



# Ökosystemleistung Erosionsschutz

Dr. Elke Richert



Klimawandel → häufigere und intensivere Starkregenereignisse,  
insbesondere in der Vegetationsperiode

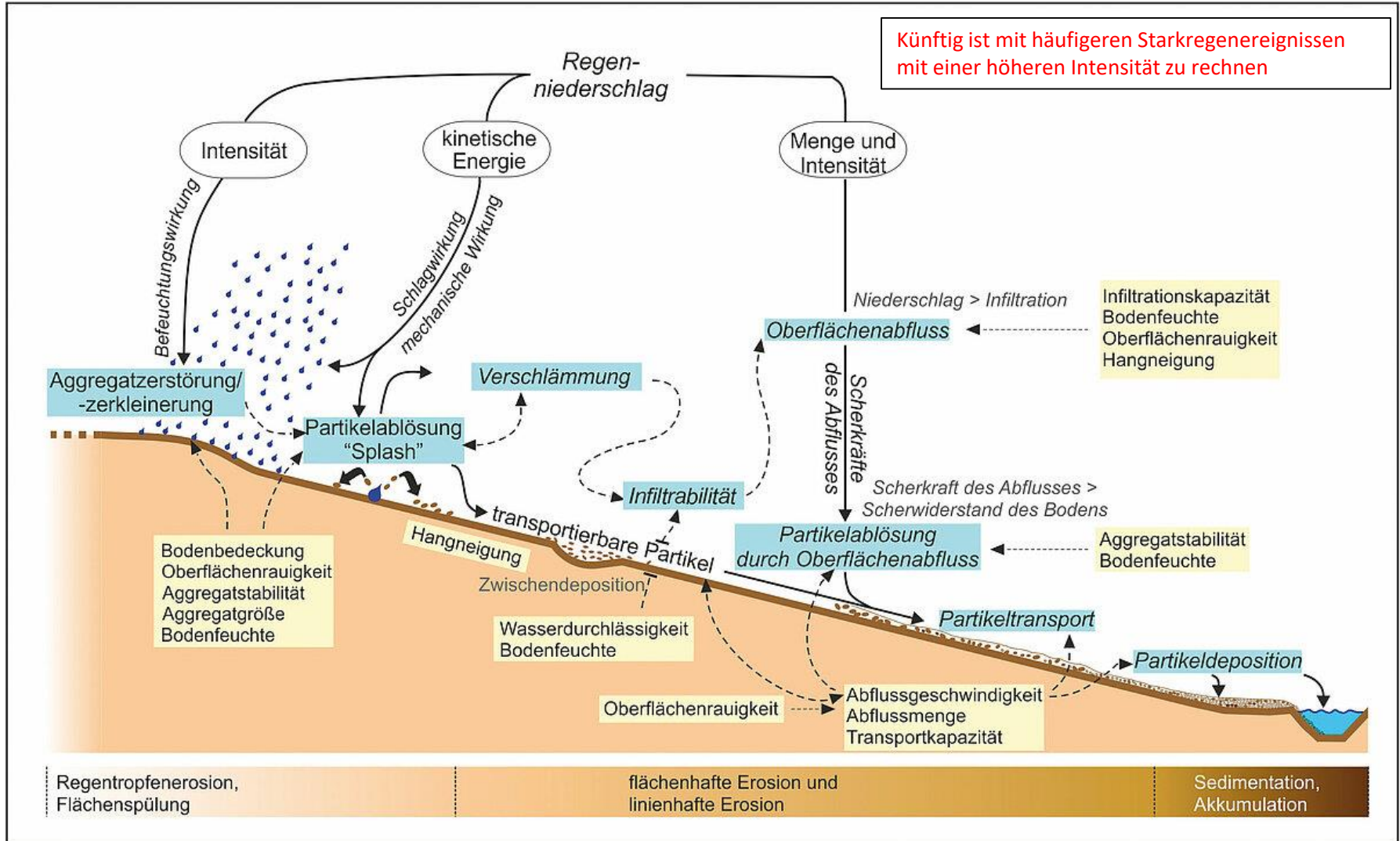
→ erhöhte Erosionsgefahr

Welchen Beitrag kann die Unterwuchsvegetation zur Reduktion der Erosionsgefahr leisten?

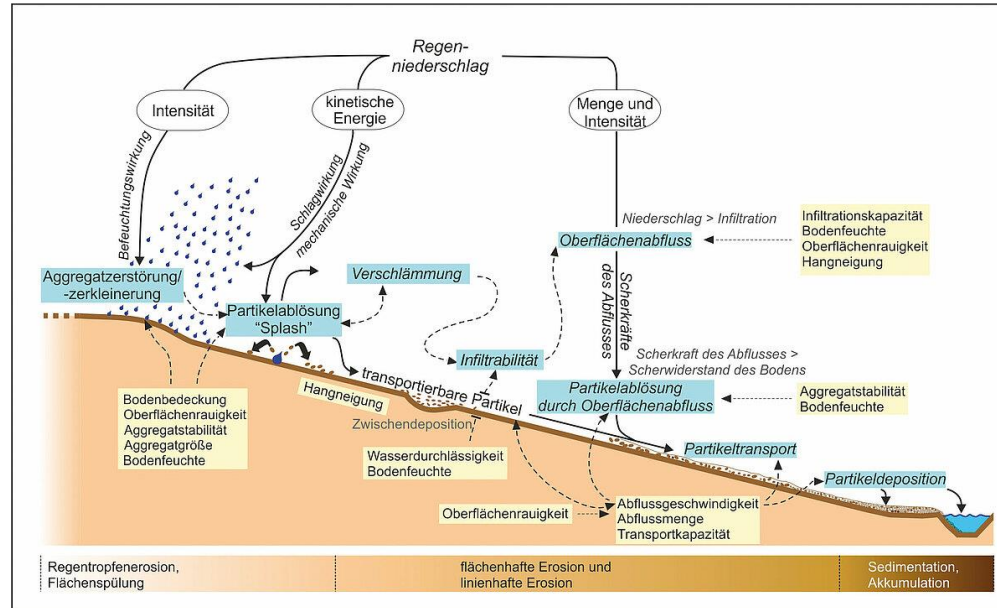
Welche Eigenschaften der Vegetation / Arten sind förderlich?

Vorstellung und Diskussion von Maßnahmemöglichkeiten

# Bodenerosion: Wichtige Prozesse und Parameter



aus: Duttmann (2001)



aus: Duttman (2001)

**Klimatische Bedingungen/Witterung:** Erosion kann bereits durch **Niederschlagsereignisse von 10 mm/m<sup>2</sup>** ausgelöst werden.

Problematisch sind dabei in den Wintermonaten vor allem die länger anhaltenden Regenperioden und im Sommer die kürzeren Starkregenereignisse, was somit ganzjährig zu Bodenerosion führen kann.

Auf Grund sich ändernder klimatischer Bedingungen muss künftig mit einer Zunahme derartiger Ereignisse gerechnet werden.

**Standort/Hangneigung:** Mit steigendem Gefälle ist die Erosionsanfälligkeit deutlich erhöht.

Bereits ab einem **Gefälle von 2 %** kann es verstärkt zu Bodenerosion kommen.

**Bodenart:** Entscheidend ist die Korngrößenzusammensetzung des Bodens.

Böden mit **hohen Schluff-Anteilen sind besonders erosionsanfällig.**

**Steinige und humushaltige Böden bieten einen verbesserten Schutz** vor den auftreffenden Regentropfen



## Oberer Rheingau 1989-1991 (Emde 1992)

Rhein-Main-Gebiet, Gemeinde Eltville

Gemarkung Hattenheim

Klima: Übergangsbereich maritimes – kontinentales Klima  
zw. 400-700 mm Niederschlag

Lage Steinberg: > 800 Jahre Weinbau  
Staatsweingut Steinberg

Varietäten der Parabraunerden, oft starke Vermischungen mit Lößauflagen  
Bodenart: sandiger Ton mit hohem Skelettanteil  
=> günstige Ausgangssituation für hohe Infiltration

Alle Informationen aus:

Emde, K. (1992): Experimentelle Untersuchungen zu Oberflächenabfluß und Bodenaustrag in Verbindung mit Starkregen bei verschiedenen Bewirtschaftungssystemen in Weinbergarealen des oberen Rheingaus.  
Veröffentlichungen der Forschungsanstalt Geisenheim 12: 248 S.



**Gesamtporenvolumen (GPV) und Luftvolumen (LV)** bei einer Wasserspannung (pF) von 1,8 des Versuchsstandortes Steinberg in Vol-% (n=8) (nach Berthold 1991, aus Emde 1992) in unterschiedlichen Bodentiefen

Tiefe (cm)	offen		begrünt	
	GPV	LV	GPV	LV
<b>0-5</b>	49,5	17,9	52,6	24,6
<b>10-15</b>	46,4	17,2	52,8	24,7
<b>25-30</b>	47,1	18,5	49,2	19,9
<b>55-60</b>	47,0	17,7	47,4	18,3

✓ Begrünung beeinflusst den Bodenlufthaushalt positiv, insbesondere in den obersten 20 cm  
=> erhöht das Infiltrationsvermögen



## Oberflächenabfluss in einzelnen Versuchsflächen 1989

Datum	Ges. NS mm	Teil.NS der zum Abfl. führte mm	Int. mm/min	35 offen 100 m 32 % Abfl. %	35 begr. 100 m 32 % Abfl. %	26 offen 80 m 20 % Abfl. %	26 begr. 80 m 20 % Abfl. %	7 offen 65 m 15 % Abfl. %	7 begr. 65 m 15 % Abfl. %
23.07.	55,1	47,1	1,0-2,0	50	1,7	50	0	50	1,6
31.07.	4,9								
8.8.	7,6								
16.8.	5,3								
27.8.	7,7								
13.9.	20,0								
15.9.	6,7								
23.9.	6,3								
6.10.	16,7								
14.10.	5,1								
28.10	6,0								
29.10	10,3								
30.10.	7,1								
1.11.	17,8								
2.-6.11	17,7								
18.12.	3,5								
20.12.	9,9								
22.12.	18,0								
24.12.	4,0	4,0	0,02	2,85	0	0	0	0	0

### Erläuterungen zu den Varianten:

Management Rebzeilen:

**offen:** konventionell, gegen Ende Juni/Anfang Juli gegrubbert oder gefräst  
=> bis zu 10-12 cm tief sehr stark gelockerter Oberboden

**begrünt:** Einsaat Grasmischung

Hanglängen: 100 m, 80 m, 65 m

Hangneigungen: 32 %, 20 %, 15 %

Keine der Messstationen konnte im Fall der Starkregenereignisse (z. B. 23.07.1989) exakt den Oberflächenabfluss erfassen, dazu hätten die Auffangbehälter etwa 6.000 l fassen müssen. Die Werte wurden durch Kartierungen vor Ort abgeschätzt.

aus: Emde, K. (1992): Experimentelle Untersuchungen zu Oberflächenabfluß und Bodenaustrag in Verbindung mit Starkregen bei verschiedenen Bewirtschaftungssystemen in Weinbergarealen des oberen Rheingaus. Veröffentlichungen der Forschungsanstalt Geisenheim 12: 248 S..



## Oberflächenabfluss in einzelnen Versuchsflächen 1989

Datum	Ges. NS mm	Teil.NS der zum Abfl. führte mm	Int. mm/min	35 offen 100 m 32 % Abfl. %	35 begr. 100 m 32 % Abfl. %	26 offen 80 m 20 % Abfl. %	26 begr. 80 m 20 % Abfl. %	7 offen 65 m 15 % Abfl. %	7 begr. 65 m 15 % Abfl. %
23.07.	55,1	47,1	1,0-2,0	50	1,7	50	0	50	1,6
31.07.	4,9	4,9	0,08	12,9	0	0	0	0	0
8.8.	7,6	7,6	0,2	18,8	0	0	0	0	0
16.8.	5,3	5,3	0,44	22,2	0	0	0	0	0
27.8.	7,7	5,1	0,28	1,3	0	0	0	0	0
13.9.	20,0	20,0	1,0	50	1,85	50	0	50	0
15.9.	6,7	4,7	0,05	15,0	0	0	0	0	0
23.9.	6,3	6,3	0,08-0,17	13,6	0	0	0	0	0
6.10.	16,7	10,0	0,04-0,10	9,85	0	2,5	0	1,1	0
14.10.	5,1	5,1	0,18	9,0	0	0	0	0	0
28.10	6,0	6,0	0,02	2,4	0	0	0	0	0
29.10	10,3	3,5	0,04	2,0	0	0	0	0	0
30.10.	7,1	6,2	0,05	7,15	0	1,2	0	0	0
1.11.	17,8	14,6	0,02-0,06	5	0	0,6	0	0	0
2.-6.11	17,7	5,7	0,02-0,15	14,3	0	0,6	0	0	0
18.12.	3,5	3,0	0,01-0,07	1,55	0	0	0	0	0
20.12.	9,9	7,8	0,02-0,03	2,8	0	0	0	0	0
22.12.	18,0	4,9	0,03-0,06	16,8	0	0	0	0	0
24.12.	4,0	4,0	0,02	2,85	0	0	0	0	0

rot markiert = Starkregenereignisse

aus: Emde (1992)





## Oberflächenabfluss in einzelnen Versuchsfeldern 1989

Datum	Ges. NS mm	Teil.NS der zum Abfl. führte mm	Int. mm/min	35 offen 100 m 32 % Abfl. %	35 begr. 100 m 32 % Abfl. %	26 offen 80 m 20 % Abfl. %	26 begr. 80 m 20 % Abfl. %	7 offen 65 m 15 % Abfl. %	7 begr. 65 m 15 % Abfl. %
23.07.	55,1	47,1	1,0-2,0	50	1,7	50	0	50	1,6
31.07.	4,9	4,9	0,08	12,9	0	0	0	0	0
8.8.	7,6	7,6	0,2	18,8	0	0	0	0	0
16.8.	5,3	5,3	0,44	22,2	0	0	0	0	0
27.8.	7,7	5,1	0,28	1,3	0	0	0	0	0

13.9.	20,0
15.9.	6,7
23.9.	6,3
6.10.	16,7
14.10.	5,1
28.10	6,0
29.10	10,3
30.10.	7,1
1.11.	17,8
2.-6.11	17,7
18.12.	3,5
20.12.	9,9
22.12.	18,0
24.12.	4,0

### Ergebnisse:

- die Oberflächenabflüsse der Varianten unterscheiden sich stark
- bei allen drei Parzellen weisen die offen gehaltenen Flächen im Vergleich zu den begrünten die höchsten Abflüsse auf
- insgesamt die höchsten Abflussmengen bei der offen gehaltenen Parzelle 35 mit insges. der höchsten Hangneigung und dem längsten Hang
- in der offenen Parzelle 35 treten bei jedem Regenereignis Oberflächenabflüsse auf
- bei den offenen Varianten der Parzellen 26 und 7 mit kürzeren Hängen traten Oberflächenabflüsse nur im Fall von Starkregenereignisse auf
- bei den begrünten Parzelle 26 und 7 mit Hanglängen von 80 m bzw. 65 m traten Oberflächenabflüsse nur bei Starkregenereignissen auf oder gar nicht

aus: Emde (1992)



Oberflächenabfluss (%) des **Gesamtniederschlages** der einzelnen Versuchsfelder am **23. Juli 1998** (Starkregenereignis), Lage Steinberg

Parzelle 35 100 m 32 %		Parzelle 26 80 m 20 %		Parzelle 7 65 m 15 %	
offen	begrünt	offen	begrünt	offen	begrünt
≥ 50 %	1,7 %	≥ 50 %	1,3 %	≥ 50 %	1,4 %

>50%:angenommen, da die Auffangeinrichtungen überfordert waren

aus: Emde (1992)

## Ergebnisse:

- dauerbegrünte Varianten weisen nur geringe Abflussverluste auf
- bei den offenen Varianten flossen 50-75% des anfallenden Niederschlags oberflächlich ab und gingen damit für den Standort verloren



## Oberflächenabfluss (%) des Gesamtniederschlages der einzelnen Versuchsfelder am **23. Juli 1998** (Starkregenereignis), Lage Steinberg

Parzelle 35 100 m 32 %		Parzelle 26 80 m 20 %		Parzelle 7 65 m 15 %	
offen	begrünt	offen	begrünt	offen	begrünt
≥ 50 %	1,7 %	≥ 50 %	1,3 %	≥ 50 %	1,4 %

aus: Emde (1992)

## Oberflächenabfluss (%) des Gesamtniederschlages von **Mai bis Dezember 1989** (Lage Steinberg)

Parzelle 35 100 m 32 %		Parzelle 26 80 m 20 %		Parzelle 7 65 m 15 %	
offen	begrünt	offen	begrünt	offen	begrünt
≥ 11 %	0,4 %	≥ 9,3 %	0,4 %	≥ 8,5 %	0,4 %

aus: Emde (1992)

offene Varianten: zw. 8,5 % und 11 % des Gesamtniederschlags gehen als Oberflächenabfluss verloren, dies entspricht **38-44 l/m<sup>2</sup>**  
=> fast ausschließlich in der Vegetationsperiode



## Bodenaustrag in kg/ha der Versuchsfelder am 23. Juli 1989 (Starkregenereignis), Lage Steinberg

Parzelle 35 100 m 32 %		Parzelle 26 80 m 20 %		Parzelle 7 65 m 15 %	
offen	begrünt	offen	begrünt	offen	begrünt
50.000	3,1	22.000	n.n.	20.000	n.n

n.n.= nicht nachweisbar

## Bodenaustrag in kg/ha von Mai bis Dezember 1989 (Lage Steinberg)

Parzelle 35 100 m 32 %		Parzelle 26 80 m 20 %		Parzelle 7 65 m 15 %	
offen	begrünt	offen	begrünt	offen	begrünt
96.400	3,1	42.700	n.n.	32.850	n.n.

aus: Emde (1992)

- ✓ Begrünung verhindert/reduziert Bodenausträge erheblich
- höchste Werte: Fläche mit höchster Neigung und größter Hanglänge (Parzelle 35)
- 98,5-99,9 % der Austräge sind auf die Starkregenereignisse zurück zu führen



## Abtrag in kg/ha von Mai bis Dezember 1989 (Lage Steinberg)

Parzelle 35 100 m 32 %		Parzelle 26 80 m 20 %		Parzelle 7 65 m 15 %	
offen	begrünt	offen	begrünt	offen	begrünt
96.400	3,1	42.700	n.n.	32.850	n.n.

aus: Emde (1992)

n.n.= nicht nachweisbar

## Zum Vergleich:

## Bodenausträge in kg/ha, gemittelt aus verschiedenen Untersuchungen in unterschiedlichen Ländern (n = 25)

offen	Ansaat Gras	Ansaat Gras- Leguminosen	spontane Vegetation
12.000	1.100	2.300	2.400

aus: Abad et al. (2021a)

Anmerkung zur „spontanen Vegetation“: zu Alter und Artenzusammensetzung werden keine Angaben gemacht, vermutlich aber überwiegend eine lückige Vegetation aus kurzlebigen Pionierarten.



## Bodenaustrag in kg/ha in den Versuchsfeldern am 9. Mai 1990 (Starkregenereignis)

35 offen (2. Mai gegrubbert) 32 %			35 begrünt 32 %
30 m	70 m	100 m	100 m
3.100	12.350	29.200	2,4

➔ deutliche Zunahme der Bodenausträge mit zunehmender Hanglänge



**Bodenaustrag bei gleicher Niederschlagsintensität (2 mm/min, Dauer 15 bzw. 18 Minuten) bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung in Parzelle 35 (Hanglänge 100 m)**

<b>Bodenbearbeitung</b>	<b>Bodenaustrag kg/ha</b>
23. Juli 1989, <b>gefräst</b>	50.000
9. Mai 1990, <b>gegrubbert</b>	29.200

→ Zerstörung des Bodengefüges forciert den Abtrag durch Starkregen enorm



## Alle Abbildungen und Informationen aus Stanchi et al. (2021), Norditalien

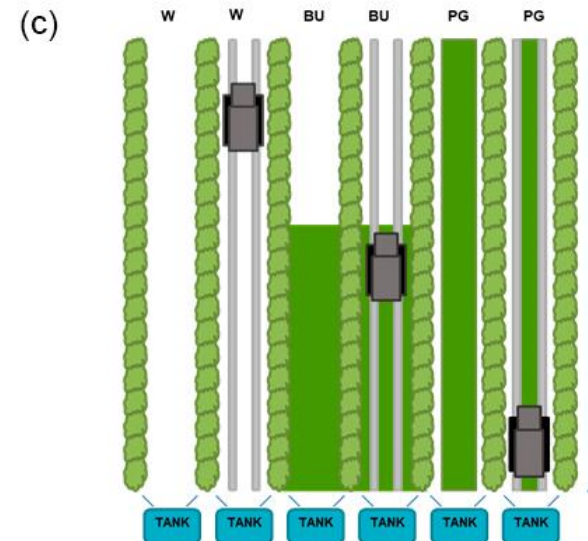
Weinberg etwa 50 Jahre alt  
Einsaaten 3 Jahre vor den ersten Messungen

*Festuca ovina* 60 %

*Poa pratensis* 30 %

*Lotus corniculatus* 10 %

W = chemische Unkrautbekämpfung  
BU = Pufferstreifen, Grasmischung  
PG = gesamte Rebzeile begrünt mit permanenter Grasmischung



(b)



(d)





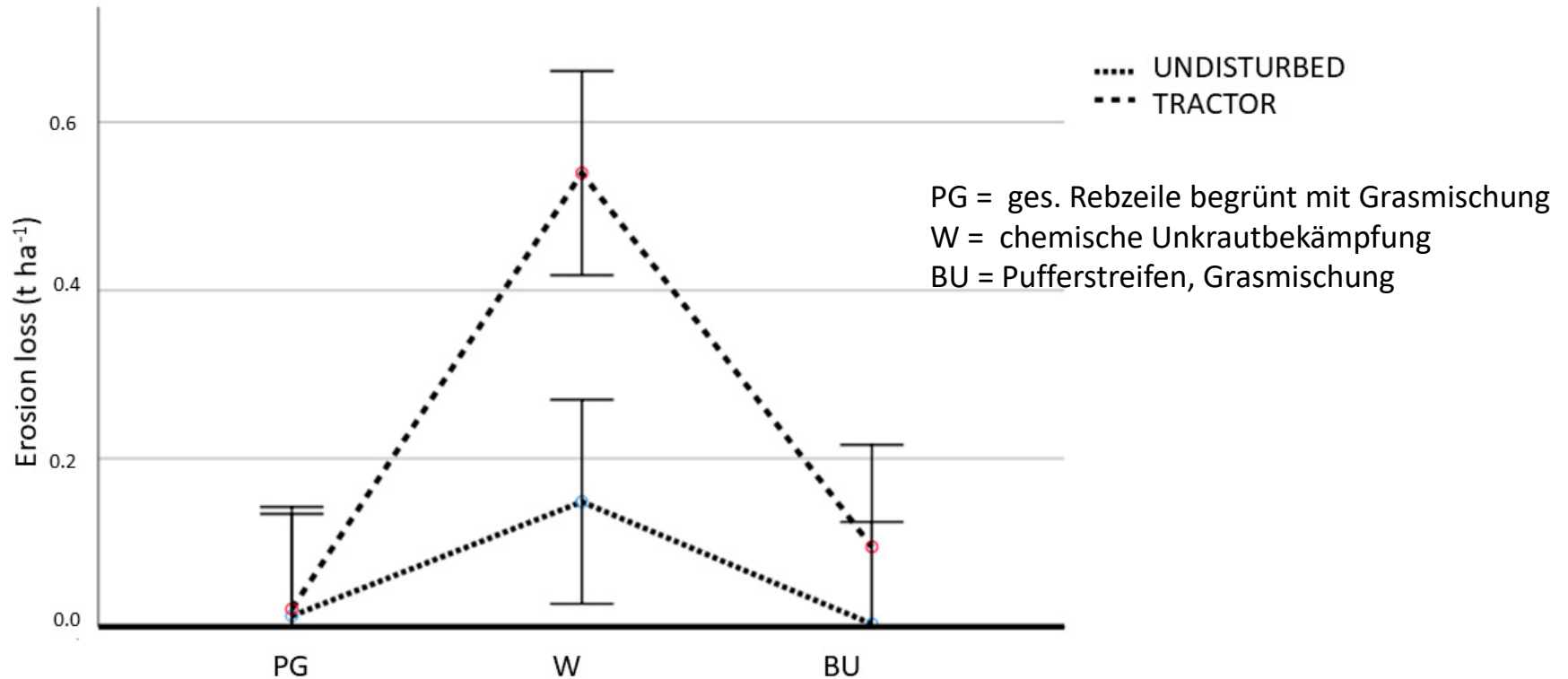
# Effekt von Pufferstreifen und Befahrung



Datum	Niederschlag ges. (mm)	Max. Intensität (mm/h)	Bodenabtrag (kg/ha)		
			Chem. Unkrautbekämpf. (W)	Pufferstreifen mit Grasmischung (BU)	Ges. Rebzeile begrünt mit Grasmischung (PG)
23.06.14	5,9	25,1	70	26	30
29.07.14	43,1	26,7	111	48	10
09.09.14	26,8	95,0	923	195	116
25.07.15	32,2	162,6	1.110	125	18
06.10.15	42,7	9,7	41	0,0	0
30.06.16	13,3	>100	618	163	10
05.11.16	20,2	5,3	29	0	18
09.09.17	6,1	7,9	99	16	15
17.08.18	23,8	159,0	624	10	3
07.11.18	147,0	14,0	98	0,0	0
15.06.19	55,7	182,9	283	6	0
01.10.19	7,9	124,0	99	0	0
<b>Summe</b>			<b>4105</b>	<b>589</b>	<b>220</b>

aus: Stanchi et al. (2021)

- ✓ Pufferstreifen reduziert die Austräge im Vergleich zu offen gehaltener Rebzeile erheblich
- ✓ geringster Bodenabtrag in komplett begrünter Rebzeile



aus: Stanchi et al. (2021)

- Befahrung mit Traktor erhöht die Bodenausträge bei allen Varianten
- am stärksten im Fall der offen gehaltenen Flächen (W)



## **Bodenbewirtschaftung:**

bestimmt wesentlich, ob Bodenerosion eintritt oder nicht:

begrünte Weinbergsflächen (Gras): ohne/kaum Bodenverluste

offene Weinbergsflächen:

Bodengefüge destabilisiert durch Bearbeitungsmaßnahmen

=> teilweise erhebliche Erosion

lange Bodenruhe (November bis Mai) => stabiles Bodengefüge

=> keine Bodenverluste (nicht gezeigt)

## **Hanglänge:**

spielt bei Starkregen eine dominierende Rolle

Hanglängen größer als 70 m => rapide Zunahme des Bodenaustrages,  
unabhängig vom Bodentyp

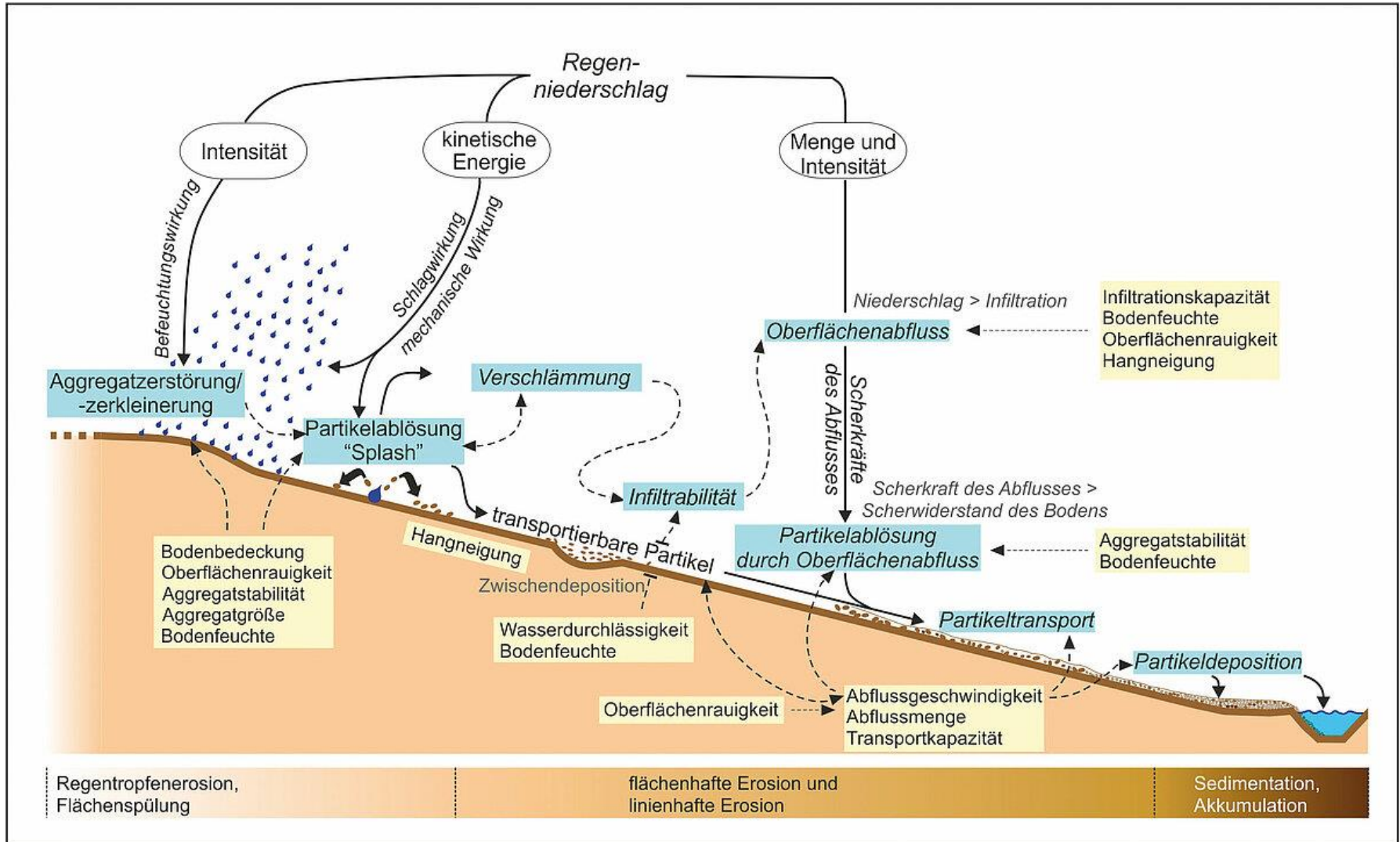
## **Neigung:**

Zunahme der Erosion mit der Hangneigung, Bedeutung aber oft überschätzt

## **Fahrspuren:**

erhöhen den Bodenaustrag, auch in begrünter Flächen

# Bodenerosion - Ökosystemleistungen



aus: Duttmann (2001)



## Begrünung und Wasserbedarf der Rebstöcke:

Verbrauch der Rebe in der Vegetationsperiode ca. 400-450 mm

Hauptbedarfszeitraum zw. Blüte und Reifebeginn.

Steile Südhänge erfordern mehr  
ebenso eine große Laubfläche. plus 50-70 mm

Mehrverbrauch durch Dauerbegrünung ca. plus 100-120 mm

Gewinn durch weniger Erosion ca. minus 50 mm

Mehrbedarf tatsächlich ca. plus 50-70 mm

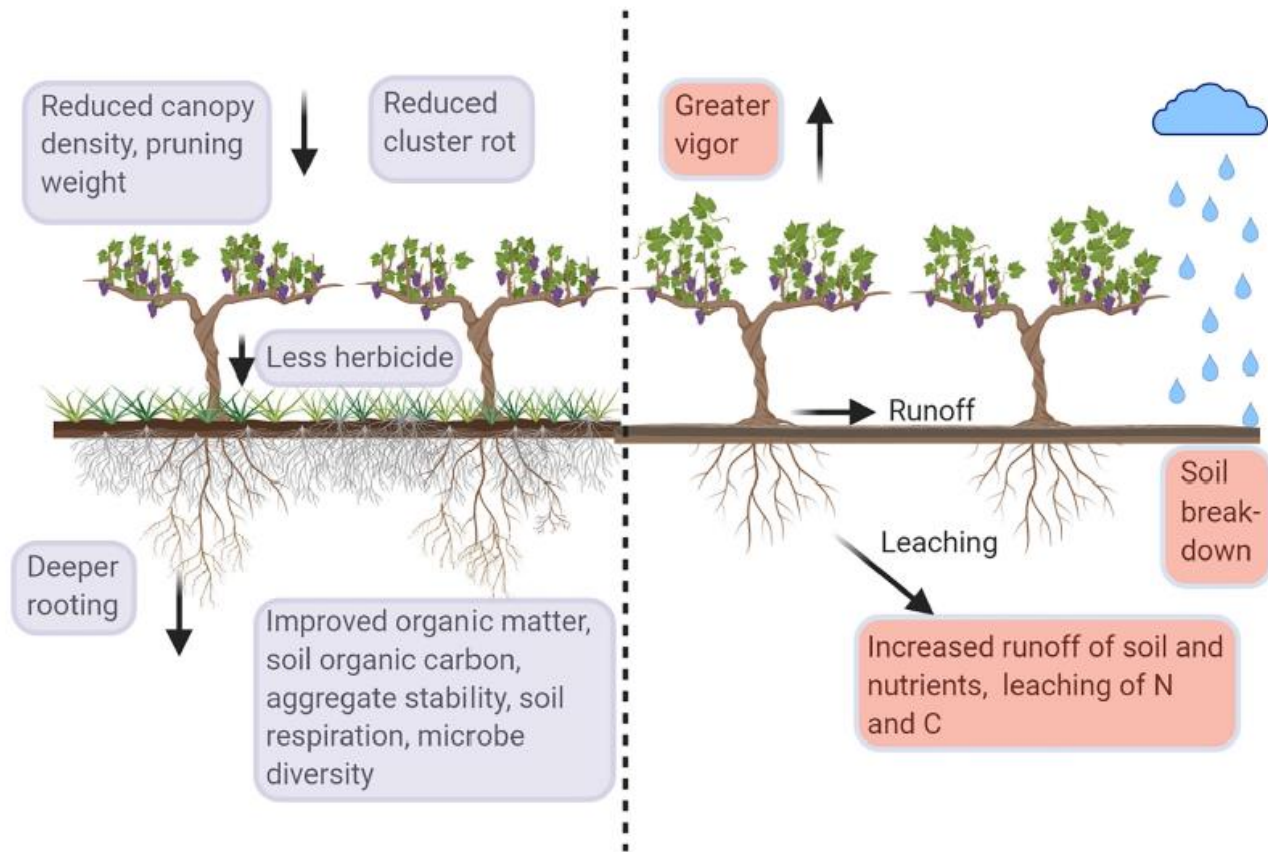
nach: Fox (2021)



Abad et al. (2021b), 51 Publikationen ausgewertet zur Beziehung Traubengewicht - Unterwuchsvegetation:

in 13 Fällen Traubengewicht stark reduziert: 40 % bis > 60 %  
alle jünger als 5 Jahre

Mehrheit der Fälle Traubengewicht < 20 % reduziert  
alle über 12 Jahre



**FIGURE 1** | Diagrammatic representation of the impact of soil management, under-vine vegetation (UVV) vs. bare soil, on grapevines and soil. Violet boxes represent ecosystem services in vineyards with high-vigor potential; red boxes represent ecosystem disservices. Figure created with BioRender.com.

aus: Vanden Heuvel & Centinari (2021)



- ✓ Unterwuchsvegetation kann effektiv vor Erosion schützen, allerdings nicht im Fall von Extremereignissen
- ✓ Artenreichtum ist förderlich für Vielfalt der Bodenporen und für die Oberflächenrauigkeit
- ✓ die natürliche Entwicklung einer permanenten Vegetation heimischer standortangepasster Arten erhöht die Überlebenschance der Arten und damit der Unterwuchsvegetation
- permanenter Bewuchs kann zu Ertragseinbußen führen,
- ✓ aber auch zur Verbesserung der Traubenqualität sowie
- ✓ zur Reduktion der Bearbeitungsschritte und damit der Kosten und
- ✓ bietet weitere positive ÖSL





Vermeidung von Strukturen, die das Wasser schnell hangabwärts leiten (Wege, Entwässerungskanäle, Treppen u.ä.)





Vermeidung von Strukturen, die das Wasser schnell hangabwärts leiten (Wege, Entwässerungskanäle, Treppen)

Reduktion evtl. Wassereinträge aus hangaufwärts liegenden Fremdf Flächen durch Pufferstreifen (Gehölze, Krautsäume), Umlenkung der Fließwege

Verkürzung Hanglänge / Verlängerung Fließstrecke:

- terrassieren (Mauern, Böschungen)

- hangparallele Rebzeilenorientierung

- Etablierung Unterwuchsvegetation / Dauerbegrünung

- Pufferstreifen anlegen

Erhöhung Oberflächenrauigkeit der Vegetation:

- Etablierung arten- und strukturreicher, angepasster Vegetation

- Schnitthöhe erhöhen

- zeitl. versetzte Mahdtermine

- belassen selten gemähter Bereiche (Gewende, Säume u.ä.)

- Erhöhung der strukturellen Vielfalt auf Weinbergsebene (Etablierung von Gehölzen, Säumen, unterschiedliche Nutzungen)



Bezgl. Erosionsschutz positiv wirkende **Merkmale der Arten:**

- ✓ Mehrjährigkeit
- ✓ Wintergrün
- ✓ große Blattfläche pro Bodenfläche: viele kleinere oder mehrere größere Blätter
- ✓ Rosetten, Ausläufer
- ✓ Wurzeln: dicht und reich verzweigt (Oberboden)  
dick und tiefreichend
- ✓ Angepasstheit an trockenwarme Bedingungen

Bezgl. Erosionsschutz positiv wirkende **Merkmale der Unterwuchsvegetation:**

- ✓ strukturreich: unterschiedliche Wuchsformen und Wurzeltypen
- ✓ dicht
- ✓ hoher Anteil wintergrüne Arten
- ✓ an den Standort angepasste mehrjährige Arten



- Abad, J., Hermoso de Mendoza, I., Marín, D., Orcaray, L. & Santesteban, L.G. (2021a): Cover crops in viticulture. A systematic review (1): Implications on soil characteristics and biodiversity in vineyard. *OENO One* 55(1): 295-312. DOI: 10.20870/oenone.2021.55.1.3599.
- Abad, J., Hermoso de Mendoza, I., Marín, D., Orcaray, L., & Santesteban, L. G. (2021b). Cover crops in viticulture. A systematic review (2): Implications on vineyard agronomic performance. *OENO One* 55(2). DOI: 10.20870/oenone.2021.55.2.4481.
- Duttman, R. (2001): Bodenfeuchte als Steuergröße der Bodenerosion. *Geographische Rundschau* 53 (5): 24.
- Emde, K. (1992): Experimentelle Untersuchungen zu Oberflächenabfluß und Bodenaustrag in Verbindung mit Starkregen bei verschiedenen Bewirtschaftungssystemen in Weinbergarealen des oberen Rheingaus. *Veröffentlichungen der Forschungsanstalt Geisenheim* 12: 248 S.
- Fox, R. (2021): Aktuelles zur Bodenpflege. Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg. URL: <https://lvwo.landwirtschaft-bw.de/pb/,Lde/669654?LISTPAGE=669638> (Einsicht 2.10.2023).
- Vanden Heuvel, J. & Centinari, M. (2021): Under-Vine Vegetation Mitigates the Impacts of Excessive Precipitation in Vineyards. *Front. Plant Sci.* 12:713135. doi: 10.3389/fpls.2021.713135