



# **EINFLUSS VON WURZELN UND SPROSSEN AUF DIE STABILITÄT VON HÄNGEN UND BÖSCHUNGEN**

**Prof: Dr. Florin Florineth**

Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau  
Universität für Bodenkultur Wien





## Inhalt:

- Erosionsschutz durch Sprosse und Wurzeln
- Erhöhung der Wasserdurchlässigkeit und –Speicherfähigkeit des Bodens
- Erhöhung der Standsicherheit durch Bodenentwässerung
- Erhöhung der Scherfestigkeit durch Bodendurchwurzelung





## 1. Erosionsschutz:

Pflanzen bedecken die offenen Bodenoberflächen, vermindern und verzögern die Prallwirkung der Niederschläge, fangen diese auf (Interzeption) und lassen sie langsam in den Boden einsickern.

Bei Laubbäumen beträgt die Verdunstung durch Interzeption in der Vegetationsruhe 10-20 %, in der Vegetationszeit 20-30 %, bei immergrünen Nadelbäumen 30-40 % ganzjährig.

Geringe Wassermengen werden von den Blättern und grünen Zweigen direkt aufgenommen.







Erosionsgebiet Pfannhorn/Toblach:

Bodenabtrag bis zu **5 kg/m<sup>2</sup>** bei einem Starkniederschlagsereignis über 3 Tage

Hangrutschung **Ahr / Prettau:**  
Bodenabtrag führt zu Trübung des Wassers





Stabilität durch Wurzeln und Sprosse

## Bodenabtrag am Pfannhorn Toblach - Südtirol

Gräser- und Kräuter-Vegetation  
als Erosionsschutz

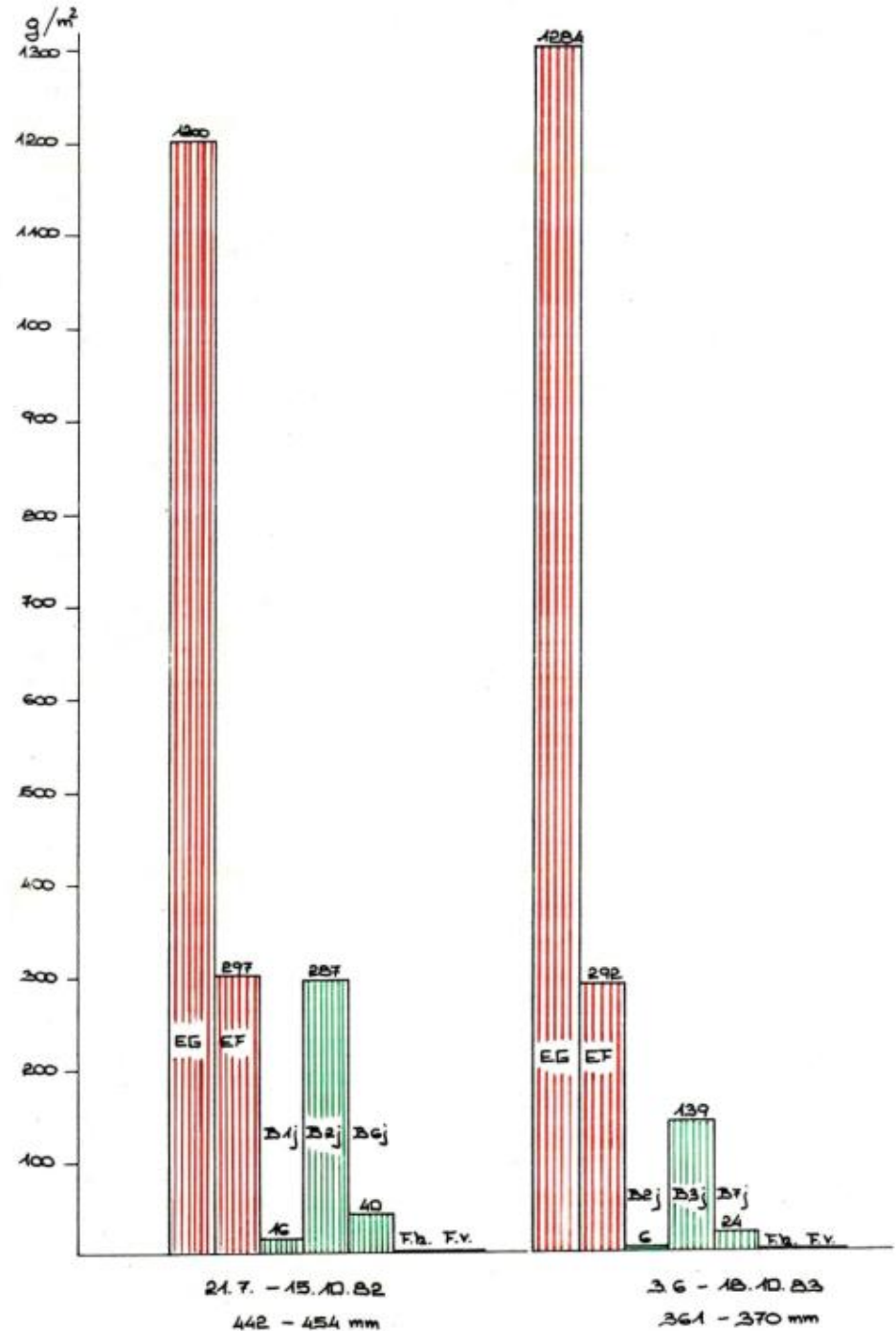
EG = Erosionsgraben

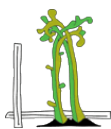
EF = Erosionsfläche

B1j = Begrünung 1 jährlich

Fh = Festuca halleri - Bestand

Fv = Festuca varia - Bestand





## Bodenabtrag am Pfannhorn Toblach

	Einzelereignisse		Gesamtbodenabtrag
	60 mm Niederschlag mit Hagel: 29.7. - 31.7.1982	15 mm Niederschlag mit Hagel: 13.8.1982	in der Vegetationsperiode: 3.6. - 18.10.1983  370 mm Niederschlag (keine Starkereignisse)
Erosionsgraben, 47° Neigung, 2.100 m ü.M.	5.020 g/m <sup>2</sup> Bodenabtrag	350 g/m <sup>2</sup>	1.284 g/m <sup>2</sup>
Erosionsfläche, 34° Neigung, 2.400 m ü.M.	45 g/m <sup>2</sup>	79 g/m <sup>2</sup>	292 g/m <sup>2</sup>
2-jährige Begrünung mit Bitumen-Strohdecksaat	3,9 g/m <sup>2</sup>	3,5 g/m <sup>2</sup>	139 g/m <sup>2</sup> als 3-jährige Begrünung
6-jährige Begrünung	2,4 g/m <sup>2</sup>	0	2,4 g/m <sup>2</sup> als 7-jährige Begrünung
Natürliche Vegetation: Festuca varia - Bestand	0	0	0
Festuca halleri - Bestand	0	0	0





Messung des Bodenabtrages und  
Oberflächenabflusses mit  
Beregnungsanlage

**Pfannhorn / Toblach**





Messung des Bodenabtrages:

Versuchsfläche Meran 2000

Versuchsfläche Gernkogel  
Pinzgau, Salzburg







Schlechte Begrünungen, wie die **flächige Deckfruchtansaat** nach 3 Jahren, zeigen einen hohen Bodenabtrag

Erosionsgebiet Meran 2000, Südtirol

Gute Begrünungen, wie die 3 jährige **Bioalgen – Strohdecksaat**, zeigen keinen Bodenabtrag

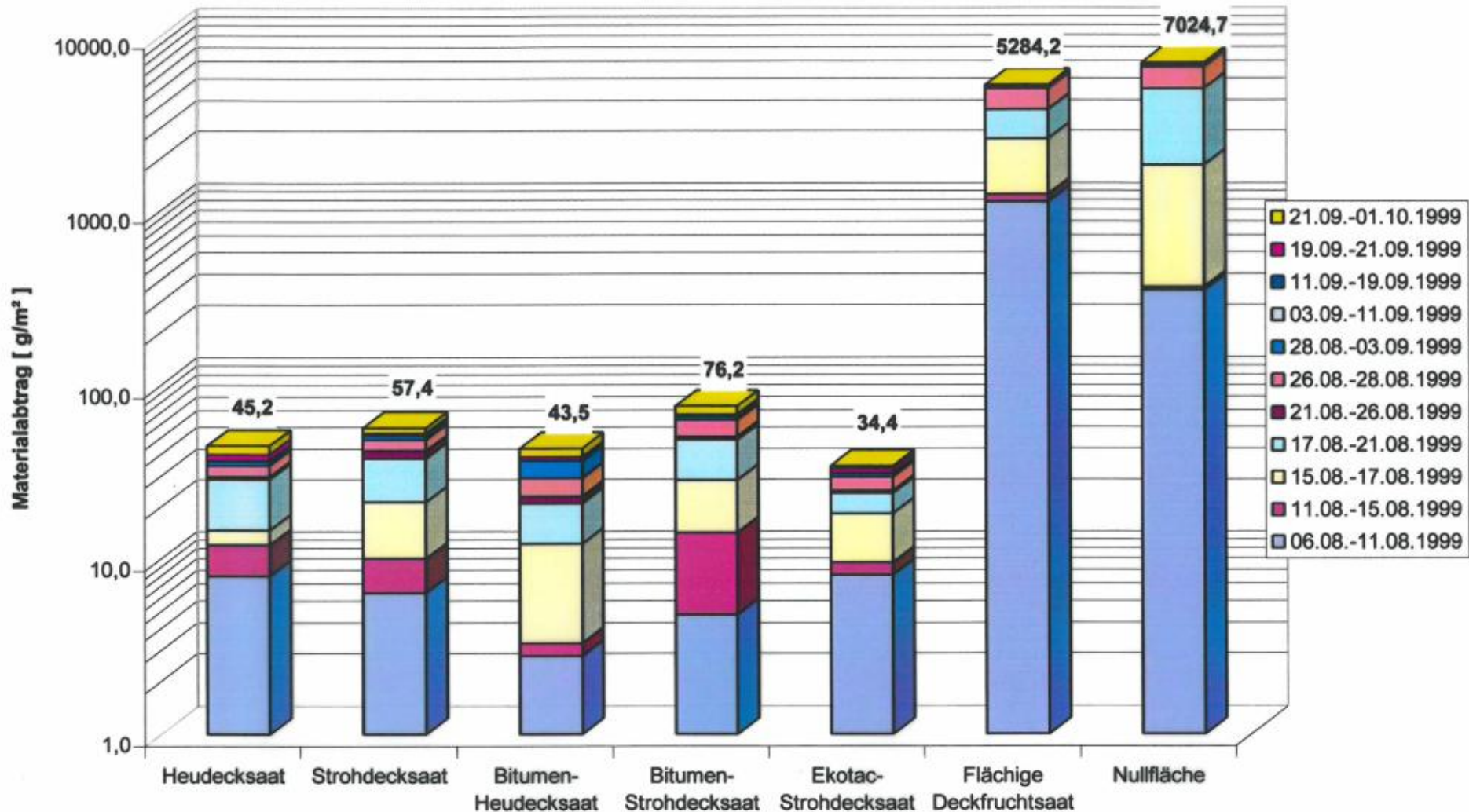








# Versuchsflächen Meran 2000 / Südtirol: Bodenabtrag in der 2. Vegetationsperiode 1999







Pfannhorn / Toblach – Südtirol

1920 - 1930



Pfannhorn / Toblach - Südtirol

vor der Begrünung

1980

Begrünung  
mit Bitumen Strohdecksaat

1982







Pfannhorn / Toblach

8 Jahre nach der Begrünung

Detail nach 8 Jahren







## Pfannhorn / Toblach 26 – 30 jährige Begrünungen (2011)







Detail der 26 jährigen Begrünung  
auf 2700 m Meereshöhe

Pfannhorn / Toblach

*Trifolium badium* (Braunklee) und  
*Campanula scheuchzeri*  
(Scheuchzers Glockenblume)





## **2. Erhöhung der Wasserdurchlässigkeit und Wasserspeicherfähigkeit des Bodens**

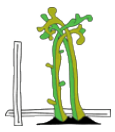
Pflanzen erzeugen den eigentlichen, strukturierten Boden mit der Streuauflage, dem Humus- und Verwitterungshorizont.

Durch Wurzelausscheidungen und Mykorrhizapilze, die Glomalin erzeugen (ein wasserunlösliches, von Mikroorganismen schwer abbaubares und Erdklumpenbildendes Glykoprotein), werden Bodenaggregate gebildet, welche die Kohäsion der Bodenpartikel steigern.

Mikroorganismen, die als Nährboden abgestorbene Pflanzenteile brauchen, stabilisieren den Boden durch den Abbau dieser Teile und durch Verkittung alter Wurzelröhren.

Wurzeln verbessern den Boden durch die Förderung von Bodenlebewesen. Regenwürmer z.B. machen durch ihre Tätigkeit sandige Böden wasseraufnahmefähiger und lehmige Böden wasser- und luftdurchlässiger und bewirken dadurch eine geringere Stauzone- und Gleitlinien-Bildung in den oberen Bodenschichten.



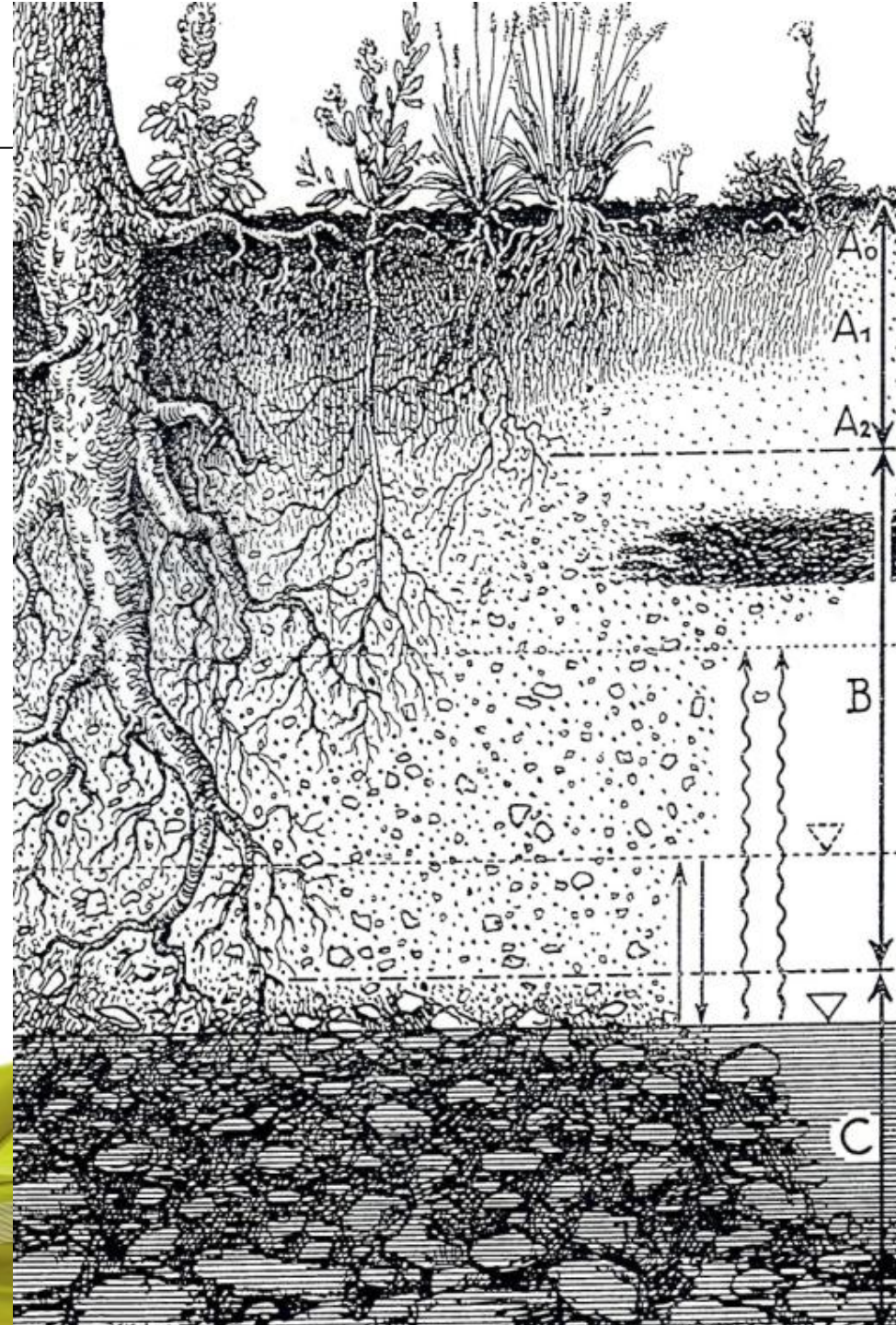


Pflanzen erzeugen den eigentlichen und strukturierten Boden mit einer Vielzahl an Bodenlebewesen

A = Oberboden - Humushorizont

B = Unterboden - Verwitterungshorizont

C = Untergrund - Ausgangsgestein







Lockere Böden zeigen eine hohe

Wasserspeicherfähigkeit und  
Wasserdurchlässigkeit





### 3. Erhöhung der Standsicherheit durch Bodenentwässerung:

Pflanzenbestände verdunsten je nach Artenzusammensetzung und Standortbedingungen viel Wasser und entwässern damit den Boden.

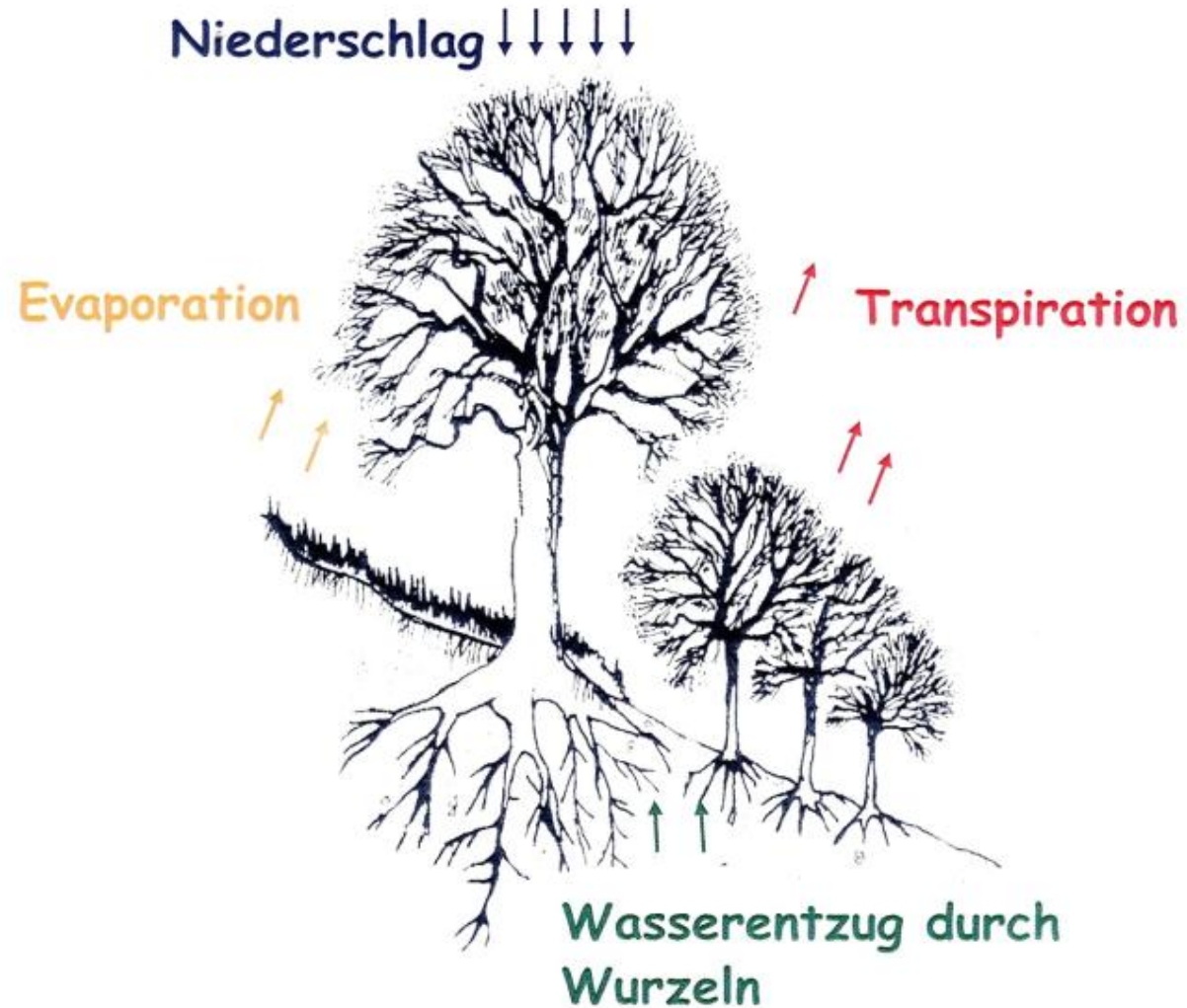






## Entwässernde Wirkung der Vegetation

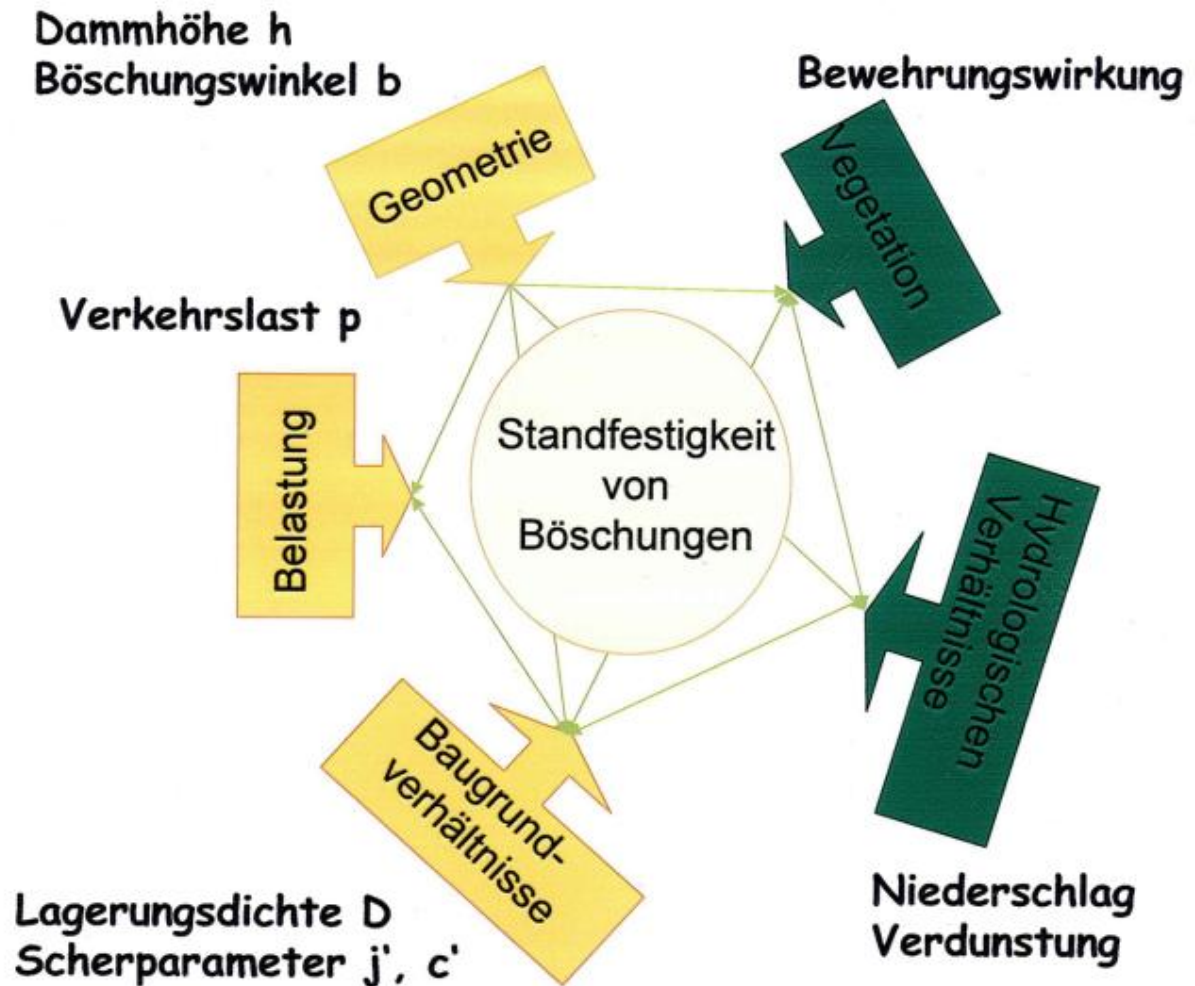
(KATZENBACH, 2005)





Die Stabilität einer Böschung hängt von vielen Faktoren ab.

(KATZENBACH, 2005)







## Die **entwässernde** Funktion bewirkt

- zunehmende Kohäsion der Bodenpartikel
- geringeren Porenwasserdruck
- höheren inneren Reibungswiderstand
- abnehmende Schubkraft infolge Gewichtsverminderung.





## Verdunstungsleistung verschiedener Pflanzenbestände (LARCHER,1973)

Vegetationsart u. Herkunft	l/m <sup>2</sup> und Jahr	% vom Gesamt-niederschlag
Alpiner Rasen – Österreich	50	5
Steppenvegetation - Österreich	200	30
Glatthaferwiese – Österreich	320	37
Grünland Deutschland	400	50
Getreidefelder Deutschland	400	50
Nasswiese Österreich	1160	135
Schilfbestand Deutschland	1300-1600	160-190
Nadelwald – Mitteleuropa	580	46
Mischwälder – Mitteleuropa	500-860	50-54
Eukalyptuspflanzung Südafrika	1200	160
Regenwald – Kenia	1570	80
Baumplantagen – Java	2300-3000	55-72





## Verdunstungsleistung verschiedener Pflanzenbestände

1 – 3 jährige Korbweiden verdunsten 300 – 1.200 l pro Pflanze und Jahr  
= 300 – 400 l/m<sup>2</sup> und Jahr

20 jährige Buche (Kronendurchmesser 12 m) : 400 – 500 l **pro Sonnen-Tag**  
bei 150 Sonnentagen = 530 – 600 l/m<sup>2</sup> und Jahr

(MARTIN und STEVENS, 2005)

Schwarzerlen-Bestände: 768 – 968 l/m<sup>2</sup> und Jahr (HERBST et al., 1999)

Grau- und Schwarzerlen-Bestände in Bad Goisern: 485 – 510 l/m<sup>2</sup> (max. 718)

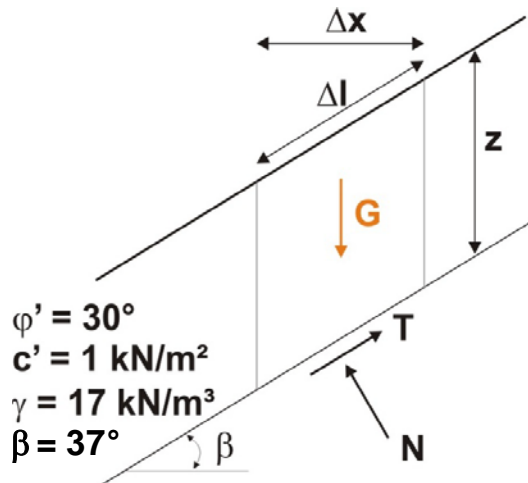
(Rosemarie STANGL, 2008)



$$\eta = \frac{\text{Rückhaltende Kräfte in der Gleitfläche}}{\text{Treibende Kräfte in der Gleitfläche}} = \frac{\tan \varphi}{\tan \beta}$$

$$\Delta x = \Delta l \cdot \cos \beta$$

$$G = \gamma \cdot z \cdot \Delta l \cdot \cos \beta$$



$$c = 0 \text{ kN/m}^2: \quad \eta = \frac{N \cdot \tan \varphi'}{G \cdot \sin \beta} = \frac{G \cdot \cos \beta \cdot \tan \varphi'}{G \cdot \sin \beta} = 0,77$$

$$c \neq 0 \text{ kN/m}^2: \quad \eta = \frac{c' \cdot \Delta l + G \cdot \cos \beta \cdot \tan \varphi'}{G \cdot \sin \beta} = \frac{c' + z \cdot \gamma \cdot \cos^2 \beta \cdot \tan \varphi'}{z \cdot \gamma \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta} = 0,97$$

$N$  = Normalspannung ( $\sigma_n$ )

$G$  = Gewicht

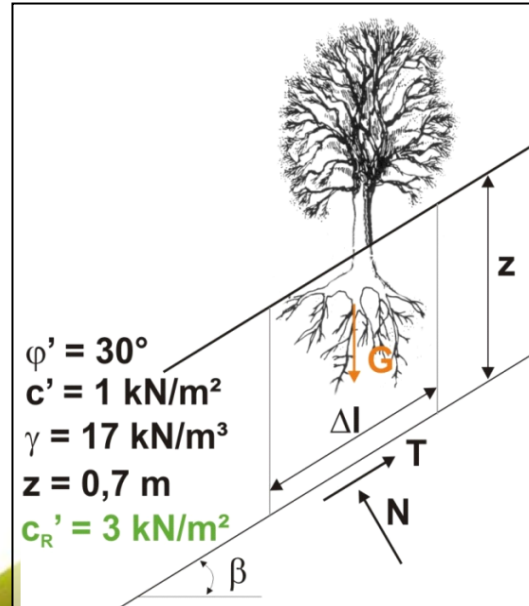
$\beta$  = Böschungsneigung

$\varphi$  = Reibungswinkel

$c'$  = Kohäsion des Bodens

$c_R$  = Kohäsion durch Wurzeln

(KATZENBACH u. WERNER, 2005)



$$\eta = \frac{(c' + c_R) \cdot \Delta l + G \cdot \cos \beta \cdot \tan \varphi'}{G \cdot \sin \beta} = \frac{(c' + c_R) + z \cdot \gamma \cdot \cos^2 \beta \cdot \tan \varphi'}{z \cdot \gamma \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta} = 1,52$$



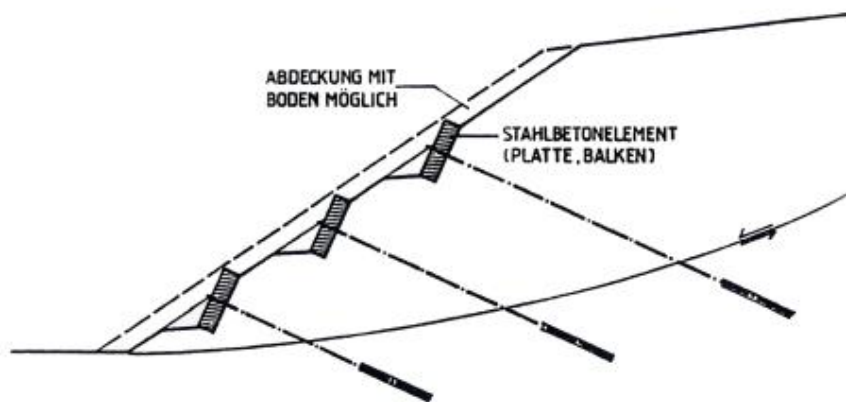


## 4. Erhöhung der Scherfestigkeit durch Bodendurchwurzelung:

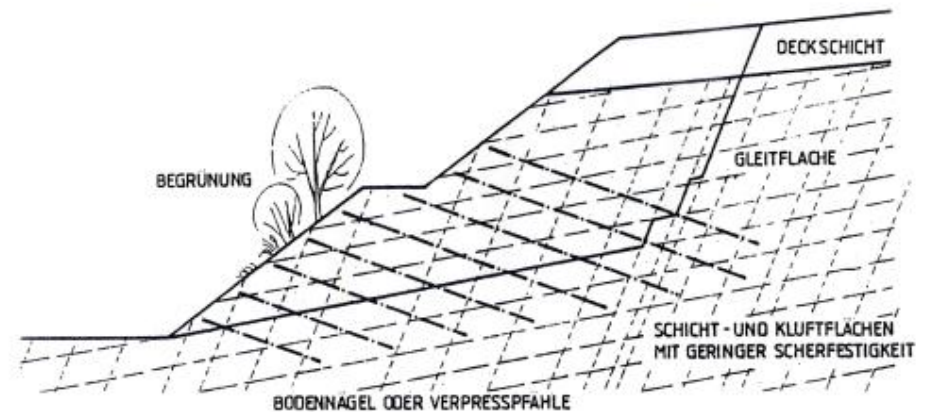
Pflanzen verankern und stützen durch ihre Wurzeln sich selbst und den Boden.

Reißfeste und flexible Wurzeln zeigen eine gute **Ankerwirkung**,

dicke und starre Wurzeln eine entsprechende **Dübelfunktion**.



ANKERSICHERUNG EINER FLACHEN BÖSCHUNG



NAGELSICHERUNG EINER FLACHEN BÖSCHUNG



**Scherfestigkeit (Verbundfestigkeit)**  
ist der maximale Widerstand  
gegen das Abscheren eines Bodens

Messung der **Scherfestigkeit** eines Wiesenbodens







Die Vegetation erhöht die Scherfestigkeit des Bodens durch folgende Wirkungen:

- Erhöhung der Kohäsion durch Wasserentzug
- Erhöhung der Kohäsion durch Aggregatbildung infolge Wurzelausscheidung bzw. Aktivität von Bodenorganismen
- Verringerung des Porenwasserdruckes
- Mechanische Stabilisierung durch die armierende Wirkung von Pflanzenwurzeln
- Die Wirksamkeit dieser Faktoren ist rechnerisch in der Formel von SELBY (1993) dargestellt



Scherfestigkeit bedeutet Sicherheit gegen Abrutschen, SELBY (1993)

$$\tau_f = c' + (\sigma_n - u) \cdot \tan \varphi$$

$G$  = Gewicht

$\tau$  = Schubspannung

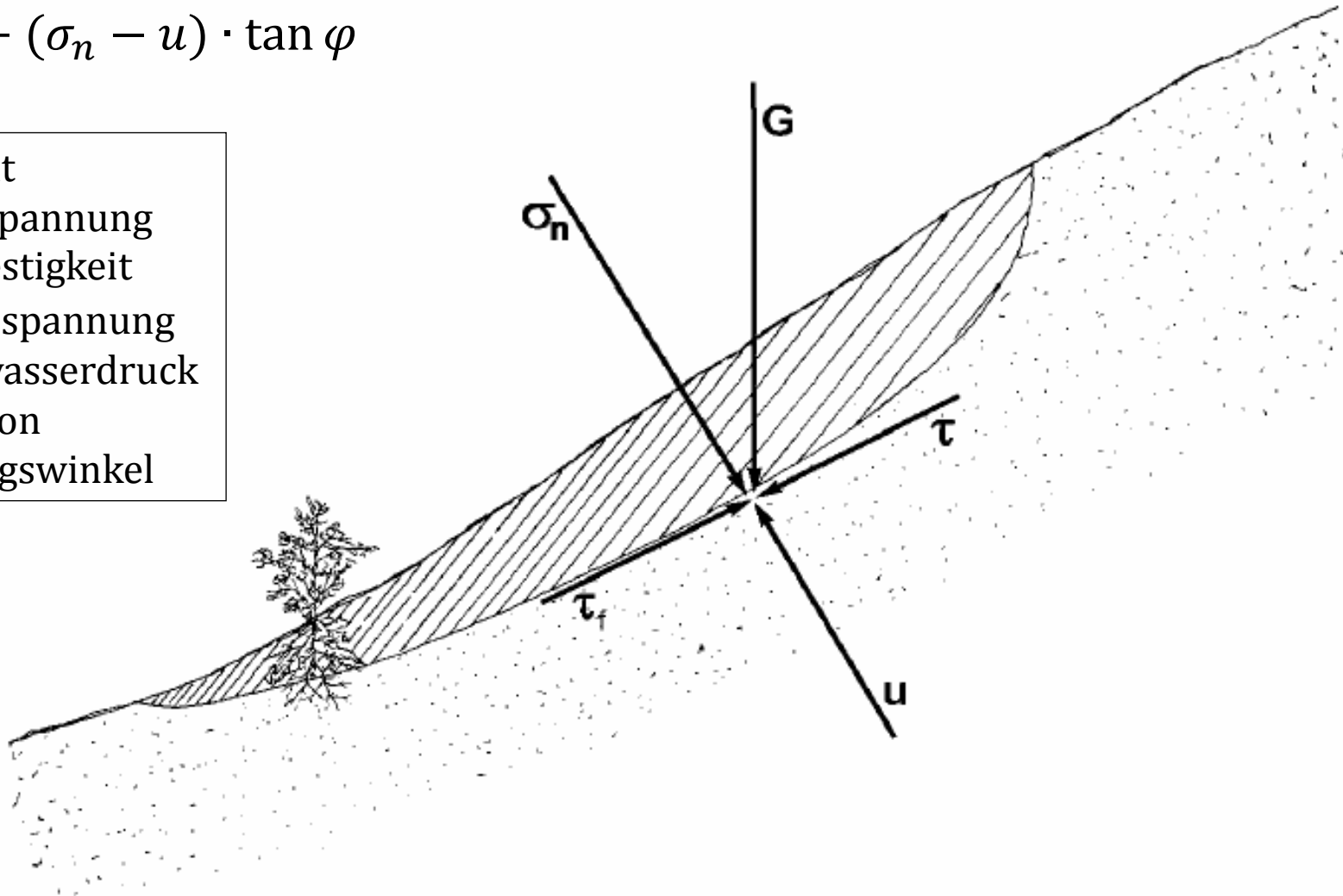
$\tau_f$  = Scherfestigkeit

$\sigma_n$  = Normalspannung

$u$  = Porenwasserdruck

$c'$  = Kohäsion

$\varphi$  = Reibungswinkel







## Scherfestigkeiten von Gräser- u. Gräser-Kräuter Beständen (TOBIAS,1991)

$S_r$  = Sättigungsgrad des Bodens

$\tau(20)$  = berechnete Scherfestigkeit bei einer Normalspannung von 20 kN/m<sup>2</sup>

$\Delta\tau(20)$  = Erhöhung der Scherfestigkeit des bewurzelten Bodens gegenüber dem unbewurzelten

Hauptgräser / Kräuter	$S_r$ [%]	$\tau(20)$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\tau$ [kN/m <sup>2</sup> ]
<i>Alopecurus geniculatus</i> (Knickfuchsschw.)	63/100	48,7/30,1	9,0 = 30 %
<i>Poa pratensis</i> (Wiesenrispe)	63/74	37,0/43,7	7,5 = 25 %
<i>Agrostis stolonifera</i> (Flechtstraußgras)	61/100	38,5/35,7	5,2 = 16 % 4,8 = 16 %
<i>Festuca prat.</i> (Wiesenschwingel)	84	37,8	13,4 = 55 %
<i>Festuca rubra</i> (Rotschwingel)			
<i>Trifolium pratense</i> (Rotklee)			
<i>Lolium multiflorum</i> (Ital. Raygras)	39/65	30,7/30,4	2,9 = 9 %
<i>Agrost. stol.</i> (Flechtstraußgras)			-0,6 = -2 %
<i>Poa annua</i> (Jährige Rispe)			



Ein gut durchwurzelter und gewachsener Gehölzbestand sorgt nicht nur für die Stabilität eines ehemaligen Abbruchs, sondern fügt sich auch gut in das Landschaftsbild.

