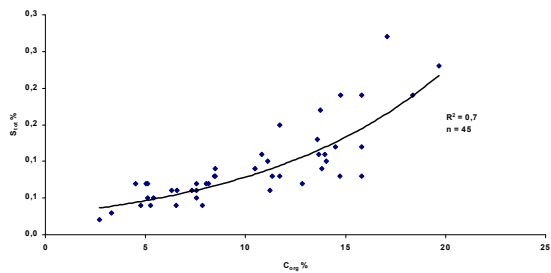
---

---

---

---

## Beziehung $C_{org}$ - $S_{tot}$



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

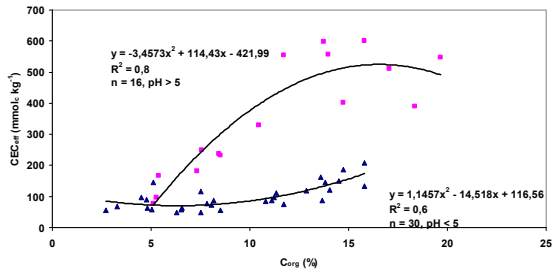
---

---

---

---

### Beziehung zwischen $C_{org}$ und effektiver Kationenaustauschkapazität



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

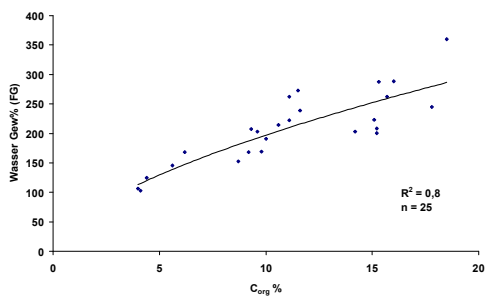
---

---

---

---

### Beziehung zwischen $C_{org}$ und Wasserspeicherkapazität des Bodens



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

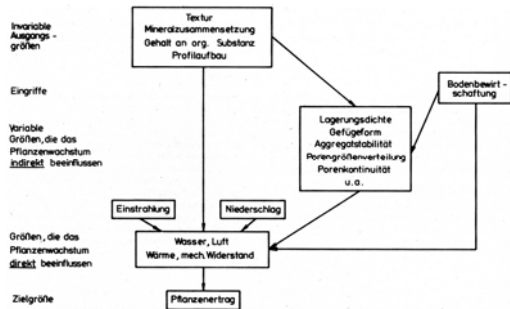
---

---

---

---

### Zusammenhang zwischen bodenphysikalischen Faktoren und Pflanzenertrag (Quelle: Sommer/Hartge, 1991)



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenstruktur (Bodengefüge)

beeinflusst

- Wärme-, Wasser- und Lufthaushalt des Bodens
- Lagerungsdichte, Porenvolumen, Porengrößenverteilung und Porenkontinuität
- Aufnahme, Speicherung und Versickerung von Niederschlags- und Schneeschmelzwasser
- Durchwurzelbarkeit
- Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit für Pflanzen und Bodenorganismen

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenstruktur (Bodengefüge)

beeinflusst

- Aktivität der Bodenorganismen
- Pflanzenartenzusammensetzung, Futterertrag, Futterqualität
- Erodierbarkeit, Abschwemmungsgefahr, Grundwasserneubildung

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenstruktur

Indikator für die Nutzungsintensität im Grünland

Krümung des Oberbodens: zentraler Beurteilungsfaktor

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

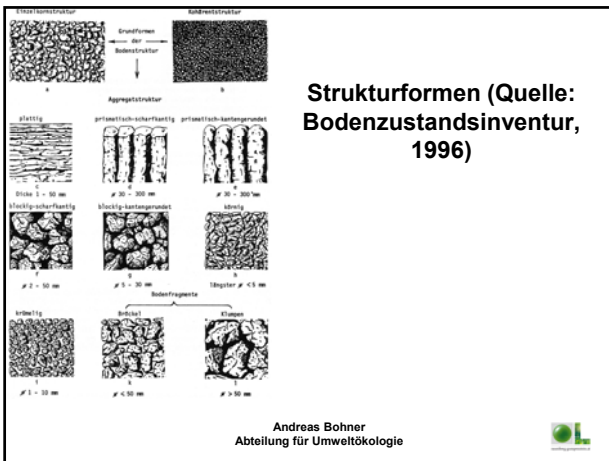
---

---

---

---





**Strukturformen (Quelle: Bodenzustandsinventur, 1996)**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Strukturformen

**Günstig:**

- poröse, lockere, feinaggregierte Krümelstruktur
- körnige (feinpolyedrische) Struktur in tonreichen Oberböden

**Ungünstig:**

- dichte, grobe Plattenstruktur

**Generell gilt: Die Bodenstruktur ist umso ungünstiger zu beurteilen, je größer und dichter die Aggregate sind!**

**Bodengare: Lebendverbauung der Krümelstruktur durch die Bodenorganismen; optimaler Strukturzustand; erfordert intensives Bodenleben**

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Die Strukturstabilität (Widerstand gegen plastische Verformung, Beständigkeit von Bodenaggregaten) wird beeinflusst bzw. gefördert durch:

- Organische Substanz (insb. Vegetationsrückstände, organische Dünger; Polysaccharide)
- Kationenbelag der Sorbenten und Kationenzusammensetzung der Bodenlösung (Wertigkeit, effektiver Ionenradius)
- Salzkonzentration in der Bodenlösung (eL)
- Kalk, Kieselsäure, Al- und Fe-Oxide, Tonminerale
- Pflanzenwurzeln, Wurzelhaare, Pilzmycele, Bakterienkolonien (Lebendverbauung)
- Entwässerung

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie

---

---

---

---

---

---

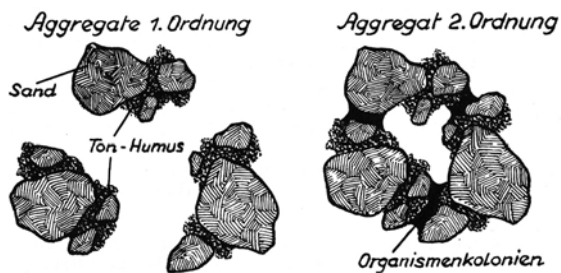
---

---

---

---

### Bauplan der Krümelstruktur (Quelle: Sekera, 1984)



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

### Strukturschäden in Grünlandböden

- häufiges Befahren mit schweren landwirtschaftlichen Maschinen
- Befahren mit landwirtschaftlichen Maschinen zum falschen Zeitpunkt (nasse, unzureichend tragfähige Böden)
- zu frühe, zu häufige und zu lange Beweidung
- Beweidung steiler Hanglagen sowie feuchter und nasser Standorte (insb. mit Rindern)
- generell: bei nicht an den Standort angepasster Bewirtschaftung
- Verlust an Gefügestabilisatoren

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

### Bodenart

- beeinflusst
- ⇒ Wärmehaushalt
  - ⇒ Wasserhaushalt
  - ⇒ Gashaushalt
  - ⇒ Stoffhaushalt
  - ⇒ Durchwurzelbarkeit
  - ⇒ Lagerungsdichte, Porenvolumen, Porengrößenverteilung
  - ⇒ Verdichtungsempfindlichkeit, Trittfestigkeit, Befahrbarkeit

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

## Sandboden

geringes Speichervermögen für pflanzenverfügbares Wasser; gute Wasserführung; geringer Kapillarhub; rel. geringes Gesamt-PV; hoher Anteil an Grobporen; günstiger Gashaushalt; rasche und starke Erwärmung im Oberboden; hohe Neigung zur Oberbodentrockenheit; rel. hohe Mineralisierungsintensität und relativ niedriger Humusgehalt; niedrige Nährstoffreserven und geringes Stoffbindungsvermögen; aufgrund rascher und starker Erwärmung sowie guter Durchlüftung intensiver Stoffumsatz mit geringer Neigung zur Verunkrautung; gut geeignet für Weide- und Mähweidenutzung aufgrund rel. geringer Trittempfindlichkeit; längere Weideperiode vor allem durch früheren Auftrieb; gute Durchwurzelbarkeit

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Tonboden

hohe Wasserspeicherkapazität; schlechte Wasserführung; höherer Anteil an nicht pflanzenverfügbarem Wasser; hohes Gesamt-PV; geringer Anteil an Grobporen; zeitweise ungünstiger Gashaushalt; ausgeprägte Neigung zur Wechselfeuchtigkeit; intensives Quellen und Schrumpfen; aufgrund hoher Wasserspeicherkapazität rel. langsame und geringe Erwärmung im Oberboden; infolge relativ geringer Mineralisierungsintensität höherer Humusgehalt; i.a. hohe Nährstoffreserven und hohes Stoffbindungsvermögen; potentiell hohes K-Fixierungsvermögen; aufgrund langsamer und geringer Erwärmung sowie zeitweise schlechter Durchlüftung gehemmter Stoffumsatz mit hoher Neigung zur Verunkrautung; schlecht geeignet für Weide- und Mähweidenutzung aufgrund zeitweise hoher Trittempfindlichkeit; kürzere Weideperiode vor allem durch verspäteten Auftrieb

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Schluffboden

hohe Neigung zur Dichtlagerung, Verschlammung und zum Wasserstau; hohe kapillare Wasserleitfähigkeit; hohe Speicherkapazität für pflanzenverfügbares Wasser infolge hohem Anteil an Mittelporen; ungünstiger Gashaushalt; leichte Erodierbarkeit (anfällig gegen Wasser- und Winderosion); häufige Eislinsenbildung infolge hoher Wasserleitfähigkeit; potentiell hohes K-Fixierungsvermögen; schlecht geeignet für Weide- und Mähweidenutzung aufgrund hoher Neigung zur Dichtlagerung und Krumpseudovergleyung

**Allgemein gilt:** je einseitiger die Bodenart zusammengesetzt ist, desto ungünstiger (günstig: sL)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenskelett

Bodenskelettgehalt (Grobanteil des Bodens, > 2 mm) und effektive Bodentiefe (Gesamtvolumen des Bodens das durchwurzelt werden kann) bestimmen neben der Bodenart und Humusmenge die Speicherkapazität des Bodens für Wasser und Nährstoffe in pflanzenverfügbaren Form.

Bodenskelett vermindert bei hohen Mengen im Boden den durchwurzelbaren Bodenraum, reduziert das Wasser- und Nährstoffangebot, verbessert die Bodenerwärmung, begünstigt die Lockerung des Bodens.

hoher Bodenskelettgehalt ⇒ weniger nachteilig in feintexturierten Böden als in sandigen Böden

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

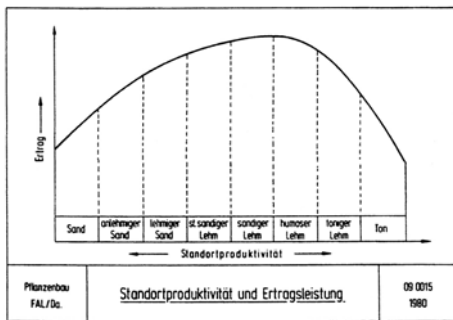
---

---

---

---

## Ertrag in Abhängigkeit von der Bodenart



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Generell gilt für das Grünland:

warme, trockene  
Gebiete

kühle, niederschlags-  
reiche Gebiete



günstig: tonreicher Boden

günstig: sandiger,  
skelettreicher Boden

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Tritt

- direkte mechanische Schädigung der Pflanzen
- Narbenschäden (Lücken)
- Oberbodenverdichtung und Staunässe

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

Die Tragfähigkeit bzw. Trittfestigkeit der Böden (Trittschäden) hängt ab von:

- Bodenart
- Bodenfeuchtigkeit, Grundwasserstand
- Ausmaß der Vorbelastung des Bodens
- Hangneigung
- Art und Intensität der Beweidung

Kritische Zeiten: Frühjahr, Herbst, langanhaltende Regenperioden

Besonders empfindlich: Anmoor- und Moorböden

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenverdichtung

- Art der Belastung (Tritt, Befahrung)
- Zeitliche Dauer und Häufigkeit der Belastung
- Radlast, Gewicht der Weidetiere
- Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenverdichtung durch Befahrung

- entscheidend ist Radlast
- **Breitreifen reduzieren nicht die Radlast, sondern sie verteilen die Last auf ein größeres Bodenvolumen**
- Die Tiefenwirkung des Raddrucks hängt von der Last und von der Häufigkeit der Druckeinwirkung ab (bei niedriger Radlast → Verdichtung des Oberbodens; bei hoher Radlast → auch Verdichtung des Unterbodens)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenverdichtung

### Normalverdichtung:

Böden, die nie einer höheren Last ausgesetzt waren als ihrem Eigengewicht; lockere Böden

### Überverdichtung:

Böden, die vorübergehend einer höheren Last als dem Eigengewicht ausgesetzt waren; häufig befahrene oder stärker betretene bzw. beweidete Böden

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenverdichtung

### Merkmale und Wirkungen:

- Erhöhung der Lagerungsdichte, Abnahme des Gesamtporenvolumens und des Anteils der luftführenden Grobporen, Unterbrechung der Porenkontinuität
- Verminderung der Infiltrationsrate von Regen- und Schneeschmelzwasser, Verschlechterung der Bodendurchlüftung (Sauerstoffmangel), erhöhte gasförmige Stickstoffverluste (Denitrifikation)
- in Hanglagen → Zunahme des Oberflächenabflusses (Erosion, Abschwemmung)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenverdichtung

Merkmale und Wirkungen:

- Änderung der Bodenstruktur (plattige Struktur)
- u.U. Staunässebildung (Krumenpseudovergleyung)
- erhöhter mechanischer Eindringwiderstand für Pflanzenwurzeln (insb. bei abnehmender Bodenfeuchte)
- ungleichmäßige Durchwurzelung, geringere Durchwurzelungstiefe, gehemmtes Wurzelwachstum  
→ verminderte Ausnützung von pot. pflanzenverfügbaren Wasser- und Nährstoffvorräten

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenverdichtung

Merkmale und Wirkungen:

- Hemmung der mikrobiellen Aktivität (Sauerstoffmangel, zu wenig Hohlräume)
- negative Veränderungen im Pflanzenbestand (Bodenverdichtungszeiger)
- bei Schadverdichtung: Abnahme der Erträge

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenverdichtung

**Regeneration** (Bildung sekundärer Grobporen) kann erfolgen durch:

- Quellen und Schrumpfen ⇒ insb. in tonreichen Böden
- Bodenfrost (Eissprengung, Kammeis- und Eislinnenbildung) ⇒ insb. in wassergesättigten Böden
- grabende Bodentiere (insb. Regenwürmer)
- Pflanzenwurzeln
- anthropogene Bodenlockerung  
(Hydro-, Kryo-, Bio- und Technoturbation)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenverdichtung

Die **Verdichtungsempfindlichkeit** der Böden hängt vor allem ab von:

- Mineralzusammensetzung (sehr hoch bei Glimmer-reichem Muttergestein)
- Bodenart (sehr hoch bei schluffreichem Boden, gering bei tonreichem Boden)
- Humusgehalt (sehr hoch bei humusarmem Boden)
- Kationenbelag der Sorbenten (hoch bei hoher Alkali-Sättigung)
- Bodenwassergehalt (terrestrische Böden sind verdichtungsempfindlicher aber tragfähiger als hydromorphe Böden)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenverdichtung

- Ausmaß der Vorbelastung (geloockerte Böden sind verdichtungsempfindlicher und weniger tragfähig als verdichtete Böden)
- Vegetation, Bewurzelung (günstig: dichte, geschlossene Grasnarbe; Wurzelfilz)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenverdichtung

ist

**besonders ungünstig:**

in kühlen, niederschlagreichen Gebieten oder nassen Jahren; bei „feuchter“ topographischer Lage

**durchaus günstig (wenn keine Schadverdichtung):**

während Trockenperioden infolge höherer ungesättigter Wasserleitfähigkeit (bessere Wasserversorgung der Futterpflanzen)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---



## Porosität

**Poren:** Hohlräume in und zwischen den einzelnen Aggregaten

**Makroporen:** Regenwurmröhren, abgestorbene Wurzelgänge, Schrumpfungsrisse (hauptsächlich in tonreichen Böden)

**Regenwurmröhren:**

- rasche Versickerung von Niederschlags- und Schneeschmelzwasser (Verminderung des Erosionsrisikos)
- Durchlüftung des Bodens
- Leitbahnen für Pflanzenwurzeln

**Makroporen:** bes. wichtig in kühlen, niederschlagreichen Gebieten

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Kennzeichnung der Lagerungsdichte ( $d_B$ ) von Mineralböden

$d_B$ (g cm <sup>-3</sup> )	Bewertung
< 0,8	sehr gering
0,8 - 1,25	gering
1,25 - 1,50	mittel
1,50 - 1,75	hoch
> 1,75	sehr hoch

Quelle: Schlichting/Blume/Stahr, 1995

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Schwankungsbereiche von Lagerungsdichte ( $d_B$ ), Porenvolumen (PV) und Porenziffer (PZ) in Mineralböden (C-Gehalt bis 2 %)

	$d_B$ (g cm <sup>-3</sup> )	PV (%)	PZ
<b>Sande</b>	1,16 - 1,70	56 - 36	1,27 - 0,56
<b>Schluffe</b>	1,17 - 1,63	56 - 38	1,27 - 0,62
<b>Lehme</b>	1,20 - 2,00	55 - 30	1,22 - 0,43
<b>Tone</b>	0,93 - 1,72	65 - 35	1,85 - 0,54

Quelle: Scheffer/Schachtschabel, 1998

Je höher der Tongehalt, desto niedriger sollte die Lagerungsdichte sein!

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Gashaushalt des Bodens

beeinflusst

- Wurzel- und Sprosswachstum der Pflanzen
- Zusammensetzung und Aktivität des Edaphons
- Humusmenge und Nährstoffkreislauf
- Nitrifikation und Denitrifikation
- Redoxreaktionen
- Stoffkomposition etc.

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Gashaushalt des Bodens

Die Menge und Zusammensetzung der Bodenluft ist abhängig von

- Porenvolumen, -größenverteilung, -kontinuität
- Wassergehalt des Bodens
- Bodentemperatur, Druck in der Gasphase
- Atmung der Pflanzenwurzeln, Lebenstätigkeit des Edaphons
- chemische Reaktionen im Boden
- Bodentiefe

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Gashaushalt des Bodens

Luftvolumen: Gesamt-Porenvolumen – Wasservolumen  
Luftkapazität: Luftvolumen bei Feldkapazität

Optimum der Luftkapazität des Bodens für das Pflanzenwachstum: 8-12 Vol% Porenvolumen

Optimaler O<sub>2</sub>-Gehalt der Bodenluft: ca. 10 %

Optimaler CO<sub>2</sub>-Gehalt der Bodenluft: 1-2 %

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Gashaushalt des Bodens

Indikatoren für Sauerstoffmangel (schlechte Durchlüftung) im Boden:

- grauer Reduktionshorizont, Verfählung und Ausbleichung
- Rost- und Reduktionsflecken, Roströhren, Konkretionen
- üble Gerüche (insb. durch  $H_2S$ )
- dichte, grobe, plattige Struktur
- Krusten

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

- ungleichmäßige Durchwurzelung (wurzelfreie Zonen)
- horizontal verlaufende oder sogar aufwärtswachsende Wurzeln
- unverrottete organische Reste

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Diagnostische Merkmale für gute Bodendurchlüftung:

- Regenwurmröhren
- Wurzelgänge
- Risse und Spalten
- gleichmäßige Durchwurzelung
- poröse, lockere, feinaggregierte, krümelige Struktur
- Erdgeruch

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodentemperatur

beeinflusst

- alle chemischen, biologischen und viele physikalische Prozesse im Boden
- Geschwindigkeit der Stoffkreisläufe (Stofffreisetzung)
- Nährstoffverfügbarkeit
- Wasser- und Nährstoffaufnahme der Pflanzenwurzeln
- Wurzeltiefgang
- Keimung der Samen (Frostkeimung, Stratifikation)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodentemperatur

beeinflusst

- Wachstum der Pflanzen
- Mikroorganismen- und Enzymaktivität im Boden
- Beginn und Länge der Vegetationsperiode
- Beginn und Länge der Weideperiode

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

**Spezifische Wärmekapazität:** Wärmemenge, die benötigt wird, um 1 Volumeneinheit Boden um 1 Wärmeinheit zu erwärmen; sehr stark vom Wassergehalt des Bodens abhängig (Wasser > Luft)

**Wärmeleitfähigkeit:** Wärmemenge, die durch einen Querschnitt von 1 cm<sup>2</sup> unter einem Gradienten von 1 K cm<sup>-1</sup> in einer Sekunde fließt

abhängig von Bodenart (Ton > Sand > Torf), Wassergehalt des Bodens (feuchte Böden leiten besser als trockene), Luftgehalt des Bodens (verdichtete Böden sind gute, lockere Böden schlechte Wärmeleiter)

**Bodenwärmestrom:** entsteht bei einem Temperaturgradienten im Boden und ausreichender Wärmeleitfähigkeit

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodentemperatur

ist abhängig von

- Sonneneinstrahlung (geogr. Breite, Seehöhe, Jahres-, Tageszeit, Witterung, Exposition, Hangneigung)
- Bodenfarbe
- Bodenwassergehalt
- Bodenart
- Porenvolumen und Porengrößenverteilung
- Vegetation
- Schneedecke

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Dunkle Böden - helle Böden

Dunkle Böden erwärmen sich stärker als helle Böden (größere Strahlungsabsorption, geringere Albedo)

### Feuchte Böden - trockene Böden

Feuchte Böden erwärmen sich tagsüber an der Oberfläche langsamer und weniger stark als trockene Böden; sie kühlen nachts weniger stark ab. Feuchte Böden leiten die Wärme besser in die Tiefe, sie verbrauchen mehr Wärme für die Verdunstung, sie haben ein größeres Wärmespeichervermögen, geringere Bodentemperaturamplituden sowie ein verzögertes Wachstum im Frühjahr und einen verspäteten Vegetations- und Weidebeginn.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Leichte Böden - schwere Böden

Leichte Böden erwärmen sich an der Oberfläche rascher und stärker als schwere Böden (geringere Wärmeleitung und Verdunstungskälte); sie kühlen in der Nacht stärker aus und haben größere Bodentemperaturamplituden. Leichte Böden beginnen bei gleichem Wassergehalt früher zu gefrieren als schwere Böden.

### Lockere Böden - verdichtete Böden

Lockere Böden erwärmen sich an der Oberfläche rascher und stärker als verdichtete Böden (geringere Wärmeleitung und Verdunstungskälte); sie kühlen in der Nacht stärker aus und haben größere Bodentemperaturamplituden. Verdichtete, krumenwechselfeuchte Böden verbrauchen während der Nassphase viel Wärme für die Verdunstung.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

**Mit Pflanzen bewachsene Böden-vegetationslose Böden**

Mit Pflanzen bewachsene Böden erwärmen sich am Tag langsamer und weniger stark als vegetationslose Böden, weil die oberirdische Phytomasse Strahlungsenergie absorbiert und vergleichsweise weniger Strahlungsenergie bis zur Bodenoberfläche gelangt; sie kühlen in der Nacht langsamer und weniger stark aus (ausgleichende Wirkung einer Pflanzendecke, geringere Bodentemperaturamplituden)

**Schneedecke**

Schnee ist ein schlechter Wärmeleiter; der Boden unter einer ausreichend hohen Schneedecke weist Temperaturen um oder wenig unter 0 °C auf

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

**Nasse Moorböden**

Die relativ hohe spezifische Wärmekapazität und die Verdunstungskälte haben im Frühjahr eine langsame Erwärmung und einen verspäteten Vegetationsbeginn zur Folge.

**Trockene Moorböden**

Die relativ geringe spezifische Wärmekapazität und die relativ geringe Wärmeleitfähigkeit bewirken am Tag eine starke Erwärmung der Bodenoberfläche; die Nacht- und Spätfrostgefahr ist groß.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

**Mulchdecke, Strohdecke**

gute Wärmeisolierung; geringere Tages- und Jahreschwankungen der Bodentemperatur, weil nachts die Wärmeverluste durch Ausstrahlung und tagsüber der Wärmegewinn durch Strahlungsabsorption geringer sind; sowohl die Erwärmung im Frühjahr als auch die Abkühlung im Herbst ist verzögert; die Bodenfeuchte bleibt höher

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Mineralische Pflanzennährelemente

**Makronährelemente:** N, P, S, K, Ca, Mg

**Mikronährelemente:** Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl, Ni

**Nützliche Elemente:** Na, Si, Co

⇒ **Lebensnotwendige Elemente**

⇒ **Nützliche Elemente**

⇒ **Entbehrliche Elemente**

- **Menge, Zusammensetzung, Verfügbarkeit**

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Nährstoffverfügbarkeit

**Intensitätsfaktor:** Stoffkonzentration in der Bodenlösung

**Kapazitätsfaktor:** Mobilisierbare Nährstoffreserven im durchwurzelten Boden

**Quantitätsfaktor:** Gesamtmenge eines Nährstoffs im Boden

**Kinetikfaktor:** Rate, mit der die Bodenlösung durch die Bodenfestphase wieder aufgefüllt wird (Desorption, Lösung, Mineralisation)

**Massenfluss- und Diffusionsfaktor:** Rate, mit der die Nährstoffe in der Bodenlösung zur aufnahmeaktiven Wurzel gelangen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Nährstoffverfügbarkeit

**Pflanzenverfügbarkeit der Nährelemente im Grünlandboden und Nährstoffaufnahme der Pflanzen**

- Nährstoffkonzentration in der Bodenlösung
- Bodenwassergehalt (Transportrate der Nährelemente zu den Pflanzenwurzeln)
- Kapazität des Bodens zur Nährstoffnachlieferung (mobilisierbarer Nährstoffvorrat im durchwurzelten Boden, Freisetzungsgeschwindigkeit der Nährelemente aus dem verfügbaren Vorrat)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Nährstofftransport zur Pflanzenwurzel

**Massenfluss:**  $F_M = C_i \times v$

$F_M$  = Massenfluss

$C_i$  = Konzentration der Bodenlösung

$v$  = Wasserflussrate zur Wurzel

**Diffusion:**  $F_D = -D_i \times \theta \times f \times \frac{dC_i}{dx} + F_E$

$F_D$  = Gesamtfluss durch Diffusion pro  $\text{cm}^2$  Querschnitt des Bodens

$D_i$  = Diffusionskoeffizient im Wasser

$\theta$  = volumetrischer Wassergehalt

$f$  = Widerstandsfaktor

$\frac{dC_i}{dx}$  = Konzentrationsgradient in der flüssigen Phase

$F_E$  = Diffusionsfluss entlang der festen Phase

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

Der Nährstofftransport zur Pflanzenwurzel hängt vor allem von der Konzentration bzw. vom Konzentrationsgradient in der Bodenlösung, vom Bodenwassergehalt und von der Transpirationsrate der Pflanze ab.

Ein Boden hat dann eine ausreichende Verfügbarkeit eines Stoffes, wenn die Flussrate aus dem Boden zur Wurzel mindestens so groß ist wie die notwendige Aufnahme dieser Wurzel.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Nährstoffverfügbarkeit

**Pflanzenfaktoren:**

Wurzel-Spross-Verhältnis, Wurzellänge, Wurzelwachstumsrate, Größe der aufnahmeaktiven Wurzeloberfläche, Aufnahme pro Einheit Wurzellänge, Dauer der Aufnahmeaktivität der Einzelwurzel, Länge und Dichte der Wurzelhaare, Veränderung des Stoffzustandes in der Rhizosphäre durch lebende Pflanzenwurzeln (Versauerung der Rhizosphäre durch Abgabe von  $\text{H}^+$  oder org. Säuren, Abgabe niedermolekularer org. Verbindungen mit komplexierenden und/oder reduzierenden Eigenschaften, selektive Stoffaufnahme), Symbiose der Wurzeln mit Pilzen

**Wurzelinterzeption:** gerichtetes Wurzelwachstum in Richtung der Bodenressourcen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

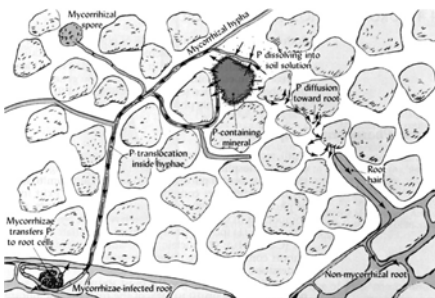
---

---

---



## Räumliche Nährstoffverfügbarkeit im Boden



Quelle: Brady & Weil, 1999

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

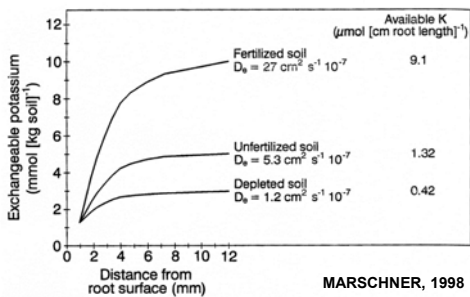
---

---

---

---

## Nährstoffverfügbarkeit



MARSCHNER, 1998

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

## Ionenkonkurrenz (Antagonismus)

- Konzentration eines Nährelements in der Bodenlösung versus Aufnehmbarkeit dieses Nährelements durch die Pflanzen
- Auch das Verhältnis zwischen den verschiedenen Nähr- und Schadelementen ist für die Nährstoffaufnahme von Bedeutung
- Verringerte Aufnahme von Magnesium durch einen Überschuss an Kalzium oder Kalium

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

## Gesetz des Minimums

Das Ertragspotenzial eines Standortes wird nur dann voll ausgeschöpft, wenn im Boden

- alle lebensnotwendigen Nährelemente in ausreichenden Mengen und
- in einem harmonischen Verhältnis pflanzenverfügbar sind

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

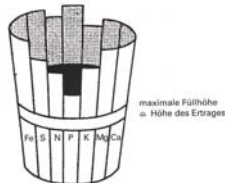
---

---

---

## Gesetz des Minimums

Ein hoher Kalium-Gehalt im Grünlandboden führt zu keinem hohen Ertrag, wenn den Pflanzen gleichzeitig zu wenig aufnehmbare Stickstoff zur Verfügung steht.



Quelle: Finck, 2007

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Stoffzusammensetzung im Boden

Für die floristische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, den Futterertrag, die Futterqualität und die Effizienz der Düngung hat die Stoffzusammensetzung im Boden eine große Bedeutung. Ungünstige Stoffrelationen am Sorptionskomplex und in der Bodenlösung beeinträchtigen die Nährstoffaufnahme der Pflanzen und die Bodenstruktur.

Für das Pflanzenwachstum ist wichtig, dass der Boden **alle erforderlichen Nährstoffe** in einem **ausgewogenen Verhältnis** enthält (wichtig: **Stoffgehalte** und **-relationen**).

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Stoffrelationen

### Günstig:

Ca-Sättigung: 60-90 %

Mg-Sättigung: 5-15 %

K+Na-Sättigung: < 5 %

Al+Fe+Mn-Sättigung: < 10 % wobei Al-Sättigung: 0 %

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Faktoren der Nährstoffverfügbarkeit im Grünlandboden

Entscheidende Faktoren sind:

- Mobilisierbare Nährstoffmenge im durchwurzelten Boden (Humus- und Tongehalt, Mineralbestand, Eintrag, Austrag)
- Bodentemperatur und Bodenwasserhaushalt (Witterung)
- Mikroorganismen- und Enzymaktivität
- Kationen- und Anionenaustauschkapazität im Boden

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Faktoren der Nährstoffverfügbarkeit im Grünlandboden

Entscheidende Faktoren sind:

- Boden-pH-Wert
- Bodenstruktur und Durchwurzelbarkeit des Bodens (mechanischer Eindringwiderstand, Durchlüftung, Bodengründigkeit)
- Pflanzenwurzeln

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## pH-Wert

Maß für den Säuregrad des Bodens, Indikator für die Bodenfruchtbarkeit

pH-Wert beeinflusst

- Löslichkeit der mineralischen Düngemittel
- Intensität der chemischen Verwitterung
- Löslichkeit und Bioverfügbarkeit von Nähr- und Schadstoffen
- Speicherung und Auswaschung von Nähr- und Schadstoffen
- indirekt die Bodenstruktur

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

- Bodenorganismen und mikrobielle Aktivität im Boden
- Nitratbildung im Boden
- gasförmige Stickstoff-Verluste durch Verflüchtigung von Ammoniak
- N<sub>2</sub>-Fixierung durch Leguminosen
- indirekt das Pflanzenwachstum und die Artenzusammensetzung der Grünlandvegetation

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## pH-Wert

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}_3\text{O}^+]$$

pH	mol l <sup>-1</sup>		
	[H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ]	[OH]	
8	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-6</sup>	alkalisch
7	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup>	neutral
6	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-8</sup>	sauer
5	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-9</sup>	sauer
4	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-10</sup>	sauer

Eine pH-Wert-Erniedrigung um eine Einheit bedeutet eine Verzehnfachung von [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]. pH 3 ist nicht doppelt so sauer wie pH 6, sondern tausendmal!

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Säuren

Bodenversauerung  $\Rightarrow$  natürlicher Prozess; durch hohe Niederschläge und basenarme Gesteine/Böden begünstigt

Externe Säurequellen:

- Zufuhr von physiologisch sauer wirkenden Düngemitteln
- Säureeintrag über den Niederschlag (reines Regenwasser: pH-Wert 5.6)

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

Ökosysteminterne Säurequellen:

- Atmung der Bodenorganismen und Pflanzenwurzeln  $\Rightarrow$  Kohlensäure
- Mikrobieller Abbau der organischen Substanz  $\Rightarrow$  Salpetersäure, Schwefelsäure, organische Säuren
- Kationen-Überschuss bei der pflanzlichen Nährstoffaufnahme
- Leguminosen ( $N_2$ -Fixierung)
- Biomasse-Export (Ernte)
- Humusanreicherung
- Oxidationsprozesse im Boden

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

Eine Säurebelastung entsteht vor allem dann, wenn die Rate der Nitrifikation im Boden (Salpetersäurebildung) die Rate der Nitrataufnahme der Pflanzen deutlich übersteigt (Bodenversauerung durch überhöhte N-Düngung).

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Säurepufferungssystem

Unter einem Säurepufferungssystem versteht man ein chemisches System, das trotz Zufuhr von Säuren ihren pH-Wert in Grenzen konstant halten kann.

Ausmaß und Geschwindigkeit der Bodenversauerung hängen von der Rate der externen und ökosysteminternen Säurebelastung und von der aktuellen Pufferrate (Säureneutralisationskapazität) im Boden ab. Wenn die Rate der Säurebelastung größer wird als die aktuelle Pufferrate im Boden, kommt es zu einer pH-Abnahme. Bei gleicher Säurezufuhr nimmt der pH-Wert um so langsamer ab, je besser der Boden gepuffert ist.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Säurepufferung durch

- Mineralauflösung (Carbonate, Silikate, Oxide, Hydroxide)
- Kationenaustauschreaktionen (Huminstoffe; Tonminerale; Oxide, Hydroxide und Oxihydroxide des Al, Fe und Mn)
- Protonierung gelöster Protonenakzeptoren (anorganische und organische Anionen in der Bodenlösung)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

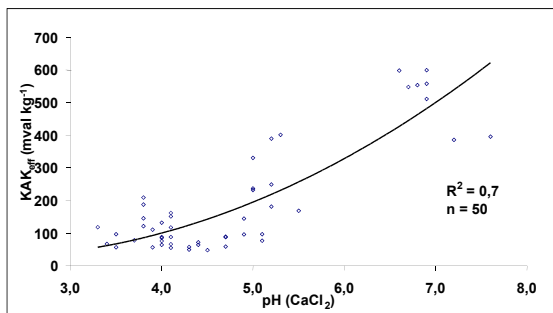
---

---

---

---

## Beziehung pH-Wert - $KAK_{eff}$



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

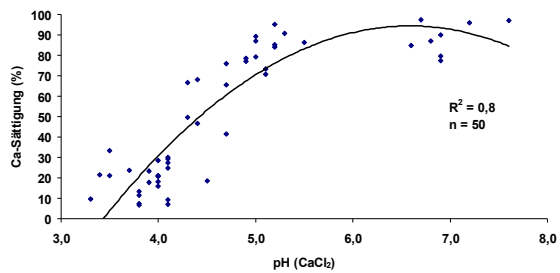
---

---

---

---

### Beziehung pH-Wert - Ca-Sättigung



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

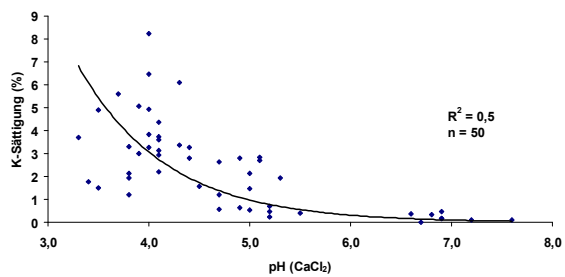
---

---

---

---

### Beziehung pH-Wert - K-Sättigung



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

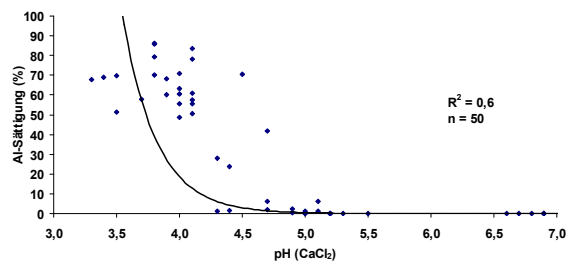
---

---

---

---

### Beziehung pH-Wert - Al-Sättigung



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

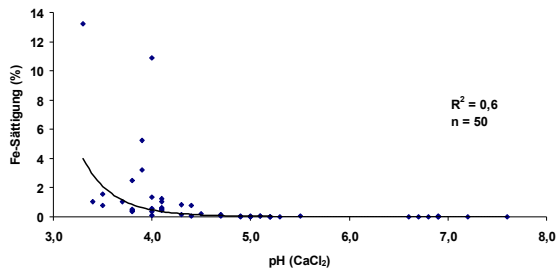
---

---

---

---

## Beziehung pH-Wert - Fe-Sättigung



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## pH-Pufferbereiche nach ULRICH, 1981

- ➔ **Karbonat-Pufferbereich (pH 6.2-8.3)**
- ➔ **Silikat-Pufferbereich (pH 6.2-5.0)**
- ➔ **Austauscher-Pufferbereich (pH 5.0-4.2)**
- ➔ **Aluminium- und Aluminium/Eisen-Pufferbereich (pH < 4.2)**

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Karbonat-Pufferbereich (pH 6.2-8.3)

Im Boden sind Erdalkalcarbonate fein verteilt; i.a. dominiert  $\text{Ca}^{2+}$  am Sorptionskomplex und in der Bodenlösung; Al-Ionen treten in der Bodenlösung in messbaren Konzentrationen nicht oder nur in Form von Al-organischen Komplexen auf; i.a. niedrige P-Konzentration in der Bodenlösung;  $\text{HCO}_3^-$  ist das vorherrschende Anion in der Bodenlösung; die Salzkonzentration in der Bodenlösung ist hoch (i.a. hohe eL und Gefügestabilität); i.a. hohe SNK und vor allem bei humusreichen Böden hohe effektive KAK; ungünstig ist absoluter und relativer  $\text{Ca}^{2+}$ -Überschuss in der Bodenlösung und am Sorptionskomplex (starke individuelle Stoffdiskriminierung, Ionen-Antagonismus); im Pflanzenbestand dominieren basiphile Pflanzenarten.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



### Silikat-Pufferbereich (pH 6.2-5.0)

Die Stoffzusammensetzung in der Bodenlösung und am Sorptionskomplex ist ausgewogen (keine Stoffdisharmonien); calcifuge und basiphile Pflanzenarten können koexistieren; eine hohe floristische Artenvielfalt ist möglich; günstige Mineralstoffzusammensetzung im Futter; generell günstiger ökochemischer Stoffzustand.

Sollzustand der Grünlandböden im Hauptwurzelraum!

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Austauscher-Pufferbereich (pH 5.0-4.2)

Die Stoffzusammensetzung in der Bodenlösung und am Sorptionskomplex ist noch relativ ausgewogen; mit Annäherung an den Al-Pufferbereich treten allerdings verstärkt potentiell phytotoxische Elemente, wie beispielsweise Al auf; vor allem im oberen Teil des Austauscher-Pufferbereichs können calcifuge und basiphile Pflanzenarten noch koexistieren.

Eine Kalkdüngung oder die Zufuhr basenreicher Gesteinsmehle ist bereits zu empfehlen!

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Aluminium- und Aluminium/Eisen-Pufferbereich (pH < 4.2)

Geringe Ca<sup>2+</sup>- und Basen-Sättigung; i.a. hohe BNK und niedrige effektive KAK; hohe Al- bzw. Fe-Sättigung; Gefahr der H<sup>+</sup>-, Al- und Schwermetalltoxizität; relativer Alkali- und Sesquioxidüberschuss sowie komplementärer relativer Erdalkalimangel; Nährstoffstress für die Pflanzenwurzel aufgrund disharmonischer Stoffzusammensetzung im Boden; calcifuge Pflanzenarten dominieren im Pflanzenbestand; die Pflanzenartenvielfalt ist gering; Leguminosen fehlen weitgehend; i.a. rel. hohe Mn-, Zn-, Ni-Konzentrationen im Futter.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Funktionen der Pflanzenwurzel

- Verankerung der Pflanze im Boden
- Aufnahme, Leitung und Speicherung von Wasser, Nähr- und Schadstoffen
- Speicherung und Bereitstellung von Assimilaten
- Symbiose mit Pilzen (Mykorrhiza)
- Symbiose mit Bakterien zur Bindung von Luftstickstoff (Leguminosen-Knöllchenbakterien)
- Bildung und Stabilisierung von Bodenkrümel (Lebendverbauung)
- Lockerung des Bodens, Bildung von Sekundärporen
- Ergänzung des Humusvorrates (Humusbildung)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Funktionen der Pflanzenwurzel

- Abgabe organischer Stoffe (Exsudate, Sekrete, partikuläres Material)
- Stoff- und Energiespeicher, Nährstofflieferant
- Nahrungs- und Energiequelle für heterotrophe Bodenorganismen
- Bereitstellung von Pflanzennährstoffen (Nährstofffreisetzung bei der Wurzelzersetzung)
- Förderung des Bodenlebens (Schaffung von Lebensraum und Nährstoffquelle für Bodenorganismen)
- Erhöhung der mikrobiellen Aktivität, Förderung der Mikroorganismen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Durchwurzelbarkeit des Bodens:

- Grad der Ausnützung der Wasser- und Nährstoffvorräte im Boden  $\Rightarrow$  Vegetation, Ertrag, Futterqualität, Stoffauswaschung
- Je größer die Wurzeldichte (Anzahl von Feinwurzeln pro  $m^2$  Boden) im Grünlandboden ist, desto mehr Wasser und Nährstoffe können aus dem Boden aufgenommen werden.
- Erodierbarkeit der Ackerböden

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Pflanzenwurzeln

Die Pflanzenarten unterscheiden sich sowohl in der Wurzelmasse als auch im Wurzeltiefgang.

- Gräser haben i.A. eine größere Wurzelmasse als Leguminosen und die Mehrzahl der Kräuter
- Wurzelmasse und Wurzeltiefgang sind bei Untergräsern i.d.R. geringer als bei Obergräsern

Auf Grund dieser artspezifischen Unterschiede

- die einzelnen Vegetationstypen weisen grundsätzlich verschiedene Wurzelmassen und Tiefen der Durchwurzelung auf.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

Die Durchwurzelbarkeit des Bodens und der Wurzeltiefgang werden beeinflusst von:

- Bodengründigkeit (anstehendes Festgestein)
- mechanischer Eindringwiderstand (insb. bei abnehmender Bodenfeuchte)
- Gasaustausch (Verdichtungen, Vernässungen, O<sub>2</sub>-Konzentration)
- phytotoxische Stoffe (pH-Wert, Redoxpotential)
- Nährstoffgehalt
- Licht
- Bodentemperatur
- Bodenwasserhaushalt
- Nutzungsintensität

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Durchwurzelungstiefe

- 80-90 % der Wurzelmasse befinden sich in den obersten 10 cm des Bodens
- Trockenheit und Wärme fördern das Tiefenwachstum der Wurzeln
- Nässe, Kälte und eine starke Bodenversauerung hemmen das Tiefenwachstum der Wurzeln
- In wärmeren Gebieten erreichen die Wurzeln der Gräser auf frischen Standorten Tiefen bis über 1 m, einige Kräuter sogar bis über 2 m
- In kühleren Gebieten dringen die Graswurzeln kaum noch tiefer als 50 cm in den Boden ein und die Kräuter erreichen selten eine Wurzeltiefe von über 1 m

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Intensität der Grünlandbewirtschaftung

- Je häufiger eine Nutzung durch Mahd oder Beweidung erfolgt, desto geringer werden Wurzelmasse und Wurzeltiefgang
- Düngung vermindert die Wurzelmasse in erster Linie durch Änderungen in der Artenzusammensetzung im Grünlandbestand
- Wurzelmasse, Wurzellänge und Wurzeloberfläche werden i.d.R. durch Bodenverdichtung reduziert

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

- Ein verdichteter, nährstoffreicher Boden fördert flachwurzeln Pflanzenarten mit geringer Wurzelmasse
- Eine Intensivierung der Grünlandbewirtschaftung bewirkt vor allem durch Änderungen in der Artenzusammensetzung des Pflanzenbestandes eine Verminderung der unterirdischen Phytomasse und gleichzeitig auch eine relativ stärkere Anreicherung in der Tiefenstufe 0-5 cm
- Hohes Wurzel:Spross-Verhältnis: charakteristisch für nährstoffarme Standorte
- Gehemmtetes Wurzelwachstum: Symptom für intensive Nutzung oder phytotoxische Bodenverhältnisse

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Vesikulär-Arbuskuläre Mykorrhiza (VAM)

**Mykorrhiza:** Symbiose von Pilzen mit Wurzeln höherer Pflanzen

**Vesikeln:** geschwollene Hyphen; dienen der Nährstoffspeicherung

**Arbuskeln:** bäumchenartig verzweigte Hyphenenden; dienen dem Stoffaustausch zwischen Pilz und Wirtspflanze

**Vorteil für die Wirtspflanze:** verbesserte Nährstoffversorgung (insb. P) auf nährstoffarmen (P-armen) Böden

**Vorteil für den Pilz:** Kohlenhydrate von der Wirtspflanze

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Vesikulär-Arbuskuläre Mykorrhiza (VAM)

**VAM-Infektion der Wurzeln:** im gesamten pH-Bereich der Böden; durch hohe Nährstoffverfügbarkeit im Boden (hohe N- und P-Düngung) gehemmt

**Bedeutung der VAM:** wichtig für die Pflanzenernährung in Böden mit schwer verfügbaren Nährstoffen. Je besser die Nährstoffversorgung im Boden, desto geringer wird die Bedeutung der VAM für die Pflanzenernährung.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

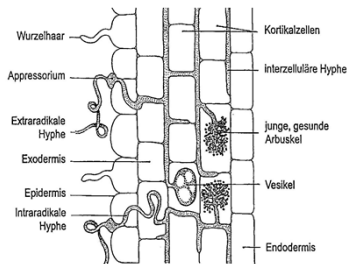


Abb. 1 Arbuskuläre Mykorrhiza. Bei der arbuskulären Mykorrhiza dringen die Pilzhypen in die Wurzelinndenzellen der Wirtspflanze ein und bilden blumenförmige Arbuskeln und Vesikel. Während die Arbuskeln dem intensiven Stoffaustausch zwischen Pilz und Pflanze dienen, werden in den Vesikeln Nährstoffe gespeichert. Die Hyphen bilden im Boden ein extensives Myzel, welches vielfach mehrere cm in den Boden eindringt. Diese Hyphen bilden Sporen aus. Einzelne Pilzarten können aber auch innerhalb der Wurzel Sporen ausbilden (nach Brundrett et al. 1994).

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## N<sub>2</sub>-Fixierung durch symbiotische Bakterien

Symbiose zwischen den Wurzeln der Leguminosen und den Knöllchen bildenden, N<sub>2</sub>-fixierenden Bakterien der Gattung Rhizobium.

**N<sub>2</sub>-Fixierung bedeutet:**

- N-Zufuhr zum Boden (pro % Leguminosenanteil etwa 1-5 kg N/ha/Jahr)
- pH-Abnahme in der Rhizosphäre von Leguminosen

**Ungünstig für N<sub>2</sub>-Fixierung:**

hoher N-Gehalt des Bodens (N-Düngung); niedriger pH-Wert (pH < 5.0); wenig Ca, P, K, Mo, Ni im Boden; niedrige Temperaturen (< 10 °C); starke Austrocknung; Überflutung; Staunässe; Bodenverdichtung; hohe Nutzungsfrequenz; geringe Photosyntheserate der Wirtspflanze

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Pflanzenarten nährstoffarmer Standorte

- rel. niedrige Wachstumsraten (langsam wachsende Arten  $\Rightarrow$  weniger Ertrag)
- z.T. verholzte oder immergrüne Arten
- i.a. sehr lichtbedürftig und kleinwüchsig
- hohes Wurzel-Spross-Verhältnis
- meist kleine, schmale, derbe, ligninreiche, z.T. borstenförmige Blätter
- Konzentration der Blattmasse in Bodennähe
- langlebige Blätter und Wurzeln
- effektives Nährstoffaneignungsvermögen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Pflanzenarten nährstoffarmer Standorte

- langsame und späte Reservestoffspeicherung
- i.a. hohe Kohlenhydratgehalte
- i.a. niedriges Nährstoffaufnahmevermögen
- effektivere Nährstoffretranslokation
- rel. geringer Nährstoffbedarf
- i.a. niedrige Nährstoffgehalte im Gewebe (i.a. geringer Aschengehalt)
- produzieren rel. viel org. Substanz pro Einheit aufgenommenener mineralischer Nährstoffe
- Carnivorie
- rel. geringe Reaktion auf Nährstoffzufuhr hinsichtlich oberirdischem Biomassezuwachs

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

Pflanzenarten, die nährstoffarme Standorte besiedeln, können mit den geringen Mengen an verfügbaren Nährstoffen besonders effizient umgehen. Wichtige Strategien sind:

- **Absorptionseffizienz:** Verbesserung der Nährstoffaufnahme z.B. durch stärkeres Wurzelwachstum oder durch Bildung zahlreicher langer Wurzelhaare
- **Mobilisierungseffizienz:** Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit in der Rhizosphäre z. B. durch Abgabe von  $H^+$ , org. Säuren oder organischen Verbindungen mit komplexierenden und/oder reduzierenden Eigenschaften
- **Gebrauchseffizienz:** pflanzeninterne Nährstoffverlagerung; Retranslokation

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Pflanzenarten nährstoffreicher Standorte

- hoher Nährstoffbedarf
- rel. hohe Wachstumsraten (raschwüchsige Arten)
- i.a. hohes Nährstoffaufnahmevermögen
- i.a. geringes Wurzel-Spross-Verhältnis
- meist große, weiche, saftige Blätter
- Blätter vom Boden abgehoben
- rascher Abbau der abgestorbenen Blätter und Wurzeln (rascher Nährstoffkreislauf)
- meist frühzeitige und starke Reservestoffspeicherung
- i.a. hohe Nährstoffgehalte im Gewebe
- i.a. niedrige Kohlenhydratgehalte
- hohe Eiweißsynthese und hohe Nitratreduktaseaktivität
- reagieren stärker auf Nährstoffmangel

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Pflanzen-Anpassung an die Trockenheit

- niedriger Wuchs
- kleine oder sukkulente Blätter
- manche Gräser bilden schmale und oft eingerollte, steife Blattspreiten
- dichte Behaarung oder Wachsüberzüge (Verdunstungsschutz)
- größere Wurzelmasse und Durchwurzelungstiefe

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Futterqualität (Mineral- und Inhaltsstoffe)

- Standort (Klima, Boden)
- Floristische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes
- Bewirtschaftung (Mahd, Beweidung, Düngung, Bestandespflege)
- Pflanzenalter zum Nutzungszeitpunkt (Entwicklungsstadium)
- Blatt-Stängel-Verhältnis
- Jahreszeit und Witterung

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Wert einer Futterpflanze

- Gehalt an Mineral-, Inhalts- und Wirkstoffen
- Gehalt an wertmindernden Stoffen (z.B. Oxalsäure)
- Verdaulichkeit und Schmackhaftigkeit
- Geschwindigkeit, mit der sich die Mineral- und Inhaltsstoffe während der Pflanzenentwicklung verändern (Nutzungselastizität)
- Eignung für Futterwerbung und -konservierung
- Verdrängungsvermögen, Ertragsfähigkeit
- biologische Stickstoff-Fixierung

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Boden – Mineralstoffgehalte in Pflanzen

- pH-Wert
- Redoxpotential
- Mobilisierbarer Vorrat
- Humus- und Tongehalt, KAK, AAK
- Gelöste organische Substanz (DOC), Wurzel-exsudate
- Ionenantagonismus

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Praktische Bedeutung der Pflanzengesellschaften und der Pflanzensoziologie

- Standortbeurteilung (Standortbonität, Nutzungseignung, Ertragspotential)
- Einschätzung von Ertrag und Futterqualität sowie der Nutzungsintensität
- Feststellung von Standortsveränderungen, Standortsmängel, Düngungs- und Bewirtschaftungsfehlern sowie Ableitung von Verbesserungsmöglichkeiten
- Erfolgskontrolle hinsichtlich Düngungs- und Pflegemaßnahmen
- Feststellung des Naturschutzwertes und der Schutzbedürftigkeit

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---



## Syntaxonomische Einheiten

Assoziation ⇒ Verband ⇒ Ordnung ⇒ Klasse  
 Assoziation ⇒ Subassoziation ⇒ Variante ⇒ Ausbildung

**Subassoziation:** feine Unterschiede im Wasserhaushalt

**Variante:** feine Unterschiede im Nährstoffhaushalt

**Ausbildung:** floristische und ökologische Besonderheiten

Andreas Bohner  
 Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

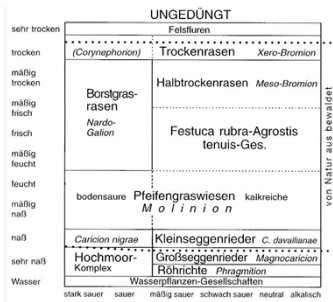
---

---

---

---

## Ungedüngtes Grünland



Quelle: GLAVAC, 1996

Andreas Bohner  
 Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

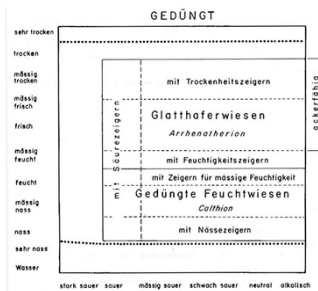
---

---

---

---

## Gedüngte Wirtschaftswiesen



Quelle: ELLENBERG, 1986

Andreas Bohner  
 Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

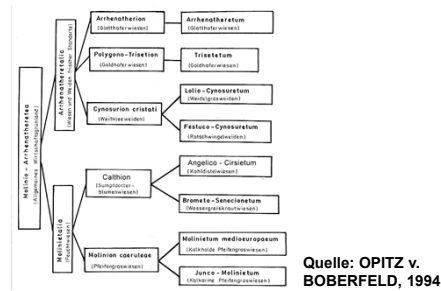
---

---

---

---

## Syntaxonomie des Wirtschaftsgrünlandes



Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Schlankseggen-Ried Caricetum gracilis

**Nutzung:** meist 1 Herbstmahd; meist ungedüngt

**Typische Arten:** Schlank-Segge (dom.), Sumpf-Segge, Kriech-Hahnenfuß, Pfennigkraut, Acker-Minze, Glieder-Simse

**Standort:** meist basenreiche, mäßig nährstoffreiche Gleye, Augleye, Naßgleye, Anmoore und Niedermoore im Karbonat- oder Silikat-Pufferbereich in Mulden, auf ebenen Flächen und schwach geneigten Hanglagen; mäßig nass - nass; im Frühjahr häufig überflutet

**Bedeutung:** rel. artenarme Streuwiese

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Rohrglanzgrasröhricht Phalaridetum arundinaceae

**Nutzung:** 1-2 Schnitte/Jahr; gelegentlich schwach gedüngt

**Typische Arten:** Rohr-Glanzgras (dom.), Kriech-Hahnenfuß, Echter Beinwell, Pfennigkraut, Gewöhnliches Rispengras

**Standort:** meist basenreiche, mäßig nährstoffreiche vergleyte Graue Auböden, Augleye und Anmoore im Karbonat- oder Silikat-Pufferbereich auf ebenen Flächen; mäßig nass; im Frühjahr fallweise oder regelmäßig kurzfristig überflutet

**Bedeutung:** rel. artenarme, ertragreiche Nasswiese

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Fadenbinsen-Wiese Juncetum filiformis

**Nutzung:** meist 2 Schnitte/Jahr; regelmäßig schwach gedüngt

**Typische Arten:** Faden-Simse (dom.), Schlangen-Knöterich, Sumpf-Vergißmeinnicht, Kuckuckslichtnelke, Moor-Labkraut, Braun-Segge, Sumpf-Veilchen, Wasser-Greiskraut, Scharfer Hahnenfuß

**Standort:** meist mäßig nährstoffreiche Niedermoore und Anmoore im Silikat- oder Austausch-Pufferbereich auf ebenen Flächen und schwach geneigten Hanglagen; nass; in kühlen Lagen

**Bedeutung:** rel. arten- und ertragarme Nasswiese

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Kohldistelwiese Angelico sylvestris - Cirsietum oleracei

**Nutzung:** meist 2 Schnitte/Jahr; regelmäßig gedüngt

**Typische Arten:** Kohldistel, Sumpf-Vergißmeinnicht, Wild-Engelwurz, Sumpfdotterblume, Wald-Simse, Echtes Mädesüß, Rasenschmiele, Kuckuckslichtnelke, Schweden-Klee, Wiesen-Schaumkraut

**Standort:** meist nährstoff- und basenreiche Gleye, Augleye, Hanggleye und Anmoore im Karbonat- oder Silikat-Pufferbereich auf ebenen Flächen und schwach geneigten Hanglagen; in wärmeren Gebieten; überwiegend feucht (mäßig feucht - mäßig nass)

**Bedeutung:** ertrag- u. krautreiche Feuchtwiesengesellschaft; Futterreserve in Trockenjahren

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Knickfuchsschwanz-Gesellschaft Ranunculo repentis-Alopecuretum geniculati

**Nutzung:** meist 2 Schnitte/Jahr; regelmäßig gedüngt

**Typische Arten:** Knick-Fuchsschwanz (dom.), Kriech-Hahnenfuß, Glieder-Simse, Kriech-Straußgras, Falt-Schwaden, Gewöhnliches Rispengras

**Standort:** meist nährstoff- und basenreiche Gleye, Augleye und Anmoore im Karbonat- oder Silikat-Pufferbereich in periodisch überfluteten Mulden; mäßig nass - nass

**Bedeutung:** arten- und ertragreicher Kriechrasen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Fuchsschwanzwiese

#### Ranunculo repentis - Alopecuretum pratensis

**Nutzung:** meist 3-5 Schnitte/Jahr; regelmäßig gedüngt

**Typische Arten:** Wiesen-Fuchsschwanz (dom.), Kriech-Hahnenfuß, Weißklee, Gewöhnliches Rispengras, Wiesen-Schwengel, Scharfer Hahnenfuß

**Standort:** meist nährstoff- und basenreiche vergleyte Braune Auböden, vergleyte Graue Auböden, Gleye, Augleye und Anmoore im Karbonat- oder Silikat-Pufferbereich auf ebenen Flächen; mäßig feucht - feucht

**Bedeutung:** ertragreichste Feuchtwiesengesellschaft; relativ artenarm; Futterreserve in Trockenjahren

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Glatthaferwiese

#### Arrhenatheretum elatioris

**Nutzung:** 2-3 Schnitte/Jahr; regelmäßig gedüngt

**Typische Arten:** Glatthafer (dom.), Wiesen-Pippau, Groß-Bibernelle, Wiesen-Glockenblume, Wiesen-Storchschnabel, Wiesen-Labkraut, Wiesen-Witwenblume, Wiesen-Bocksbart, Pastinak

**Standort:** meist nährstoff- und basenreiche Mineralböden im Karbonat-, Silikat- oder Austausch-Pufferbereich auf ebenen Flächen bis steilen Hanglagen; überwiegend frisch (halbtrocken - mäßig feucht); planar - montan

**Bedeutung:** ertragreiche, qualitativ hochwertige Dauerwiesengesellschaft in tieferen, wärmeren Lagen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Goldhaferwiese

#### Trisetetum flavescens

**Nutzung:** meist 2 Schnitte/Jahr; regelmäßig gedüngt

**Typische Arten:** Goldhafer (dom.), Rote Lichtnelke, Bergwiesen-Frauenmantel, Wimper-Kälberkopf, Wald-Vergißmeinnicht, Wald-Storchschnabel, Hohe Schlüsselblume, Weißer Krokus, Große Sterndolde, Kriech-Schaumkresse, Gewöhnliche Perücken-Flockenblume

**Standort:** meist nährstoff- und basenreiche Mineralböden im Karbonat-, Silikat- oder Austausch-Pufferbereich auf ebenen Flächen bis steilen Hanglagen; überwiegend frisch (mäßig halbtrocken - mäßig feucht); montan - subalpin

**Bedeutung:** ertragreiche, qualitativ hochwertige Dauerwiesengesellschaft in höheren Lagen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Rotschwengel-Straußgraswiese *Festuca rubra*-*Agrostis capillaris*-Ges.

**Nutzung:** 1-2 Schnitte/Jahr; ungedüngt bis schwach gedüngt

**Typische Arten:** Rotschwengel (dom.), Rot-Straußgras (dom.), Kriech-Schaumkresse, Gewöhnliches Ruchgras, Flecken-Johanniskraut, Wiesen-Margerite, Gras-Sternmiere, Weiches Honiggras, Rauher Löwenzahn

**Standort:** vorwiegend nährstoff- und basenärmere Braunerde im Silikat- oder Austauscher-Pufferbereich in steiler, nordseitiger Hanglage; überwiegend frisch – krumenwechselfeucht

**Bedeutung:** meist abgelegene, schwer erreichbare, spät gemähte, grasreiche, ertragärmere Frischwiese

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Mähweiden (und Vielschnittwiesen) (*Trifolium repens* - *Poa trivialis*-Ges.)

**Nutzung:** meist 1-2 Schnitte und 2-3 Weidegänge/Jahr; regelmäßig gedüngt

**Typische Arten:** Weißklee, Gew. Rispengras, Wiesen-Rispengras, Englisches Raygras, Wiesen-Löwenzahn, Stumpfblatt-Ampfer, Acker-Quecke, Kriech-Hahnenfuß

**Standort:** meist nährstoff- und basenreiche, krumenpseudovergleyte Mineralböden im Karbonat- oder Silikat-Pufferbereich auf ebenen Flächen und mäßig geneigten Hanglagen; überwiegend krumenwechselfeucht (halbtrocken - mäßig feucht)

**Bedeutung:** intensiv genutzt; sehr ertragreich; hohe Futterqualität; rel. artenarm

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Rotschwengel-Kammgrasweide *Festuco commutatae*-*Cynosuretum*

**Nutzung:** mäßig intensive Beweidung; meist schwach gedüngt

**Typische Arten:** Rotschwengel (dom.), Rot-Straußgras, Wiesen-Kammgras, Herbst-Löwenzahn, Weißklee, Gewöhnliches Ruchgras, Rauher Löwenzahn, Wiesen-Margerite, Gewöhnliche Brunelle, Gew. Ferkelkraut

**Standort:** meist nährstoff- und basenärmere, krumenpseudovergleyte Braunerde im Silikat- oder Austauscher-Pufferbereich auf mäßig geneigten bis steilen Hanglagen; überwiegend krumenwechselfeucht (frisch - mäßig feucht)

**Bedeutung:** Hutweide und mäßig intensiv genutzte Kulturweide; mäßig ertragreich

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Weißkleeweiden Cynosurion cristati

**Nutzung:** meist 4-5 Weidegänge/Jahr; regelmäßig gedüngt  
**Typische Arten:** Englisches Raygras, Weißklee, Gänseblümchen, Quendel-Ehrenpreis, Wiesen-Lieschgras, Herbst-Löwenzahn, Kriech-Straußgras, Kriech-Hahnenfuß, Gewöhnliches Rispengras, Wiesen-Rispengras, Breitwegerich  
**Standort:** meist nährstoff- und basenreiche, krumenpseudovergleyte Mineralböden im Karbonat- oder Silikat-Pufferbereich auf ebenen Flächen und mäßig geneigten Hanglagen; überwiegend krumenwechselfeucht (halbtrocken - mäßig feucht); planar - montan  
**Bedeutung:** intensiv genutzte Kulturweide; sehr ertragreich; hohe Futterqualität; rel. artenarm

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Trittrasen Matricario matricarioides-Polygonion arenastri

**Nutzung:** intensive Beweidung, hohe Trittbelastung  
**Typische Arten:** Englisches Raygras, Strahlenlose Kamille, Einjahrs-Rispengras, Gleichblättriger Vogel-Knöterich, Breitwegerich, Liegendes Mastkraut, Kriech-Straußgras, Herbst-Löwenzahn, Kriech-Hahnenfuß, Weißklee  
**Standort:** meist nährstoff- und basenreiche, überverdichtete, krumenpseudovergleyte Mineralböden im Karbonat- oder Silikat-Pufferbereich auf ebenen Flächen; überwiegend krumenwechselfeucht  
**Bedeutung:** arten- und ertragarme, lückige Pflanzengesellschaft

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Trespen-Halbtrockenrasen Mesobrometum erecti

**Nutzung:** meist 1 Schnitt/Jahr; ungedüngt  
**Typische Arten:** Aufrechte Tresse (dom.), Sichel-Schneckenklee, Skabiosen-Flockenblume, Flaumhafer, Silberdistel, Tauben-Skabiose, Wundklee, Fieder-Zwenke, Wiesen-Kammschmiela, Karthäuser-Nelke, Wiesen-Salbei, Echte Schlüsselblume  
**Standort:** meist nährstoffarme, basenreiche Rendzinen und Pararendzinen im Karbonat-Pufferbereich auf süd-exponierten, wärmebegünstigten Hanglagen; halbtrocken  
**Bedeutung:** artenreicher, ertragarmer, meist kräuterreicher Halbtrockenrasen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Pfeifengraswiesen Molinion caeruleae

**Nutzung:** 1 Herbstmahd; ungedüngt

**Typische Arten:** Blaues Pfeifengras (dom.), Sibirien-Schwertlilie, Färber-Scharte, Silge, Großer Wiesenknopf, Schatten-Segge, Glanz-Wiesenraute, Echte Betonie, Teufelsabbiss, Nordisches Labkraut, Weiden-Alant, Lungen-Enzian, Flatter-Simse

**Standort:** meist nährstoffarme, carbonathaltige oder carbonatfreie Niedermoore; feucht bis mäßig nass

**Bedeutung:** meist artenreiche, rel. ertragreiche und vom Pfeifengras dominierte Streuwiese

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Kalk-Flachmoore Caricion davallianae

**Nutzung:** gelegentlich Herbstmahd; ungedüngt

**Typische Arten:** Davall-Segge (dom.), Hirse-Segge, Breitblatt-Wollgras, Herzblatt, Saum-Segge, Sumpf-Kreuzblume, Mehl-Primel, Große Gelb-Segge, Gewöhnliches Fettkraut, Sumpf-Stendelwurz, Mücken-Händelwurz, Gewöhnliche Simsenlilie, Braune Knopfbirse (dom.)

**Standort:** nährstoffarme, basenreiche Niedermoore im Karbonat- oder Silikat-Pufferbereich; meist auf ebenen Flächen bis schwach geneigten Hanglagen; nass

**Bedeutung:** meist artenreiche, ertragarme, von Seggen dominierte Streuwiese (niedrigwüchsiges, moosreiches Kleinseggenried)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodensaure Flachmoore Caricion fuscae

**Nutzung:** gelegentlich Herbstmahd; ungedüngt

**Typische Arten:** Braun-Segge (dom.), Igel-Segge, Grau-Segge, Sumpf-Veilchen, Schmalblatt-Wollgras, Brenn-Hahnenfuß, Faden-Simse, Sumpf-Kratzdistel, Sumpf-Straußgras, Fieberklee, Blutauge, Sumpf-Schachtelhalm

**Standort:** nährstoff- und basenarme, saure Niedermoore; meist auf ebenen Flächen bis schwach geneigten Hanglagen; nass

**Bedeutung:** ertragarme, von Seggen dominierte Streuwiese (niedrigwüchsiges, moosreiches Kleinseggenried)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Alpen-Rispengras - Alpen-Lieschgraswiese (Poa alpina - Phleum rhaeticum-Gesellschaft)

**Nutzung:** meist 1 Schnitt/Jahr; regelmäßig gedüngt  
**Typische Arten:** Alpen-Rispengras, Alpen-Lieschgras, Gold-Pippau, Weißklee, Weißer Krokus, Berg-Hahnenfuß, Rot-Straußgras, Rotschwengel, Rauher Löwenzahn, Alpen-Vergißmeinnicht, Berg-Sauerampfer, Bergwiesen-Frauenmantel, Gewöhnliches Rispengras  
**Standort:** vorwiegend auf nährstoff- und basenreichen Braunerden im Silikat- oder Austauscher-Pufferbereich; meist auf ebenen bis schwach geneigten Hanglagen; überwiegend frisch; obermontan bis unteralpin  
**Bedeutung:** aus landwirtschaftlicher Sicht wertvollste Wiesenges. in der obermontanen bis unteralpinen Stufe

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Goldpippau-Kammgrasweide Crepido aureae - Cynosuretum cristati

**Nutzung:** rel. intensive Almbeweidung; meist gedüngt  
**Typische Arten:** Gold-Pippau, Wiesen-Kammgras, Wiesen-Kümmel, Läger-Rispengras, Breit-Wegerich, Weißklee, Herbst-Löwenzahn, Wiesen-Schwengel, Rauher Löwenzahn  
**Standort:** vorwiegend auf nährstoff- und basenreichen, krumenpseudovergleyten Braunerden im Silikat- oder Austauscher-Pufferbereich; meist auf ebenen bis schwach geneigten Hanglagen; häufig krumenwechselfeucht; obermontan  
**Bedeutung:** aus landwirtschaftlicher Sicht wertvollste Weidengesellschaft in der obermontanen Stufe

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Milchkrautweide Crepido aureae - Festucetum commutatae

**Nutzung:** rel. intensive Almbeweidung; meist gedüngt  
**Typische Arten:** Alpen-Rispengras, Alpen-Lieschgras, Braun-Klee, Gold-Pippau, Alpen-Mastkraut, Läger-Rispengras, Alpen-Mutterwurz, Rauher Löwenzahn, Weißklee  
**Standort:** vorwiegend auf nährstoff- und basenreichen, krumenpseudovergleyten Braunerden im Silikat- oder Austauscher-Pufferbereich; meist auf ebenen bis schwach geneigten Hanglagen; häufig krumenwechselfeucht; subalpin und unteralpin  
**Bedeutung:** aus landwirtsch. Sicht wertvollste Weideges. in der subalpinen und unteralpinen Stufe; rel. krautreich

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---



## Bürstlingsrasen Nardion

**Nutzung:** meist extensive Beweidung; ungedüngt

**Typische Arten:** Bürstling (dom.), Wiesen-Kreuzblume, Hunds-Veilchen, Heide-Nelke, Arnika, Pillen-Segge, Drahtschmiele, Berg-Nelkenwurz, Bart-Glockenblume, Silikat-Glocken-Enzian, Gold-Fingerkraut, Schweizer Löwenzahn, Höswurz, Bunthafer, Pyramiden-Günsel

**Standort:** vorwiegend auf nährstoff- und basenarmen Braunerden im Austausch- oder Al-Pufferbereich; meist frisch bis krumenwechselfeucht

**Bedeutung:** ertragreicher Silikat-Magerrasen vorwiegend in der montanen, subalpinen und unteralpinen Stufe

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Blaugras-Horstseggenrasen Seslerio variaie - Caricetum sempervirentis

**Nutzung:** extensive Almbeweidung; ungedüngt

**Typische Arten:** Kalk-Blaugras (dom.), Horst-Segge, Steinraute, Kalk-Glocken-Enzian, Zottiges Habichtskraut, Herzblatt-Kugelblume, Alpen-Wundklee, Salzburger Augentrost, Alpen-Aster, Hufeisenklee

**Standort:** auf flachgründigen, nährstoffarmen, basenreichen Rendzinen und Pararendzinen im Karbonat- oder Silikat-Pufferbereich; auf südexponierten, sommerwarmen, früh schneeeperen, steilen Hanglagen; frisch

**Bedeutung:** rel. artenreicher, bunter, ertragreicher Kalk-Magerrasen in der subalpinen und unteralpinen Stufe

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Polsterseggenrasen Caricetum firmae

**Nutzung:** sehr extensive Almbeweidung; ungedüngt

**Typische Arten:** Polster-Segge (dom.), Zwergstendel, Niedriger Schwingel, Rosarotes Läusekraut, Blaugrüner Steinbrech, Sieber-Teufelskralle, Aurikel, Silberwurz, Kalk-Polsternelke, Wimper-Mannsschild, Clusius-Primel

**Standort:** auf flachgründigen, nährstoffarmen, basenreichen Pech-Rendzinen und Polster-Rendzinen im Karbonat- oder Silikat-Pufferbereich; meist auf windexponierten, früh schneeeperen Gipfeln, Kuppen, Rücken oder Grate; frisch

**Bedeutung:** rel. arten- und ertragarme Klimaxgesellschaft der oberalpinen Stufe

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Krummseggenrasen Caricetum curvulae

**Nutzung:** sehr extensive Almbeweidung; ungedüngt  
**Typische Arten:** Gewöhnliche Krumm-Segge (dom.), Kopfgras, Zwerg-Primel, Krainer Greiskraut, Haariges Habichtskraut, Grasblatt-Teufelskralle, Zwerg-Seifenkraut, Bunthafer, Gänseblümchen-Ehrenpreis, Alpen-Margerite, Zwerg-Augentrost  
**Standort:** vorwiegend auf nährstoff- und basenarmen Alpinen Pseudogleyen und Braunerden im Austausch- oder Al-Pufferbereich; vorwiegend in konvexer Lage; meist nivigen-krumenwechselfeucht  
**Bedeutung:** rel. arten- und ertragarme Klimaxgesellschaft der oberalpinen Stufe

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Lebensformen

**Phanerophyten:** meist hoch- und höherwüchsige Gehölze (Bäume, Sträucher), Überdauerungsknospen meist höher als etwa 30 cm über dem Boden  
**Chamaephyten:** Pflanzen mit Überdauerungsknospen mind. etwa 5-10 cm über der Bodenoberfläche, aber nicht höher als etwa 50 cm (Halbsträucher, Zwergsträucher, Teppichsträucher, Polsterstauden, bodennahe Sukkulente)  
**Hemikryptophyten:** Pflanzen mit Überdauerungsknospen in unmittelbarer Nähe der Bodenoberfläche  
**Geophyten:** Pflanzen mit verdickten Überdauerungsorganen und -knospen im Boden (Zwiebel-, Knollen-, Rhizom-, Wurzel-Geophyten)

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Lebensformen

**Therophyten:** Pflanzen, deren Lebenszyklus nicht länger als ein Jahr dauert und die deshalb keinerlei Überdauerungsorgane ausbilden (Einjährige); erneuern sich durch Aussamung (generative Vermehrung); meist Ackerunkräuter und Ruderalpflanzen; benötigen offenen Boden (im Grünland Lückenbüßer)

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Wirtschaftsgrünland

- Hemikryptophyten dominieren
- Hohe Anteile an Therophyten ⇒ Zeichen für
  - lückige Pflanzenbestände
  - Übernutzung
  - zu späte Mahd oder Beweidung
  - generell falsche Bewirtschaftung

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Lücken

- Arten der Samenbank können keimen und sich etablieren
- anemochore Arten finden nach dem Einfliegen konkurrenzarme Etablierungsplätze
- Keimung und Etablierung von eingeschleppten Samen
- Einwanderung von Arten aus der unmittelbaren Umgebung

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Ursachen einer lückigen Grasnarbe

- Überdüngung (zu hohe oder schlecht verteilte Düngergaben)
- Übernutzung (zu frühe erste, zu häufige und zu späte letzte Nutzung)
- Unternutzung (zu späte Nutzung)
- Fahr- und Trittschäden, zu tief eingestellte Erntemaschinen
- Urinbrandstellen, Kotgeilstellen, Futterreste
- selektive Unkrautregulierung ohne Übersaat
- Schädlinge (Mäuse, Engerlinge), Krankheiten (Pilzbefall), Maulwürfe
- Witterung (Trockenheit, Nässe, Überflutung, Frost, Schneereichtum)

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Verunkrautung

Art und Ausmaß sind abhängig von

- natürlichen Standortverhältnissen
- Art, Zeitpunkt und Häufigkeit der Nutzung

### Ursache der Verunkrautung

- kühle und feuchte Standorte
- schattige und schneereiche Lagen
- konkave Lagen, Mulden, Unterhänge, Hangfußlagen (natürliche Nährstoffanreicherungsstandorte)
- tonreiche Böden

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

Unkräuter sind Arten, die gesundheitsschädlich für Tiere sind, keinen oder nur geringen Futterwert besitzen und den wertvollen Futterpflanzen viel Platz wegnehmen.

### Absolute Unkräuter:

- **Giftpflanzen** (z.B. Scharfer Hahnenfuß, Herbstzeitlose, Sumpf-Schachtelhalm, Adlerfarn)
- **Platz- und Nährstoffräuber** (z.B. Stumpfblättriger Ampfer, Schlangen-Knöterich, Disteln)
- **Halb- und Vollparasiten** (z.B. Klappertopf-Arten, Augentrost-Arten, Sommerwurz-Arten, Kleeseide)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

### Fakultative Unkräuter:

- Pflanzenarten, die vor allem bei hohem Ertragsanteil zum Problem werden (z.B. Wiesen-Kümmel)
- Pflanzenarten, deren Schmackhaftigkeit, Gehalt an Mineral-, Inhalts- und Wirkstoffen sowie Konservierbarkeit sich mit der Art und dem Zeitpunkt der Nutzung stark ändern (z.B. Wiesen-Kerbel, Wiesen-Bärenklau)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Kräuter

### Vorteile

- hohe Nutzungselastizität
- hohe Mineralstoffgehalte
- hohe Schmackhaftigkeit
- diätetische Wirkung, Gewürz- und Heilpflanzen
- hohe Blütenpracht (Landschaftsästhetik)
- Nahrungsgrundlage für Insekten, Eiablageplatz z.B. f. Heuschrecken

### Nachteile

- hohe Bröckelverluste
- längere Trocknungszeiten
- schlechter Narbenschluss
- geringer landwirtschaftlich nutzbarer Ertrag (insb. wenn Rosettenpflanzen und kriechende, niedrigwüchsige Arten dominieren)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Maßnahmen der Unkrautregulierung

- Mechanische, biologische, thermische, chemische Unkrautregulierung
- standortangepasste Beweidung, Pflegeweidegang im Frühling
- Förderung der Versamung der Gräser (Selbstaussaat) durch späteren Schnitt
- Nach- oder Übersaat, standortgerechte Wahl der Saatgutmischung
- Wirtschaftsdüngeraufbereitung
- Umbruch und Neuansaat
- Art, Häufigkeit und Zeitpunkt der Düngung und Nutzung an den Standort anpassen

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Gräser

- Familie der Süßgräser (Poaceae)
- Familie der Riedgräser (Cyperaceae)
- Familie der Simsen- oder Binsengewächse (Juncaceae)
  
- Horstgräser (z.B. Knautgras)
- Rasengräser (z.B. Wiesen-Rispengras)
  
- Obergräser (z.B. Glatthafer)
- Mittelgräser (z.B. Goldhafer)
- Untergräser (z.B. Wiesen-Rispengras)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Futtergräser

### Vorteile

- hoher landwirtschaftlich nutzbarer Ertrag
- hohe Ertragssicherheit
- guter Narbenschluss
- geringe Ernteverluste
- gute Konservierbarkeit

### Nachteile

- niedrige Mineralstoffgehalte
- geringe Nutzungselastizität

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Leguminosen

- insb. Rotklee, Weißklee, Luzerne
- rankende Grünlandleguminosen: Vogel-Wicke, Zaun-Wicke, Wiesen-Platterbse

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Leguminosen

### Vorteile

- biologische N-Bindung (N<sub>2</sub>-Fixierung)
- hoher Eiweißgehalt
- hohe Mineralstoffgehalte
- hohe Schmackhaftigkeit
- hohe Blütenpracht (Landschaftsästhetik)

### Nachteil

- schlechte Konservierbarkeit

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Artengruppenverhältnis in Dauerwiesen

### Ideal

- 50-70 % hochwertige Futtergräser
- 10-20 % Leguminosen
- 10-30 % Kräuter

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Mahdverträglichkeit und Nutzungsempfindlichkeit der Arten

- Höhe und Zeitpunkt der Reservestoffspeicherung in unterirdischen oder bodennahen Organen
- Restassimilationsfläche, Wuchsform, Blütezeit
- Vegetative Vermehrung und Bestockungsvermögen
- Schnitthäufigkeit, Schnittzeitpunkt, Schnitthöhe
- Art, Zeitpunkt und Intensität der Beweidung

Die Mahdverträglichkeit und Nutzungsempfindlichkeit einer Art sind nicht konstant, sie ändern sich mit dem Standort.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Nutzungsintensivierung

- Vermehrung der Nutzungshäufigkeit (Anzahl der Schnitte oder Weidegänge pro Jahr)
- Vorverlegung der ersten Nutzung (Schnitt, Weidegang)
- Steigerung der Beweidungsintensität (Erhöhung der Besatzdichte)
- Erhöhung der jährlich ausgebrachten Düngermenge

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Nutzungsintensivierung

Zunahme bzw. Einwanderung von

- Zeigerpflanzen für Oberbodenverdichtung (Krumenwechsel-feuchtigkeitszeiger, Tritt- und Flufrasenarten) (z.B. Kriechender Hahnenfuß, Kriech-Straußgras, Einjähriges Rispengras)
- Rosettenpflanzen (z.B. Gänseblümchen, Breitwegerich) und Pflanzen mit oberirdischen Ausläufern (z.B. Weißklee, Kriech-Fingerkraut)
- nährstoffliebenden Ackerunkräutern und Ruderalpflanzen (Therophyten) (z.B. Gewöhnliches Hirtentäschel, Vogelmiere)
- Überdüngungszeigern (z.B. Wiesen-Kerbel, Gew. Bärenklau, Stumpflättriger Ampfer, Acker-Quecke)
- Arten, die früh blühen und aussamen (z.B. Wiesen-Löwenzahn)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Nutzungsintensivierung

- Rückgang oder Verlust zahlreicher Wiesen-Kennarten (z.B. Wiesen-Glockenblume, Wiesen-Witwenblume), rankender Grünland-Leguminosen (Wiesen-Platterbse, Zaun-Wicke, Vogel-Wicke), Magerkeitszeiger, vielschnitt- und trittempfindlicher sowie spätblühender Arten
- Strukturveränderung durch Erhöhung des Untergrasanteiles (insb. Gew. Rispengras) und Verringerung des Obergrasanteiles (insb. Glatthafer)
- fehlende vertikale Strukturierung des Pflanzenbestandes
- Verminderung der Pflanzenartenvielfalt (artenarme Dominanzbestände), Rückgang bzw. Verlust an seltenen oder gefährdeten Arten (Rote Liste-Arten)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Nutzungsintensivierung

- Verminderung der Zahl an Grünland-Pflanzengesellschaften
- Verhinderung der Blütenbildung und Samenreife (Selbstaussaat) bei vielen Arten (insb. spätblühende Arten) → der Samenvorrat im Boden wird allmählich erschöpft
- Verminderung der Blütenvielfalt und Aspektfolge
- Verlust an Bioindikatoren (Zeigerpflanzen)
- Abnahme der Wurzelmasse und des Wurzeltiefganges (Konzentration auf oberflächennahe Bodenschichten)
- Ertragssteigerung, Verbesserung der Futterqualität und Nährstoffanreicherung im Boden

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---



## Nutzungsintensivierung

- erhöhte Auswaschung von Nährstoffen und Abschwemmung von Düngemitteln → Gefährdung angrenzender schutzwürdiger Biotope, Belastung von Gewässern und Grundwasser
- gasförmige N-Verluste (insb. Ammoniak und Lachgas) → Belastung der Luft, Eutrophierung benachbarter oligotropher Ökosysteme, Geruchsbelästigung

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bewirtschaftungsaufgabe (Grünlandbrachen)

- Veränderung der Artenzusammensetzung der Vegetation
- Versaumung, Vergrasung, Verkrautung
- Gehölzansiedlung, Verbuschung, Wiederbewaldung
- Herdenbildung, Dominanzbildung
- Verminderung der Vielfalt an Gefäßpflanzenarten
- Veränderung der Physiognomie
- Streubildung, Nekromasse

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bewirtschaftungsaufgabe (Grünlandbrachen)

- Humusanreicherung, Erweiterung des C:N-Verhältnisses im Oberboden
- Bodenversauerung
- Auteutrophierung

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bewirtschaftungsaufgabe (Grünlandbrachen)

Ausmaß und Geschwindigkeit der Veränderungen hängen sehr wesentlich ab von:

- Standort (insb. Nährstoff- und Wasserhaushalt)
- Artenzusammensetzung der Vegetation zum Zeitpunkt der Bewirtschaftungsaufgabe
- Wuchsform der dominierenden Arten
- Kontaktvegetation

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Extensivgrünland

- meist hohe Pflanzenartenvielfalt
- großes und vielfältiges Blütenangebot
- gehäuftes Vorkommen seltener bzw. gefährdeter Pflanzenarten
- Schutz der abiotischen Ressourcen Boden, Wasser, Luft
- Landschaftsästhetik

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Extensivgrünland

- Ergänzungsfutter (Strukturfutter)
- Tiergesundheit („Medizinalheu“)
- Nutzungselastizität
- Imagepflege für die Landwirtschaft

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Zeigerpflanzen im Wirtschaftsgrünland

Zeigerpflanzen sind Bioindikatoren, mit deren Hilfe

- die Standortbonität rasch und flächenhaft beurteilt
- kleinräumige Standortunterschiede festgestellt
- Standortveränderungen, Düngungs- und Bewirtschaftungsfehler frühzeitig erkannt
- die Notwendigkeit von standortspezifischen Düngungs- und Pflegemaßnahmen abgeleitet
- der Erfolg von Düngungs- und Pflegemaßnahmen sowie kulturtechnischer Maßnahmen kontrolliert und
- standortspezifische Intensivierungsgrenzen festgestellt werden können.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Nährstoffzeiger

Stumpflättriger Ampfer, Wiesen-Bärenklau, Wiesen-Kerbel, Kälberkropf, Geißfuß, Große Brennessel, Weiße Taubnessel, Acker-Quecke

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Lückenbüßer

Wiesen-Löwenzahn, Gewöhnliches Hirtentäschel, Vogelmiere, Scharbockskraut, Stumpflättriger Ampfer, Behaartes Schaumkraut, Kriechender Hahnenfuß, Kriechendes Fingerkraut, Vogelknöterich, Fadenförmiger Ehrenpreis, Feld-Ehrenpreis, Bunter Holzzahn, Zottiger Klappertopf, Mastkraut, Weiche Trespe, Jähriges Rispengras, Läger-Rispengras, Gemeines Rispengras, Behaarte Segge, Ausläufer-Straußgras

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Bodenverdichtungs- und Übernutzungszeiger

Kriechender Hahnenfuß, Breit-Wegerich, Vogelknöterich,  
Herbstlöwenzahn, Knopf-Kamille, Jähriges Rispengras,  
Läger-Rispengras, Ausläufer-Straußgras, Gänse-  
blümchen, Gänse-Fingerkraut, Mittlerer Wegerich,  
Stumpfblättriger Ampfer, Gemeines Rispengras

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Magerkeitszeiger

Rot-Schwingel, Rot-Straußgras, Wiesen-Ruchgras,  
Wiesen-Hainsimse, Flaumhafer, Zittergras, Bürstling,  
Mittlerer Wegerich, Rauher Löwenzahn, Gewöhnliches  
Leimkraut, Blutwurz, Wiesen-Augentrost, Wiesen-  
Thymian, Kleines Habichtskraut, Ferkelkraut, Wiesen-  
Margerite

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Unternutzungszeiger

verschiedene Distel- und Klappertopf-Arten, diverse  
Sträucher und verholzte Zwergsträucher, stachelige bzw.  
dornige Arten, verschiedene Farne (insb. Adlerfarn)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Moose

- insb. in Magerwiesen und Magerweiden, vor allem in lückigen Halbtrockenrasen, Feucht- und Nasswiesen (Moore)
- schattige Standorte

Moose sind im Wirtschaftsgrünland Bioindikatoren für

- lückenhafte Pflanzenbestände
- geringe N-Verfügbarkeit im Boden

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Biodiversität

Vielfalt des Lebens auf der Erde

- Vielfalt innerhalb der Arten (genetische Ebene)
- Vielfalt an Arten (organische Ebene)
- Vielfalt an Lebensgemeinschaften (ökosystemare Ebene)

Pflanzenartenvielfalt → Teilaspekt der Biodiversität

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Biodiversität

- Bewertungskriterium für den Naturschutz (hohe Biodiversität → Indiz für hohe naturschutzfachliche Wertigkeit)
- Maß für die ökologische Nachhaltigkeit der Grünlandbewirtschaftung
- weitere wichtige Bewertungskriterien für den Naturschutz: Seltenheit, Natürlichkeitsgrad (Hemerobie), Repräsentanz, Vorkommen seltener und/oder gefährdeter Pflanzenarten (Rote Liste-Arten)

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Pflanzenartenvielfalt (Phytodiversität)

### $\alpha$ - Diversität:

Artenzahl pro Flächeneinheit oder Lebensgemeinschaft

### $\beta$ - Diversität:

Veränderung der Artenzusammensetzung einer Lebensgemeinschaft entlang eines Gradienten

### $\gamma$ -Diversität:

Gesamtartenzahl eines Naturraumes

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

## Pflanzenartenvielfalt

- Regionaler Artenpool
- Stress und Störung am Standort (Intensität der derzeitigen und ehemaligen Nutzung)
- Standortsheterogenität (Nischenvielfalt)
- Wuchsform der dominierenden Art
- Produktivität (oberirdische Phytomasseproduktion)
- Nährstoffverfügbarkeit im Boden
- Zeitraum, seit dem die Fläche als Grünland genutzt wird

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

**Artenpoolgröße:** Anzahl an Arten, die pot. in einem Habitat vorkommen können

**Evenness:** Maß für die Gleichverteilung von Arten innerhalb einer Pflanzengesellschaft

**Biotopvielfalt:** Anzahl verschiedener Biotop-typen pro Flächeneinheit

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

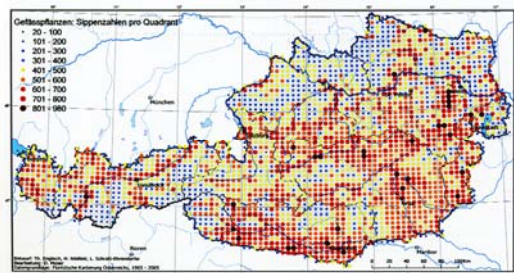
---

---

---

---

## Pflanzenartenvielfalt



Quelle: Niklfeld et al. 2008

Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

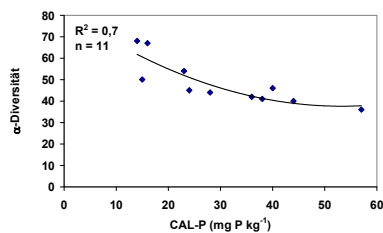
---

---

---

---

## Beziehung zwischen Pflanzenartenvielfalt (Gefäßpflanzen) und CAL-löslichem P-Gehalt im Oberboden (0-10 cm Bodentiefe)



Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

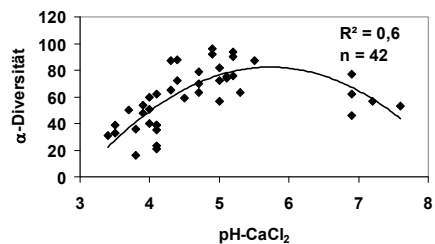
---

---

---

---

## Beziehung zwischen Pflanzenartenvielfalt (Gefäßpflanzen) und pH-Wert im Oberboden (0-10 cm Bodentiefe)



Andreas Böhner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Pflanzenartenvielfalt ausgewählter Pflanzengesellschaften des Wirtschafts- und Extensivgrünlandes in der Obersteiermark

	NI	MA
Narzissen-Wiese	1-2, eB	70
Trespen-Halbtrockenrasen	1-2, eB	68
Rotschwingel-Kammgras-Weide	eB	54
Iris-Wiese (Streuwiese)	1	50
Rotschwingel-Straußgras-Wiese	1-2, eB	45
Kohldistel-Schlangen-Knöterich-Wiese	2	44
Kalk-Flachmoor	1, eB, nb	44
Goldhafer-Wiese	2-3	43
Frauenmantel-Glatthafer-Wiese	2-3	42
Mähweiden	4-5	40
Kulturweiden	4-5	36
Trittpflanzengesellschaften	IT	20

NI = Nutzungsintensität (Anzahl der Schnitte oder Weidegänge pro Jahr; eB = extensive Beweidung; nb = nicht bewirtschaftet; IT = intensiver Tritteinfluss); MA = mittlere Artenanzahl (Farn- und Blütenpflanzen) pro Pflanzengesellschaft; Stand: Mai 2010

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Biozönotische Grundprinzipien (A. THIENEMANN)

### Erstes biozönotisches Grundprinzip:

Je variabler die Lebensbedingungen einer Lebensstätte, umso größer die Artenzahl der zugehörigen Lebensgemeinschaft.

### Zweites biozönotisches Grundprinzip:

Je mehr sich die Lebensbedingungen eines Biotops vom Normalen und für die meisten Organismen vom Optimalen entfernen, umso artenärmer wird die Biozönose, umso charakteristischer wird sie, in umso größerem Individuenreichtum treten die einzelnen Arten auf.

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Hemerobie-Stufen

**Hemerobie:** Grad der menschlichen Beeinflussung von Lebensgemeinschaften ⇒ Einschätzung der Naturnähe oder -ferne einer Landschaft



Im allgemeinen nimmt die Naturschutzwürdigkeit der Ökosysteme mit ansteigender Hemerobiestufe allmählich ab; der Anteil an Therophyten im Artenbestand nimmt zu. Intensivierung führt zu naturferneren Ökosystemen (Anstieg der Hemerobiestufe)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs (Niklfeld et al., 1999)

- Daten über die Gefährdung der einzelnen Arten (Bundesländer, Großlandschaften)
- Gründe für die Einstufung einer Art zu einer Gefährdungsstufe: Seltenheit, Bindung an bedrohte Standortstypen, negative Arealentwicklung (Rückgang der Bestände)

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---

Eine nachhaltige, erfolgreiche Grünlandbewirtschaftung ist nur möglich, wenn die naturräumlichen Standortfaktoren berücksichtigt werden. Die Art und Intensität der Nutzung und Düngung sowie die Beurteilung des Nährstoffzustandes im Boden haben sich immer an der naturräumlichen Standortbonität zu orientieren; geschieht dies nicht, ist mit einer stärkeren Verunkrautung der Wiesen und Weiden zu rechnen. Bei geringem naturräumlichen Standortpotential sollte daher die Düngungs- und Nutzungsintensität niedriger sein.

BOHNER & SOBOTIK, 2000

Andreas Bohner  
Abteilung für Umweltökologie



---

---

---

---

---

---

---

---