

# Studiengang Agrartechnik

## Modul Bodenkultur und Düngung

WS 2024/2025

Kapitel 6:

## Bodenschutz

# Gliederung des Moduls (Vorlesung)

5. Bodenmechanik

6 . Bodenschutz

- Bodenerosion
- Bodenverdichtung

7. Bodenschätzung

Teil Düngung

8. Wasser- und Nährstoffaufnahme

9. Stickstoffdüngung

10. Phosphor- und Kaliumdüngung

11. Schwefel-, Magnesium-, Kalzium-Düngung

12. Spurennährstoffdüngung

13. Organische Düngung

# Gliederung

- **Wassererosion**
  - ✍ Definition, Arten
  - ✍ Ausmaß
  - ✍ Bestimmungsfaktoren
  - ✍ Erosionskataster/CC-Regelungen
- **Winderosion**
  - ✍ Bestimmungsfaktoren
- **Bodenverdichtung**
  - ✍ Definitionen
  - ✍ Bestimmungsfaktoren
  - ✍ Abhilfemaßnahmen

# Definition Bodenerosion

- „Bodenerosion ist die Verlagerung von Bodenmaterial an der Bodenoberfläche durch Wasser oder Wind als Transportmittel“
- Bei diesem Vorgang können **innerhalb einer Fläche** Bereiche mit vorwiegendem Abtrag und solche mit vorwiegendem Auftrag ausgegrenzt werden: „**Onsite-Schäden**“
- Wird das Bodenmaterial in benachbarte Flächen, Gewässer, Biotope, oder die Atmosphäre ausgetragen: „**Offsite-Schäden**“

## Formen der Erosion durch Wasser

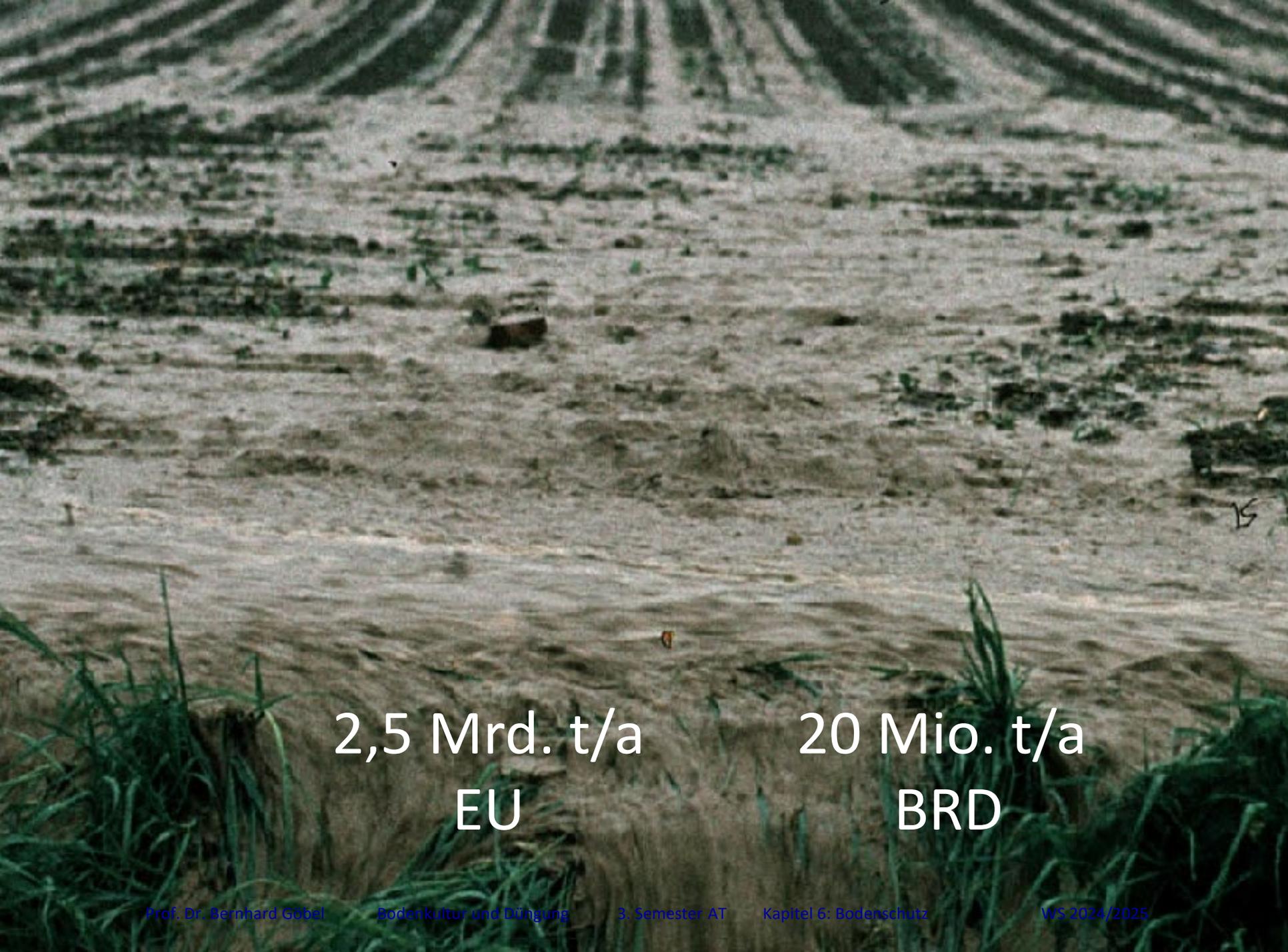
- ✍ **flächenhafte Erosion** (Schichterrosion): Boden wird gleichmäßig abgelöst und transportiert
- ✍ **Rillenerosion, Rinnenerosion, Grabenerosion**: lineare Erosionsformen unterschiedlicher Größe
- ✍ **Tunnelerosion**: unterirdische Hohlformen werden ausgespült und brechen schließlich ein; unabhängig von Verschlämmung; Bauten von Mäusen und Maulwürfen können Initialstadien sein







157 Mio. ha  
= 16% der Fläche Europas  
= 17 t/ha\*a



2,5 Mrd. t/a  
EU

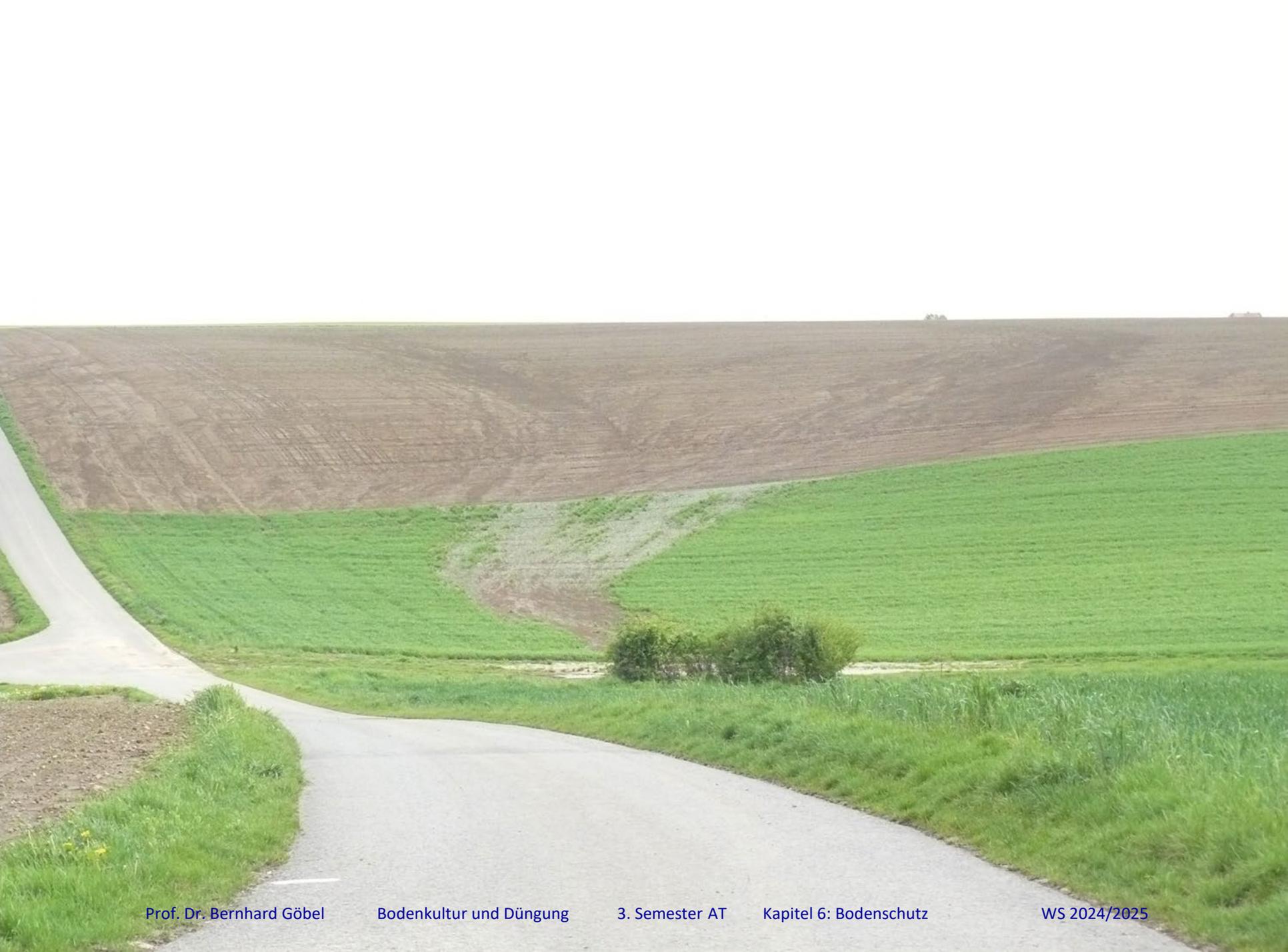
20 Mio. t/a  
BRD



**700.000 ha/a bezogen auf 25 cm Krume**

(2,5 Mrd. t/a bedeuten auf 25 cm Krume bezogen 700000 ha, entspricht 80 % der AF Hollands)

**Schaden: 13 Mrd. €/a**







# Gliederung

- Wassererosion
  - ✍ Definition, Arten
  - ✍ Ausmaß
  - ✍ **Bestimmungsfaktoren**
  - ✍ Erosionskataster/CC-Regelungen
- Winderosion
  - ✍ Bestimmungsfaktoren
- Bodenverdichtung
  - ✍ Definitionen
  - ✍ Bestimmungsfaktoren
  - ✍ Abhilfemaßnahmen

# Faktoren, die die Wassererosion beeinflussen

## Standortfaktoren, längerfristig wirkend [A]

Niederschlag [1]

Topographische Faktoren, wie Hangneigung, -länge und -form [2]

Bodenzusammensetzung [3]

Langfristige Nutzung (Wald, Grünland, Acker) [4]

Potenzielle Gefährdung

## Nutzungsfaktoren, kurzfristiger wirkend [B]

Bodenbedeckung [5]

Wasseraufnahmefähigkeit [6]

Bodenverdichtungen in Krume u. Unterboden [7]

Aggregatstabilität, Scherwiderstand [8]

Aktuelle Bodenfeuchte [9]

Tatsächliche Gefährdung

[A] + [B] ergeben:

Jedes einzelne Niederschlagsresultat bestimmt die:

Aktuelle Gefährdung

# Orientierungswerte für den Beginn der Wassererosion

- Niederschlag: >7,5 mm (Menge) oder >5 mm/h (Intensität)
- Bodenart: bevorzugt sandige Lehme und lehmige Sande, sowie Schluffe
- Hanglängen: > 50 m
- Hangneigung: > 4%
- Bodenoberfläche: fehlende Bodenbedeckung

# Gliederung

## ➤ Wassererosion

 Definition, Arten

 Ausmaß

 Bestimmungsfaktoren

 Erosionskataster/CC-Regelungen

## ➤ Winderosion

 Bestimmungsfaktoren

## ➤ Bodenverdichtung

 Definitionen

 Bestimmungsfaktoren

 Abhilfemaßnahmen

# Erosionskataster/Konditionalität/GLÖZ 5

- Gemäß der Verordnung (EU) 2021/2115 ist die Gewährung von Agrarzahlungen auch an die Einhaltung von Vorschriften in den Bereichen Klima und Umwelt, einschließlich Wasser, Böden und biologische Vielfalt von Ökosystemen, öffentliche Gesundheit und Pflanzengesundheit sowie Tierschutz gekoppelt
- Diese Verknüpfung wird als **Konditionalität** bezeichnet. Diese Regelungen umfassen:
  - ✍ neun Standards für die Erhaltung von Flächen in gutem landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (GLÖZ) und
  - ✍ elf Regelungen zu den Grundanforderungen an die Betriebsführung (GAB);

# Mindestpraktiken der Bodenbearbeitung zur Begrenzung von Erosion (GLÖZ 5)

In Abhängigkeit vom Grad der Erosionsgefährdung werden die Flächen in folgende Gefährdungsklassen eingeteilt (Erosionsgefährdungskataster):

- Wassererosionsstufen (K für „Konditionalität“):
  - ✍ K-Wasser 0
  - ✍ K-Wasser 1
  - ✍ K-Wasser 2
- Winderosionsstufen:
  - ✍ K-Wind 0
  - ✍ K-Wind 1
- Erosionsgefährdungskataster kann im Internet eingesehen werden: [www.erosionsschutz.bayern.de](http://www.erosionsschutz.bayern.de)

# Grundlage der Einteilung der Wasser- erosionsgefährdung ist die: Die Allgemeine Bodenabtragsgleichung (ABAG)

- Geht auf die Arbeiten von Wischmeier (USA, 1959-78) zurück
- Wischmeier entwickelte die Universal Soil Loss Equation (USLE)
- beruht auf eine Vielzahl von Messungen an standardisierten Messparzellen: 22,1m, 9%, Schwarzbrache (empirisches Modell)
- von Schwertmann auf Deutsche Verhältnisse übertragen
- es wird die mittlere tatsächliche Erosions**gefährdung** abgeschätzt (mittlere potenzielle Erosion)
- es wird die Flächen- und Rillenerosion berücksichtigt (nicht: Rinnen-, Graben oder Tunnelerosion)

# Allgemeine Bodenabtragsgleichung (ABAG)

$$A = R * K * L * S * C * P$$

- A = langjähriger Bodenabtrag [t/ha\*a]
- R = Erosivität der Niederschläge [N/(h\*a)]
- K = Erodierbarkeit des Bodens [t\*h/(ha\*N)]
- L = Erosionswirksame Hanglänge [ ]
- S = Hangneigungsfaktor [ ]
- C = Faktor für Bedeckungsgrad und Bewirtschaftung [ ]
- P = Faktor für Erosionsschutzmaßnahmen [ ]

# Einstufung des neuen Erosionsgefährdungskatasters für Wassererosion

- Bisher wurden nur der K-Faktor (Bodenerodierbarkeit) und der S-Faktor (Hangneigungsfaktor) der ABAG hergenommen
- Ab 2023 wird auch der R-Faktor (Regenerositätsfaktor) mit einbezogen (führt zu einer 2,4-fachen Ausweitung der erosionsgefährdeten Flächen!)
- Es wird der  $R \cdot K \cdot S$  Wert ermittelt und in 3(2) Klasse eingestuft:
  - ✍ K-Wasser 0:  $< 15$
  - ✍ K-Wasser 1: 15 bis  $< 27,5$
  - ✍ K-Wasser 2:  $> 27,5$

# Berechnung des RKS-Wertes eines Feldstücks

- Die Einzelfaktoren wurden zu einem bayernweit flächendeckenden RKS-Raster mit einer räumlichen Auflösung von 5\*5 Meter verrechnet.
- Der RKS-Wert je Feldstück wird dabei auf Grundlage aller RKS-Pixel berechnet, die mit ihrem Mittelpunkt innerhalb der Feldstücksgrenze liegen.
- Aus den Werten dieser Pixel wird der Median-Wert gebildet. Dieser ist der für die Einstufung des Feldstücks relevante RKS-Wert (vergl. Wassererosionsgefährdungsklassen oben).
- Im iBALIS wird dieser Wert als Erosionszahl angegeben.

# Bewirtschaftungseinschränkungen bei Wassererosionsgefährdung

## Ackerflächen der Erosionsgefährdungsklasse **K-Wasser 1:**

- ✍ Diese Ackerflächen dürfen vom 1. Dezember bis einschließlich 15. Februar nicht gepflügt werden.
- ✍ Das Pflügen nach der Ernte der Vorfrucht ist zudem nur dann zulässig, wenn vor dem 1. Dezember die Aussaat einer Winterkultur oder Zwischenfrucht erfolgt.
- ✍ Nach dem 15. Februar bestehen im Frühjahr für die Bestellung der Sommerkulturen keine Beschränkungen beim Pflügen.

## Ackerflächen der Erosionsgefährdungsklasse **K-Wasser 2:**

- ✍ Diese Ackerflächen dürfen ebenfalls vom 1. Dezember bis einschließlich 15. Februar nicht gepflügt werden.
- ✍ Darüber hinaus ist das Pflügen ab dem 16. Februar bis einschließlich 30. November nur dann erlaubt, wenn unmittelbar nach dem Pflügen eine Aussaat erfolgt.
- ✍ Vor der Aussaat von Reihenkulturen mit einem Reihenabstand von 45 cm und mehr ist das Pflügen verboten

**Es gelten zusätzlich länderspezifische Regelungen**

# Gliederung

- Wassererosion
  - ✍ Definition, Arten
  - ✍ Ausmaß
  - ✍ Bestimmungsfaktoren
  - ✍ Erosionskataster/CC-Regelungen
- **Winderosion**
  - ✍ **Bestimmungsfaktoren**
- Bodenverdichtung
  - ✍ Definitionen
  - ✍ Bestimmungsfaktoren
  - ✍ Abhilfemaßnahmen

## Standortfaktoren, längerfristig wirkend [A]

- Wind [1]
- Windoffenheit der Flächen [2]
- Bodenzusammensetzung [3]
- Hydromorphie des Standortes [4]
- Längerfristige Nutzung (Wald, Grünland, Acker) [5]



**Potenzielle Gefährdung**

## Nutzungsfaktoren, kurzfristiger wirkend [B]

- Bodenbedeckung [6]
- Oberflächenrauigkeit (7)
- Aggregatstabilität (8)
- Aktuelle Bodenfeuchte der Oberfläche (9)

**[A] + [B] ergeben:**



**Tatsächliche Gefährdung**

**Ein einzelnes Windergebnis bestimmt:**



**Aktuelle Gefährdung**

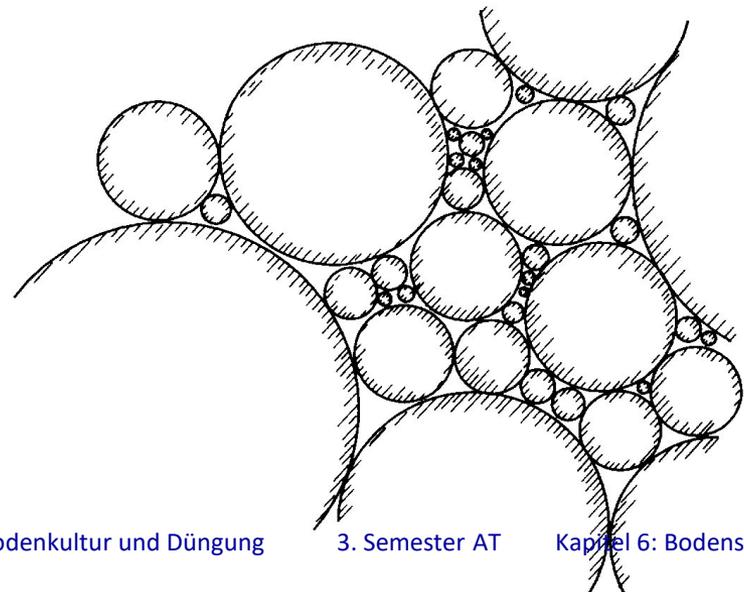
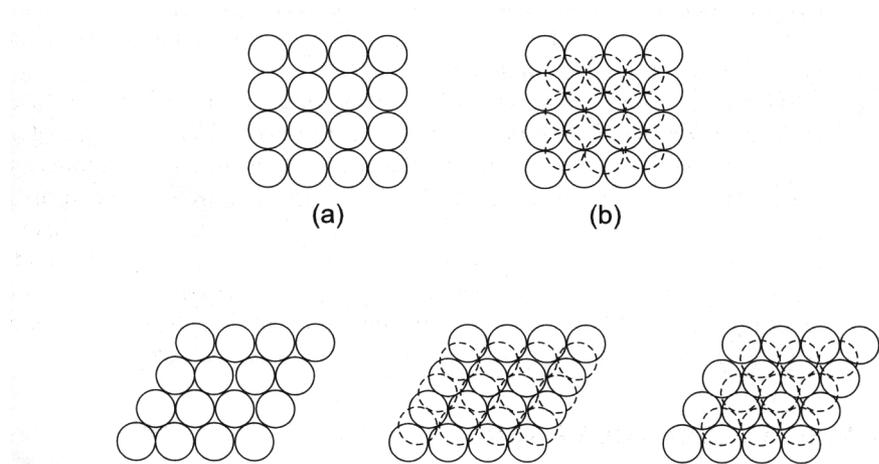
# Orientierungswerte für den Beginn der Winderosion

- Windgeschwindigkeit: >8m/sec (in 10m Höhe ~5-6m/sec. an d. Oberfläche)
- Bodenart: bevorzugt trockener Feinstsand und Anmoor/Moor
- Windoffenheit: <5km Flurelemente ja km<sup>2</sup> in waldarmen Regionen
- Bodenoberfläche: fehlende Bodenbedeckung (<30%)

# Gliederung

- Wassererosion
  - ✍ Definition, Arten
  - ✍ Ausmaß
  - ✍ Bestimmungsfaktoren
  - ✍ Erosionskataster/CC-Regelungen
- Winderosion
  - ✍ Bestimmungsfaktoren
- **Bodenverdichtung**
  - ✍ Definitionen
  - ✍ Bestimmungsfaktoren
  - ✍ Abhilfemaßnahmen

# Abhängigkeit der Dichte und Stabilität von der Korngrößenmischung und der Ordnung (Einregulierung) der Partikel



# Definitionen

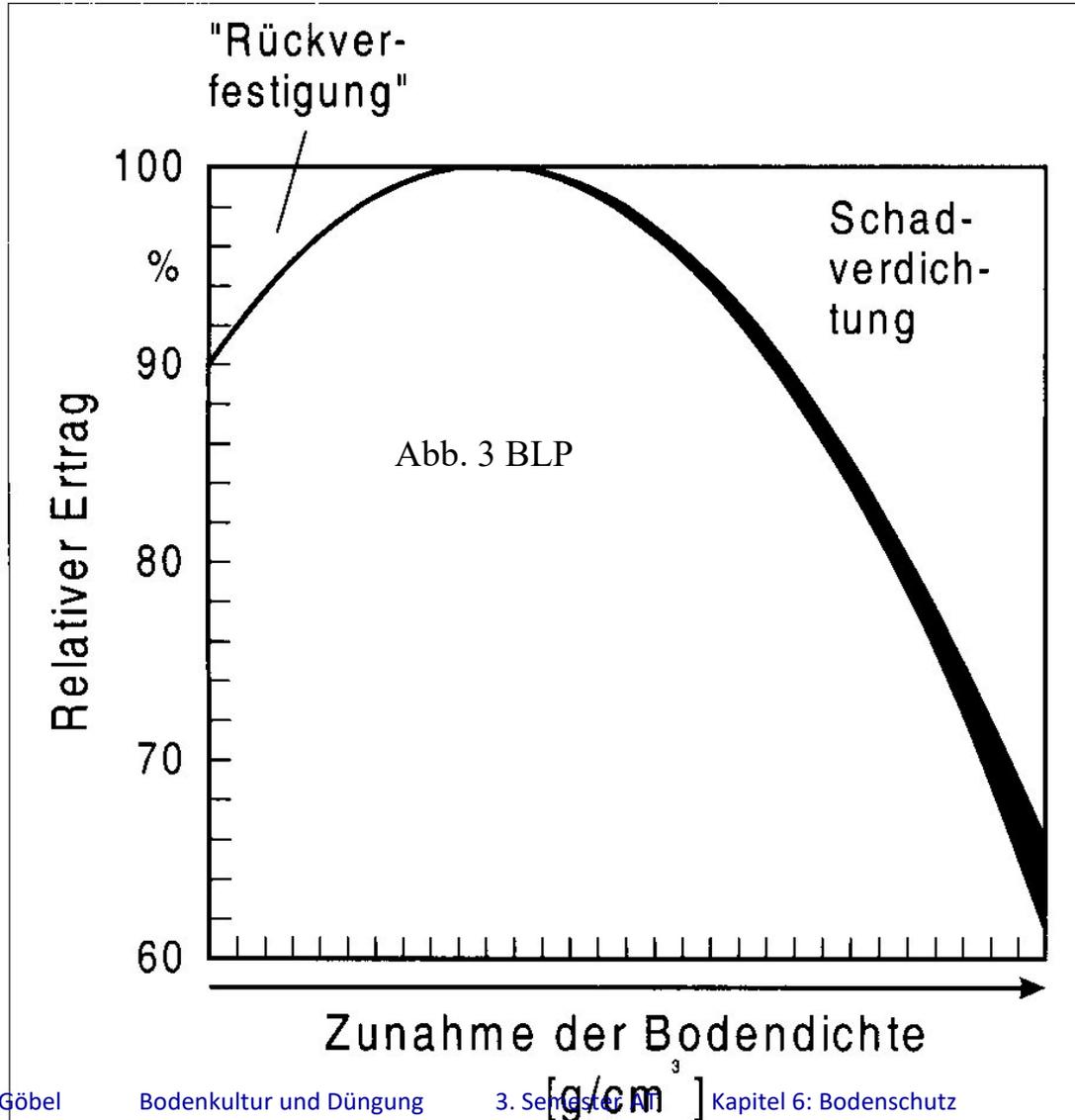
## Bodenverdichtung:

- ...ist die Zunahme der Bodendichte gegenüber einem Referenzwert (sowohl positiv, als auch negativ)
- ...bedeutet eine Gefügeveränderung
- ...bedeutet ein Abnahme des Porenvolumens
- ...funktionale Veränderung des Porensystems

## Bodenschadverdichtung:

- ...ist diejenige Bodenverdichtung, deren Gefügeveränderung negative Auswirkungen auf die Bodenfunktionen hat
- ...reduziert Porendurchmesser und Porenkontinuität
  - Rückgang der Wasserleitfähigkeit
  - Verminderung der Infiltrationsleistung
  - Einschränkung der Luftkapazität und Luftdurchlässigkeit
  - Behinderung des Gaswechsels (O<sub>2</sub>-Mangel, Reduktionszonen, Denitrifikationen)

# Beziehung zwischen Bodendichte und Pflanzenertrag



# Bestimmung der Bodenverdichtung

- Lagerungsdichte (TRD, eff. LD)
- Porenvolumen (LK <5% = Schadverdichtung)
- Gefügeansprache
- Spatendiagnose
- mikromorphologische Gefügeuntersuchungen
  - Dünnschlifftechnik
  - (Elektronen)-Mikroskopie
  - Röntgenanalytik
  - Computertomographie
- Penetrometer
  - horizontal, vertikal
  - nur bedingter Bezug zur TRD

# Auslösende Faktoren für die Schadverdichtung durch Befahren

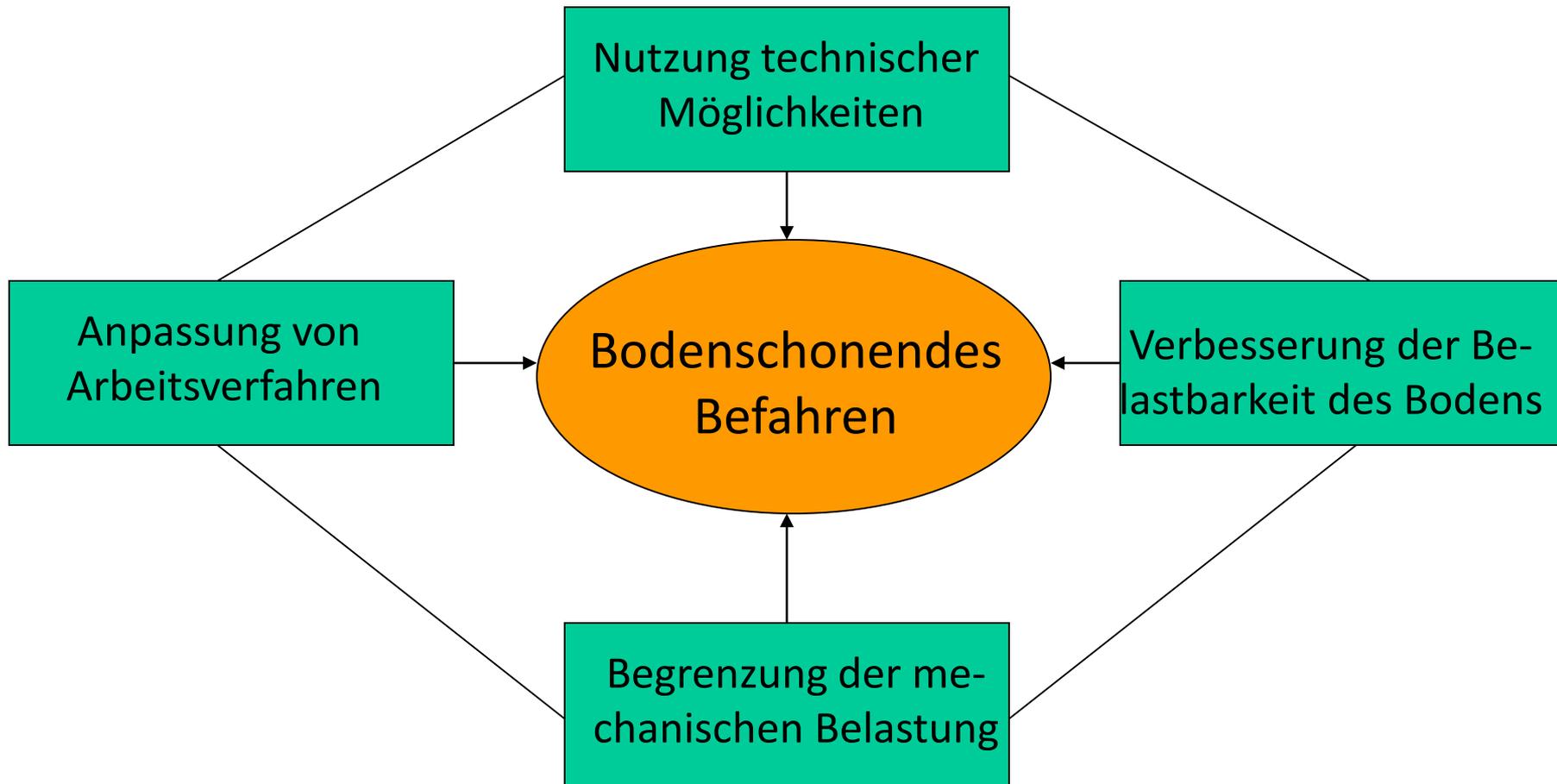
## Belastung:

- Radlast
- Kontaktflächendruck
- Überrollhäufigkeit
- Einwirkungszeit

## Beanspruchung:

- Übertragung des Kontaktflächendrucks in die Tiefe kann mit sog. Druckzwiebeln dargestellt werden
- Bodendruck wird mit zunehmender Tiefe abgebaut
- bei gleichem Kontaktflächendruck, hat die größere Radlast die größere Tiefenwirkung zur Folge
- bei gleicher Radlast entscheidet der Kontaktflächendruck über den Bodendruck

# Vier Bausteine des Konzeptes für bodenschonendes Befahren



# Nutzung technischer Möglichkeiten

- Vergrößerung der Radaufstandsfläche
  - Raupenfahrwerke
  - Hundegangfahrwerke
  - Dreispurfahrwerke
- Reifendruckregelanlage
- Aufsattel- statt Anhängegeräte
- Allradantrieb
- Schlupfanzeige

## Anpassung von Arbeitsverfahren

- Onland-Pflügen
- Zusammenlegung von Arbeitsgängen
- Einsatz zapfwellengetriebener Geräte
  - v.a. bei schweren Böden (mehr als 2 Überfahrten bei gezogenen Geräten notwendig)
- Sommer- statt Herbst- oder Winterfurche
- Trennung von Spur- und Anbauflächen (Fahrgassen)

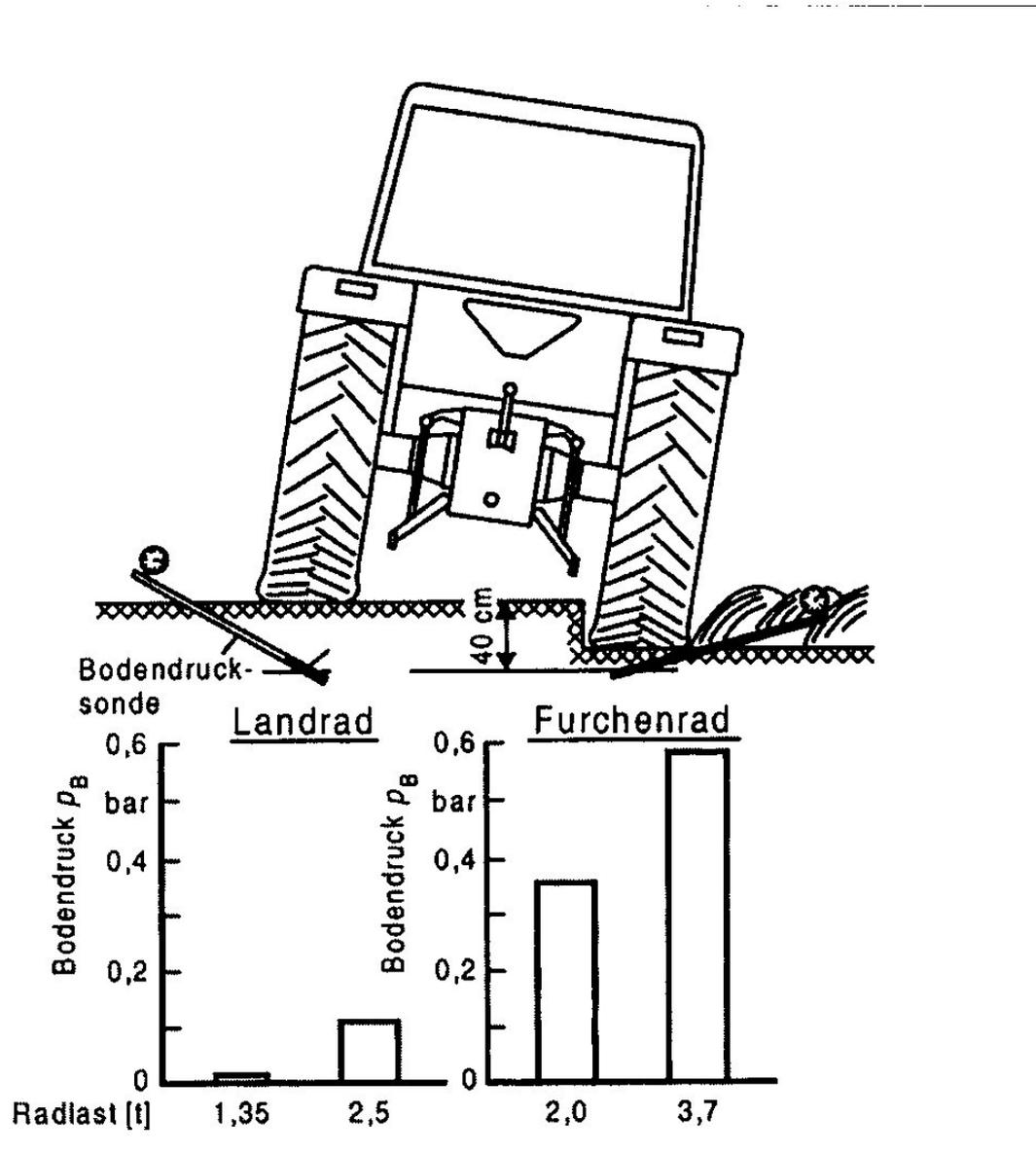
## Verbesserung der Tragfähigkeit des Bodens

- konservierende Bodenbearbeitung

## Begrenzung der mechanischen Belastung

- Spurtiefenanzeige als integrierendes Maß für die Belastung

# Bodendruckverhältnisse beim Pflügen



# Verbesserung der Tragfähigkeit von Böden durch Reduzierung der Bodenbearbeitung

## Tiefgang der Druckzwiebeln unterschiedlichen

### Bodenbearbeitungsverfahren

Konventionelle Bodenbearbeitung mit Pflug

Konservierende Bodenbearbeitung ohne Pflug  
übliche fruchtfolgespezifische ohne Lockerung

