

Abschlussbericht

Projektnummer:

2316

Titel des Projektes:

Schutzwirkung verschiedener Begrünungsverfahren nach Rekultivierungen in Hochlagen *Erosion after restoration in high altitudes*



Projektleiter: **Dr. Bernhard KRAUTZER, Dr. Peter STRAUSS**
Mitarbeiter: **Dr. Andreas BOHNER**

Stichworte: Erosion, Beregnung, Bodenabtrag, Oberflächenabfluss

Laufzeit: **2002 - 2004**

Kooperationspartner: Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt
Bundesamt für Wasserwirtschaft Petzenkirchen

Impressum

Herausgeber: Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein,
A-8952 Irdning
des Bundesministeriums für Land-, Forst-, Umwelt und Wasserwirtschaft,
A-1012 Wien

Direktor: Prof. Mag. Dr. Albert SONNLEITNER

für den Inhalt verantwortlich: Dr. Bernhard KRAUTZER, Dr. Peter STRAUSS

Gestaltung: Abteilung Vegetationsmanagement

Druck, Verlag und © : Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein,
A-8952 Irdning, 2005

Internet: <http://www.raumberg-gumpenstein.at>

Das Projekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Land-, Forst-, Umwelt und Wasserwirtschaft finanziert

Schutzwirkung verschiedener Begrünungsverfahren nach Rekultivierungen in Hochlagen

Erosion after restoration in high altitudes

Einleitung

Vor mehr als zehn Jahren begannen in Österreich Bemühungen, die Erfolgsaussichten von Begrünungen in Hochlagen durch die Verwendung von hochwertigen Techniken und standortgerechten Saatgutmischungen (Alpinmischungen) zu verbessern. Von Forschungsanstalten, wie der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein oder der ehemaligen Landesanstalt Rinn, wurden erste Versuche unternommen, neue Standards für die Begrünung in Hochlagen, insbesondere nach baulichen Maßnahmen im Bereich von Schipisten und Aufstieghilfen, zu entwickeln. Interessierte Forschungsgruppen in den umliegenden Alpenländern wurden auf diese Aktivitäten aufmerksam und nahmen Kontakt auf, erste Kooperationen wurden gestartet. Zwischenzeitlich wurde mit der kommerziellen Produktion von standortgerechten Arten begonnen. Unter der Leitung der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurde 1999 ein internationales EU-Projekt unter Teilnahme von weiteren Forschergruppen und Firmen aus Österreich (Amt der Tiroler Landesregierung, Kärntner Saatbau), Italien (Provinzen Pordenone, Belluno), Deutschland (Universität Kassel) und der Schweiz (Verein für Hochlagenbegrünung) gestartet. Ziel war, erstmalig einen wissenschaftlich exakten Vergleich zwischen dem üblichen Stand der Technik, hochwertigen Applikationstechniken und standortgerechtem Saatgut zu ermöglichen (detaillierte Informationen zu diesem Forschungsprojekt finden sich unter www.alperos.org). Auf 8 verschiedenen Standorten, in Höhenlagen von 1.230 m bis 2.350 m wurden wissenschaftlich exakte Parzellenversuche nach einem einheitlichen Design angelegt. Auf jedem Standort wurden dabei verschiedene Begrünungstechniken und Saatgutmischungen verglichen. Der gängige Stand der Technik wurde einheit-

lich als einfache Hydrosaat in üblicher Rezeptur, mit einer Kombination aus Mineral- und Langzeitdünger, definiert. Als Vergleichstechnik wurden je nach Standort unterschiedliche Methoden der Oberbodenabdeckung (Strohdecksaat, Heudecksaat, Strohmatte, organische Geotextilien) gewählt. Als Standard-Saatgutmischung wurde die in Österreich für die Begrünung höherer Lagen meistverkaufte Handelsmischung, bestehend aus Saatgut von Arten der Tieflagen, ausgewählt. Als Vergleich wurde, je nach Bodeneigenschaften und Höhenlage, eine passende Mischung aus subalpinen und alpinen Gräsern, Leguminosen und Kräutern zusammengestellt. Alle Versuchsflächen wurden über mehrere Jahre beobachtet. Die wissenschaftlichen Daten aller Standorte wurden zentral gesammelt und ausgewertet.

Material und Methoden

Einer dieser Standorte befindet sich in der Gemeinde Rohrmoos bei Schladming, auf einer Schipiste der Hochwurzen, in 1830 m Seehöhe. An diesem Standort wurden neben anderen Untersuchungen auch Erosionsmessungen durchgeführt. Dazu wurde vom Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt Petzenkirchen im Jahr 1999 eine mobile Erosionsmessanlage (siehe *Ab-*

bildung 1) errichtet. Mit dieser Anlage können die bei natürlichen Niederschlagsereignissen auftretenden Bodenabträge und Oberflächenabflüsse erfasst werden. Die Betreuung der Messanlage sowie die Auswertung der Ergebnisse erfolgte durch die HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Eine Zusammenfassung dieser Ergebnisse wird diskutiert. Zusätzlich wurden vom Institut für Kulturtechnik im Jahr 2002 künstliche Beregnungen mit einem Regensimulator durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Beregnungen sind nachfolgend dargestellt.

Aus *Abbildung 3* ist die Anordnung der Parzellen am Standort Hochwurzen zu ersehen. Auf einer nordnordöstlich geneigten Fläche von etwa 20 m Breite und 40 m Länge mit einer Hangneigung von 26° wurden im Jahr 1999 27 Parzellen angelegt. Die einzelnen Parzellen sind jeweils 3 m breit und 7 m lang und durch etwa 20 cm schmale „Wege“ voneinander getrennt. In der Mitte der Versuchsfläche verläuft in Längsrichtung ein breiterer Weg. Die Bezeichnung der Parzellen erfolgt durch eine Ziffer von 1 bis 3 und einen Buchstaben von A bis C, wobei die Ziffer jeweils für eine Saatmischung (*Tabelle 1*) und der Buchstabe für eine Saatechnik (*Tabelle 2*) stehen. Die Parzellen wurden jeweils in 3 Wiederholungen angelegt, die Zahlen in

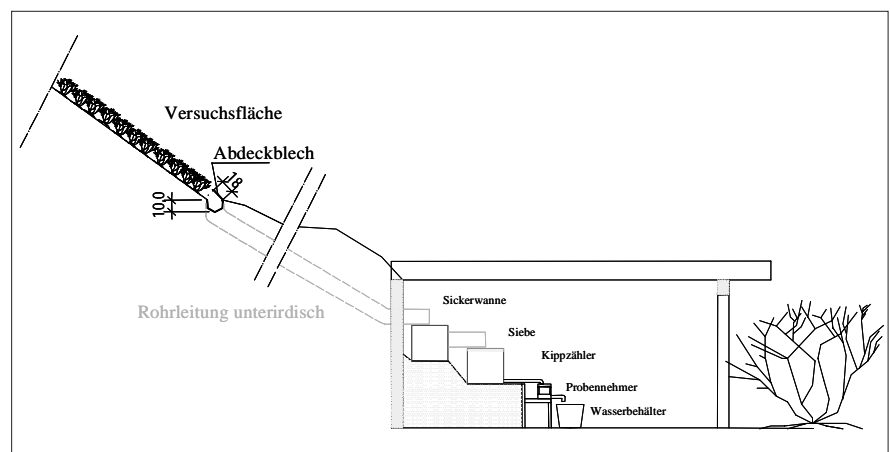


Abbildung 1: Querschnitt der mobilen Erosionsanlage Hochwurzen

Tabelle 1: Zusammensetzung der Saatgutmischungen 1 bis 4 am Standort Hochwurzten

Mischungsnummer	Mischungsbezeichnung				
1	Standard-, Handelsmischung				
2	standortgerechte Weidemischung				
3	standortgerechte Begrünungsmischung				
4	standortgerechte Weidemischung für Erosionsanlage				
		1	2	3	4
Art	Standard-, Handelsmischung (Schwarzenberger „Typ B3“)	standortgerechte Weidemischung	standortgerechte Begrünungsmischung	standortgerechte Weidemischung für Erosionsanlage	
<i>Achillea millefolium</i>	0,7	1	1	1	
<i>Agrostis capillaris</i>	4,6	4		4	
<i>Anthyllis vulneraria</i>		5	5	5	
<i>Avenella flexuosa</i>			5		
<i>Campanula barbata</i>		0,22	0,34		
<i>Crepis aurea</i>		0,5	0,25		
<i>Deschampsia cespitosa</i>			5		
<i>Dianthus superbus</i>			0,25		0,5
<i>Festuca nigrescens</i>		35	35	35	
<i>Festuca norica</i>			5		
<i>Festuca ovina</i>	2,5				
<i>Festuca pseudodura</i>			5		
<i>Festuca rubra</i>	31				
<i>Festuca supina</i>			5		
<i>Leontodon hispidus</i>		1	1		1
<i>Lolium perenne</i>	15,7	3			3
<i>Lotus corniculatus</i>	5	3			3
<i>Melandrium rubrum</i>		0,03	0,16		
<i>Phleum alpinum</i>		10	5		10
<i>Phleum pratense</i>	19,9				
<i>Poa alpina</i>		15	10		15
<i>Poa pratensis</i>	10,6				
<i>Poa supina</i>		5			5
<i>Poa violacea</i>		5	5		5
<i>Silene vulgaris</i>		0,25	1		0,5
<i>Trifolium badium</i>		5	5		5
<i>Trifolium hybridum</i>	2,4				
<i>Trifolium montanum</i>			1		
<i>Trifolium nivale</i>		7	5		7
<i>Trifolium repens</i>	4,2				
<i>Vicia sativa</i>	3,4				

Klammer bezeichnen die fortlaufende Parzellenummer.

Die Ziffern 1 bis 3 bzw. die Buchstaben A bis C bedeuten:

1 = Standardmischung

2 = Weidemischung

3 = Begrünungsmischung

A = Hydrosaat

B = Hydrosaat + Mykorrhiza

C = Handsaat + Strohmatte

Auf insgesamt 12 dieser Parzellen wurden im August 2002 Regensimulationen durchgeführt und zwar auf den 3 Wiederholungen der Parzellen 1A (Standardmischung, Hydrosaat), 2A (Weidemischung, Hydrosaat), 1C (Standardmischung, Handsaat + Strohmatte) sowie 2C (Weidemischung, Handsaat + Strohmatte).

Für die Erosionsmessungen bei natürlichen Niederschlägen wurden ebenfalls bereits 1999 3 Parzellen mit etwa 3 m Breite und 21 m Länge angelegt, welche mit 4D, 4E und 4F bezeichnet sind. Auf allen 3 dieser Parzellen erfolgte die Saat von Weidemischung, auf 4D durch Handsaat mit Hafer als Deckfrucht, auf Parzelle 4E mittels Hydrosaat und auf 4F mittels Hydrosaat + Strohmatte. Auf den 3 Flächen wurden im Juli 1999 2 m breite und 20 m lange Teilflächen mittels in den Boden eingeschlagenen Blechstreifen abgegrenzt (in *Abbildung 1* durch rote Umrandung dargestellt). Die bei natürlichen Niederschlägen auf den abgegrenzten Teilflächen angefallenen Oberflächenabflüsse und Bodenabträge wurden über am unteren Ende der Flächen befindliche Auffangrinnen über Rohrleitungen zu einem Messsystem geleitet, welches den Abflussverlauf auf Daten-

logger festhält und Teilproben aus der Boden-Wassersuspension zieht, anhand derer die im Abfluss enthaltenen Bodenabtragsmengen gemessen werden können. Zusätzlich zu diesen Messungen erfolgten im August 2002 auch auf den Parzellen 4D bis 4F Regensimulationen.

Die Regensimulationen erfolgten auf den in *Abbildung 3* blau unterlegten Teilflächen der jeweiligen Messparzellen mit einem am Institut für Kulturtechnik entwickelten Regensimulator. Die wichtigsten Kennwerte des eingesetzten Regensimulators sind:

- frei wählbare Niederschlagsintensität zwischen 0 - 220 mm/h
- modularer Aufbau - bis zu 4 Module ergeben eine Gesamtberegnungsfläche von bis zu 12 m x 2 m
- eingesetzte Düsen: HH40WSQ der Fa. Spraying Systems

Tabelle 2: Zusammensetzung der verwendeten Techniken A bis F am Standort Hochwurzten

Techniknummer	Technikname							
			normale Hydrosaat mit Mineraldünger	verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza	verbesserte Hydrosaat mit Strohmatte	Handsaat mit Deckfrucht	normale Hydrosaat mit organischem Dünger	verbesserte Hydrosaat mit Strohmatte
Material	Einheit	A	B	C	D	E	F	
Zellulose	g/m ²	80				80	80	
Curasol (Kleber)	g/m ²	15				15	15	
Reifekompost	g/m ²		80	1355				
Mineraldünger (15:15:15)	g/m ²	20						
Mineraldünger (Hyperkorn, 26% P ₂ O ₅)	g/m ²			15				
Mineraldünger (Nitroform)	g/m ²			7,9				
Mineraldünger (Recuform)	g/m ²	5						
Hafer organischer Nährstoffträger (ONSM, provide verde)	g/m ²		65					
organischer Dünger (Biosol)	g/m ²				150	150	150	
organischer Kleber (OSFA)	g/m ²		3,5					
Saatgut	g/m ²	15	15	15	15	15	15	
Strohmatte	g/m ²			350			350	
Mycorrhiza Inoculum	ml/m ²		65					

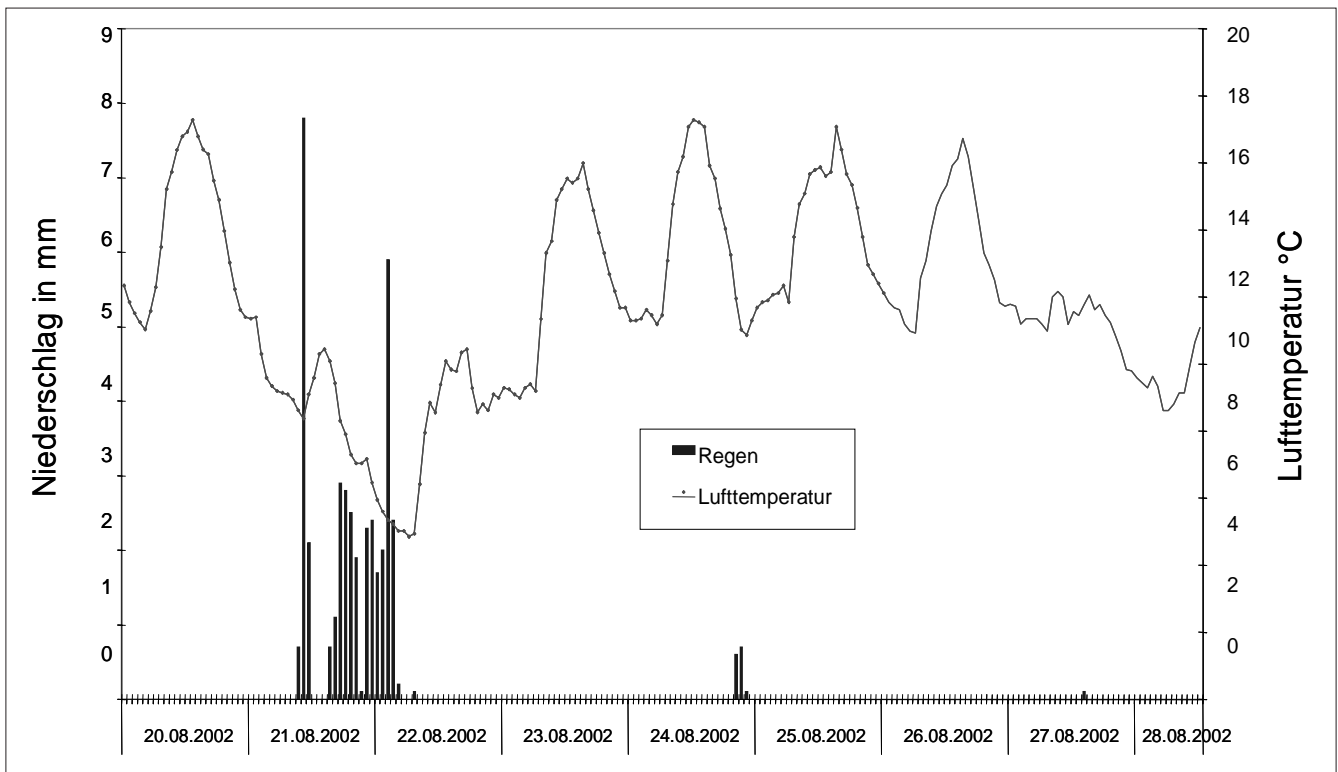


Abbildung 2: Temperaturverlauf und Niederschlagstätigkeit in Bezug zum Untersuchungszeitraum

- Düsenabstand: 1 m
- Uniformitätskoeffizient nach Christiansen: ungefähr 90 %
- mittlerer volumetrischer Tropfendurchmesser: ca. 2.0 mm

Bei den durchgeführten Berechnungen wurden 2 Module des Regners verwendet, wodurch die berechnete Fläche jeweils 5 m lang und 2 m breit war. Die Berechnungen erfolgten mit einer konstanten Niederschlagsintensität von

1 mm/min über einen genügend langen Zeitraum, um nahezu stationäre Abfluss- und Abtragsverhältnisse zu erreichen. Dieser Zeitraum betrug zwischen 30 und 45 min. Zur Berechnung wurde entionisiertes Wasser mit einer durchschnittli-

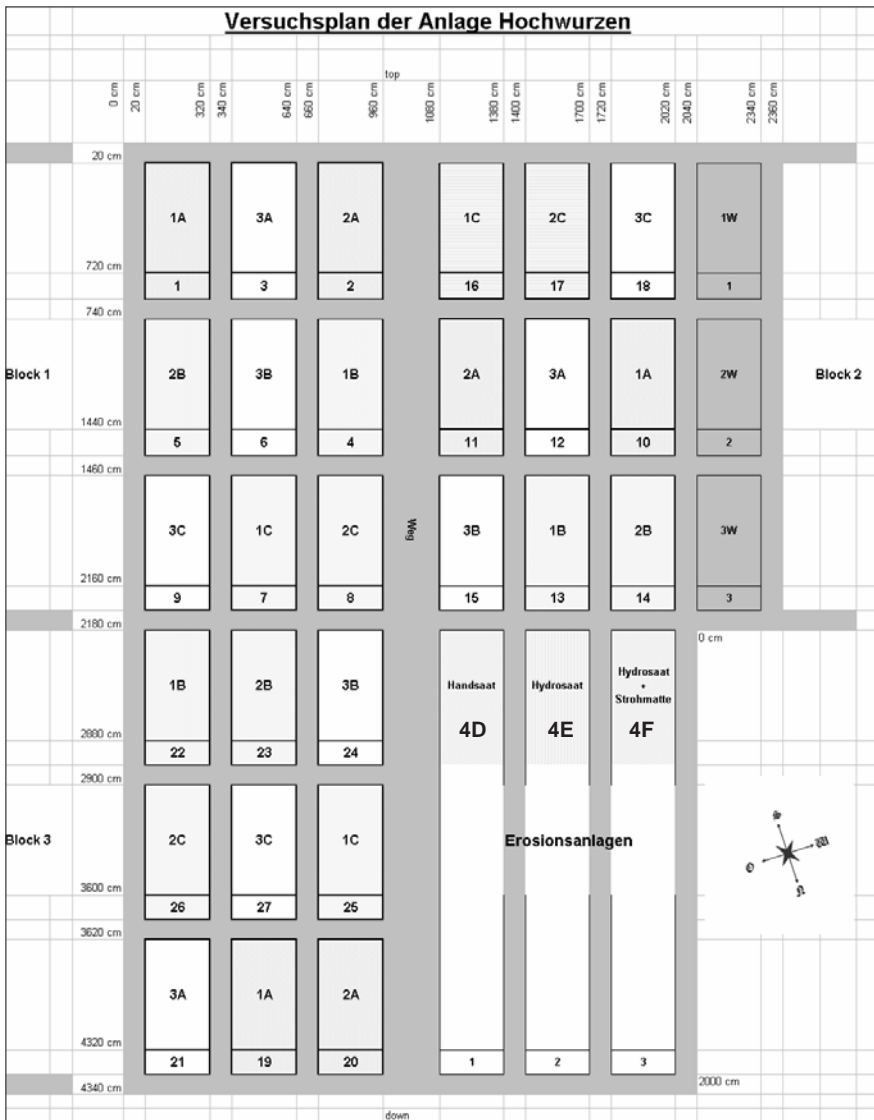


Abbildung 3: Parzellenanordnung am Versuchsstandort Hochwurzten

Tabelle 3: Beschreibung des Versuchsplanes Hochwurzten

Parzellennummer	Beschreibung	Parzellendefinition	Wiederholungen
1, 10, 19	Standardmischung, Hydrosaat	1A	3
2, 11, 20	standortgerechte Weidemischung, Hydrosaat	2A	3
3, 12, 21	standortgerechte Begrünungsmischung, Hydrosaat	3A	
4, 13, 22	Standardmischung, Hydrosaat+Mycorrhiza	1B	
5, 14, 23	standortgerechte Weidemischung, Hydrosaat+Mycorrhiza	2B	
6, 15, 24	standortgerechte Begrünungsmischung, Hydrosaat+Mycorrhiza	3B	
7, 16, 25	Standardmischung, Handsaat+Strohmatte	1C	3
8, 17, 26	standortgerechte Weidemischung, Handsaat+Strohmatte	2C	3
9, 18, 27	standortgerechte Begrünungsmischung, Handsaat+Strohmatte	3C	
Erosionsanlage (oberes Drittel vergleichbar)			
1	standortgerechte Weidemischung, Handsaat+Deckfrucht Hafer	4D	1
2	standortgerechte Weidemischung, Hydrosaat	4E	1
3	standortgerechte Weidemischung, Hydrosaat+Strohmatte	4F	1

chen Leitfähigkeit von 10-30 $\mu\text{S cm}^{-2}$ verwendet. Üblicherweise erfolgt die Abgrenzung der Beregnungsflächen mit in den Boden eingetriebenen Blechstreifen

und Auffangvorrichtung am unteren Ende der Fläche. Da jedoch im vorliegenden Fall ein Einbringen der Begrenzungsbleche aufgrund der Bodenbe-

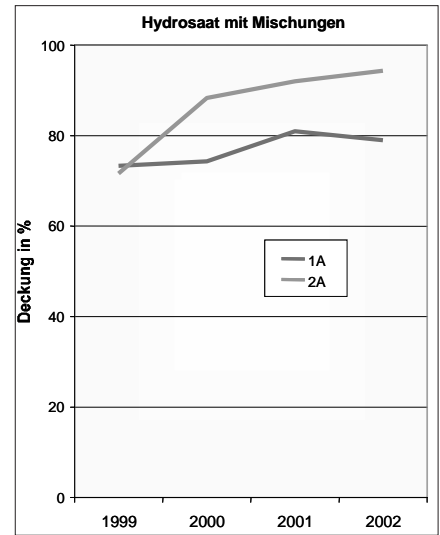


Abbildung 4: Vegetationsentwicklung in Deckungsprozent auf den Parzellen mit Standardmischung, Hydrosaat (1A) und Handsaat mit Strohmatte (2A)

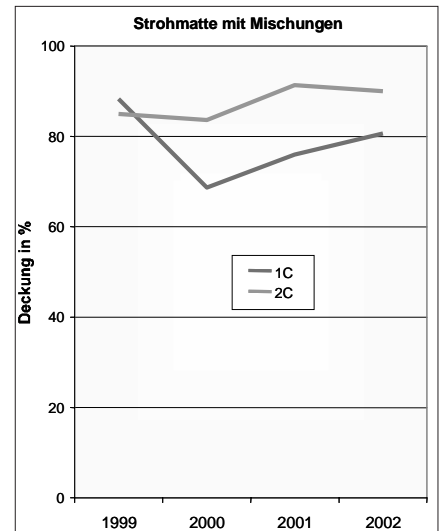


Abbildung 5: Vegetationsentwicklung in Deckungsprozent auf den Parzellen mit standortgerechter Mischung, Hydrosaat (1C) und Handsaat mit Strohmatte (2C)

schaffenheit nur durch das Aufgraben eines Schlitzes z.B. mit einem Krampen möglich gewesen wäre und dadurch die Parzellen für weitere Untersuchungen zu stark beeinflusst worden wären, wurde auf seitliche und obere Begrenzungen verzichtet und lediglich die Auffangvorrichtung am unteren Parzellenende eingegraben.

Somit kann eine geringfügige Verfälschung der Ergebnisse durch von der Messfläche seitlich aus- bzw. einfließenden Oberflächenabfluss nicht ausge-

Tabelle 4: Bodenkennwerte der Parzellen im Jahr 2001

		Humus %	pH (CaCl ₂)	Karbonat %	N tot %	Phosphat	K ₂ O	Mg	Ca
Standardmischung	normale Hydrosaat	4,7	6,6	1,4	0,21	2,4	7	2,7	10,4
Weidemischung	normale Hydrosaat	4,4	6,8	2,4	0,19	2,8	6	2,1	10,1
Begrünungsmischung	normale Hydrosaat	4,5	6,7	1,8	0,19	3,2	13	2,4	10,2
Standardmischung	verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza	3,5	6,7	2,0	0,16	2,4	9	2,3	9,2
Weidemischung	verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza	3,7	6,7	2,2	0,16	2,2	6	2,1	8,2
Begrünungsmischung	verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza	3,9	6,8	3,4	0,16	2,0	7	1,9	8,8
Standardmischung	verbesserte Hydrosaat mit Strohmatte	3,3	6,7	2,6	0,16	2,5	5	2,1	9,0
Weidemischung	verbesserte Hydrosaat mit Strohmatte	4,0	6,6	1,6	0,18	2,6	9	2,0	8,0
Begrünungsmischung	verbesserte Hydrosaat mit Strohmatte	4,1	6,7	1,8	0,18	2,8	7	2,2	9,0
Standardmischung	normale Hydrosaat	4,7	6,6	1,4	0,21	2,4	7	2,7	10,4
Weidemischung	normale Hydrosaat	4,4	6,8	2,4	0,19	2,8	6	2,1	10,1
Begrünungsmischung	normale Hydrosaat	4,5	6,7	1,8	0,19	3,2	13	2,4	10,2
Standardmischung	verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza	3,5	6,7	2,0	0,16	2,4	9	2,3	9,2
Weidemischung	verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza	3,7	6,7	2,2	0,16	2,2	6	2,1	8,2
Begrünungsmischung	verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza	3,9	6,8	3,4	0,16	2,0	7	1,9	8,8
Standardmischung	verbesserte Hydrosaat mit Strohmatte	3,3	6,7	2,6	0,16	2,5	5	2,1	9,0
Weidemischung	verbesserte Hydrosaat mit Strohmatte	4,0	6,6	1,6	0,18	2,6	9	2,0	8,0
Begrünungsmischung	verbesserte Hydrosaat mit Strohmatte	4,1	6,7	1,8	0,18	2,8	7	2,2	9,0
Standardmischung	normale Hydrosaat	4,7	6,6	1,4	0,21	2,4	7	2,7	10,4
Weidemischung	normale Hydrosaat	4,4	6,8	2,4	0,19	2,8	6	2,1	10,1
Begrünungsmischung	normale Hydrosaat	4,5	6,7	1,8	0,19	3,2	13	2,4	10,2
Standardmischung	verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza	3,5	6,7	2,0	0,16	2,4	9	2,3	9,2
Weidemischung	verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza	3,7	6,7	2,2	0,16	2,2	6	2,1	8,2
Begrünungsmischung	verbesserte Hydrosaat mit Anwendung von Mykorrhiza	3,9	6,8	3,4	0,16	2,0	7	1,9	8,8
Standardmischung	verbesserte Hydrosaat mit Strohmatte	3,3	6,7	2,6	0,16	2,5	5	2,1	9,0
Weidemischung	verbesserte Hydrosaat mit Strohmatte	4,0	6,6	1,6	0,18	2,6	9	2,0	8,0
Begrünungsmischung	verbesserte Hydrosaat mit Strohmatte	4,1	6,7	1,8	0,18	2,8	7	2,2	9,0

Phosphat im CAL Extrakt mg/100 g bei pH > 6
 K₂O (Cal mg/100g)
 Mg (BaCl₂-extract mval/100g)
 Ca (BaCl₂-extract mval/100g)

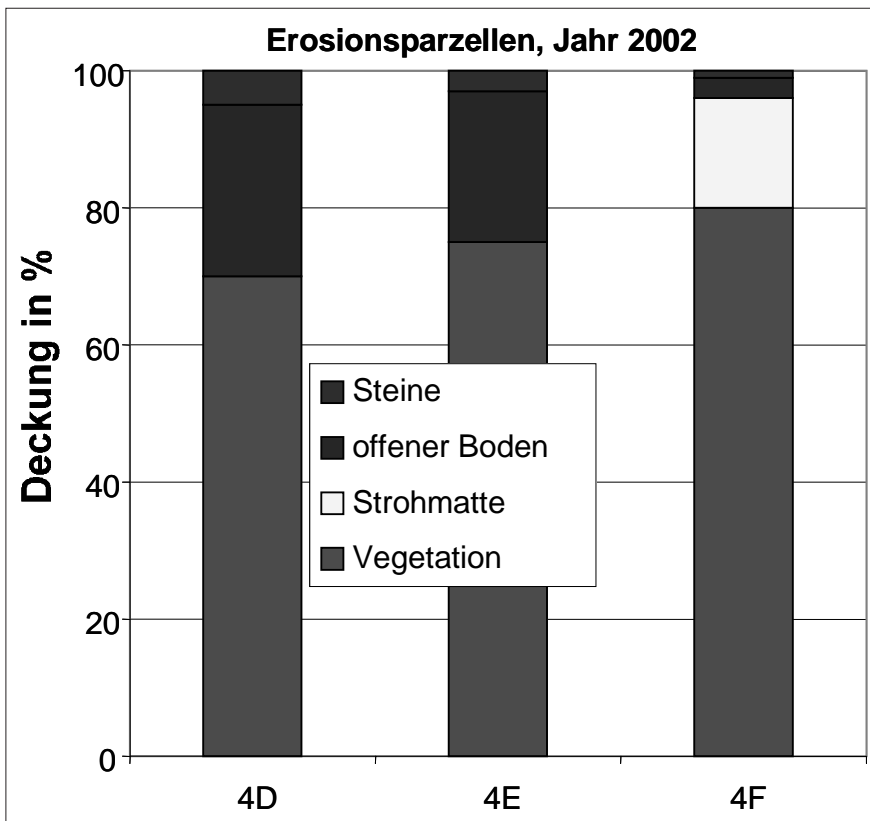


Abbildung 6: Vegetationsentwicklung in Deckungsprozent auf den Erosionsparzellen mit standortgerechter Weidemischung, Decksaat mit Hafer (4D), Hydrosaat (4E), Hydrosaat und Strohmatte (4F)

geschlossen werden (in die Messfläche ein-tretender Abfluss ist deshalb möglich, da, um innerhalb der eigentlichen Messfläche eine gleichmäßige Niederschlagsverteilung zu erreichen, die beaufschlagte Fläche größer sein muss und es daher auch außerhalb der Messfläche zu Abflüssen kommen kann). Bei visuellen Beobachtungen während der Beregnungsversuche wurden allerdings keine augenscheinlichen diesbezüglichen Verfälschungen festgestellt.

Bei den Beregnungen wurde die gesamte abfließende Boden - Wasser - Suspension in Eimern aufgefangen und quantifiziert, indem zuerst die Suspension gewogen wurde. Nach dem Absetzen des Bodens in den Eimern wurde das Wasser weitgehend abgetrennt, anschließend der Boden getrocknet und gewogen.

Dadurch konnte der zeitliche Verlauf sowohl des Bodenabtrags als auch des Oberflächenabflusses festgestellt werden.

Zusätzlich wurden von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein Phosphat und Nitrat als Suspensionsinhaltsstoffe für jeden Eimer bestimmt und zwar unmit-

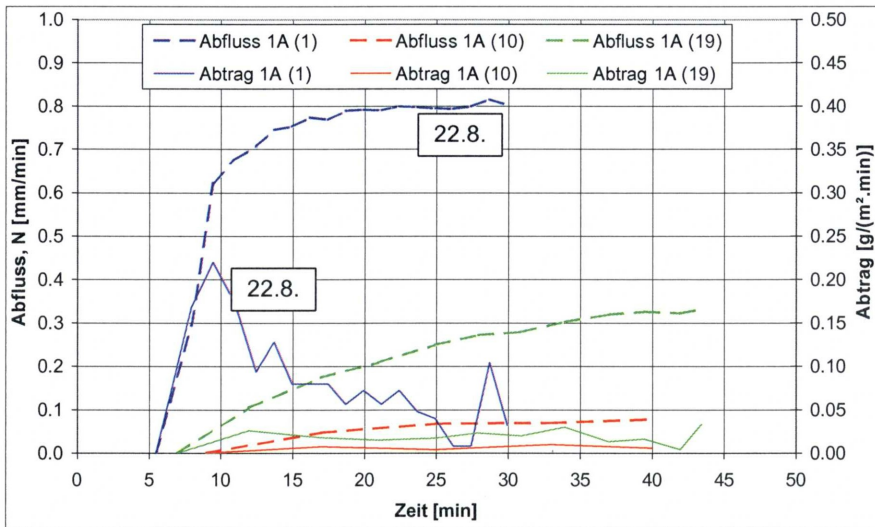


Abbildung 7: Zeitlicher Verlauf von Bodenabtrag und Oberflächenabfluss auf den Parzellen mit Standardmischung, Hydrosaat (1A)

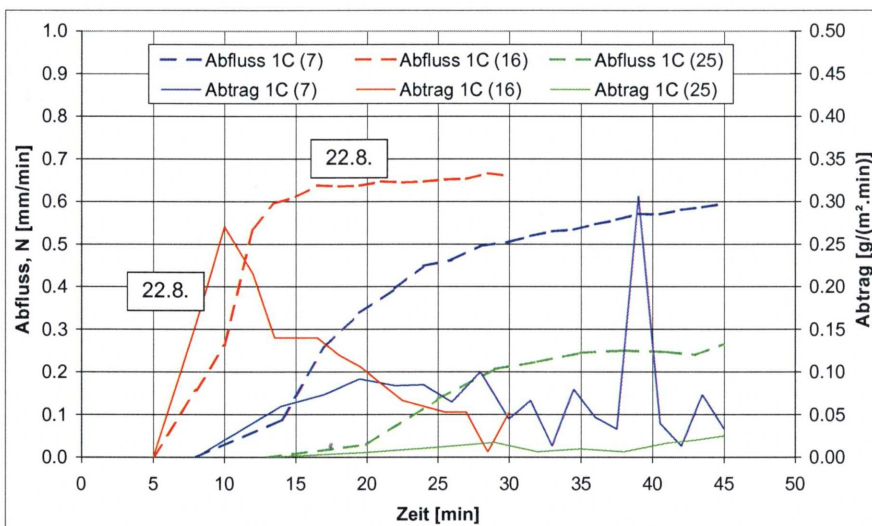


Abbildung 8: Zeitlicher Verlauf von Bodenabtrag und Oberflächenabfluss auf den Parzellen mit Standardmischung, Handsaat + Strohmatte (1C)

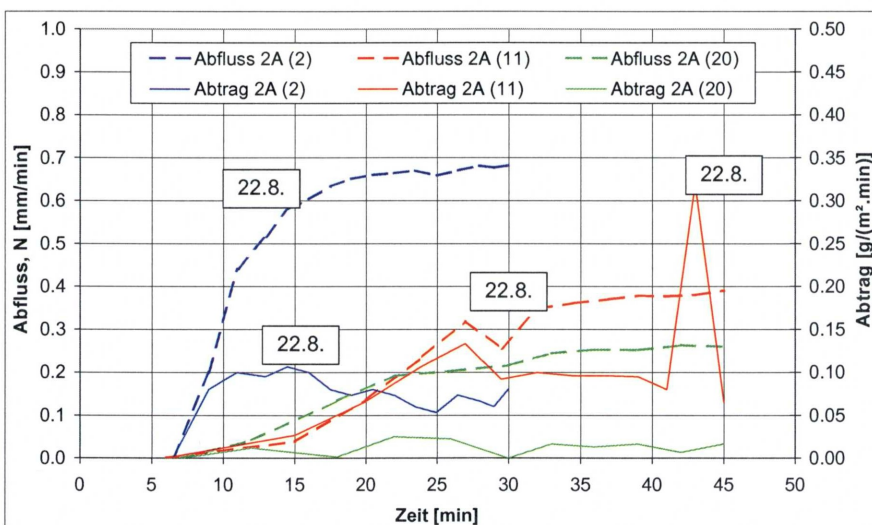


Abbildung 9: Zeitlicher Verlauf von Bodenabtrag und Oberflächenabfluss auf den Parzellen mit Weidemischung, Hydrosaat (2A)

telbar nach dem Auffangen der Suspension, solange noch keine Entmischung von Boden und Wasser stattgefunden hatte (Schnellbestimmungskits).

Ergebnisse und Diskussion

Vegetationsentwicklung

Ein wesentliches Kriterium für die Beurteilung des Begrünungserfolges lag im Erreichen einer Bodendeckung von 70 - 80 % (je nach Hangneigung und Seehöhe), welche nach gängigen wissenschaftlichen Untersuchungen die Untergrenze für ausreichenden Erosionsschutz in Hanglagen darstellt.

Abbildung 4 zeigt die Entwicklung der Vegetation in Deckungsprozent auf den Parzellen mit Standardmischung, Hydrosaat (1A) und Handsaat mit Strohmatte (2A) vom Zeitpunkt der Anlage im Sommer 1999 bis zum Beginn der Beregnungsversuche 2002. Im Anlagejahr wird, unabhängig von der Begrünungstechnik, eine Deckung von knapp über 70 % erreicht. In den weiteren Beobachtungsjahren kann eine deutliche Differenzierung zwischen den beiden verwendeten Techniken beobachtet werden. Im Schutz der Strohmatte kann sich eine dichte Vegetation entwickeln, die einen ausreichenden Erosionsschutz garantiert. Ab dem zweiten Beobachtungsjahr entwickelt sich die Deckung der Variante mit der Anlagetechnik Hydrosaat schlechter, allerdings noch immer auf ausreichend stabilem Niveau von knapp unter 80 Deckungsprozent.

Ähnlich verlief die Vegetationsentwicklung in Deckungsprozent auf den Parzellen mit standortgerechter Mischung, Hydrosaat (1C) und Handsaat mit Strohmatte (2C). Erneut konnte sich die Variante mit der Anlagetechnik Strohmatte im Beobachtungszeitraum deutlich besser entwickeln. Allerdings bei deutlich höherem Ausgangsniveau von über 85 % im Vergleich zu den Varianten mit Handelssaatgut. In der weiteren Entwicklung ab 2001 ist ein stetiger Anstieg der Deckung auch bei der Variante mit Hydrosaat zu beobachten. Das kann auf die Verwendung standortgerechter Arten zurückgeführt werden, die sowohl an das alpine Klima als auch an die extremen Standortsbedingungen bestens angepasst

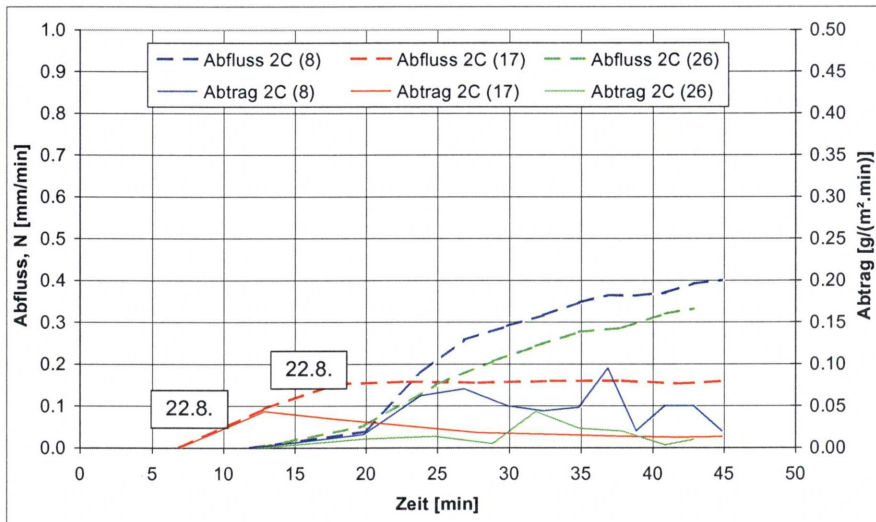


Abbildung 10: Zeitlicher Verlauf von Bodenabtrag und Oberflächenabfluss auf den Parzellen mit Weidemischung, Handsaat + Strohmatte (2C)

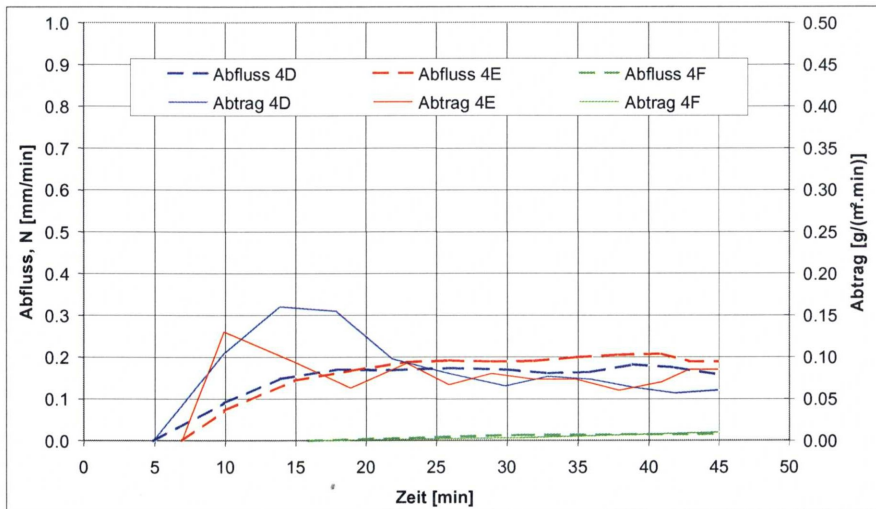


Abbildung 11: Zeitlicher Verlauf von Bodenabtrag und Oberflächenabfluss auf den Parzellen 4D, 4E und 4F

Tabelle 5: Abfluss- und Abtragsraten sowie Ø Sedimentkonzentrationen bei den Beregnungen bezogen auf die gesamte Beregnungsdauer von 45 min (bei kürzerer Beregnungsdauer erfolgte eine Hochrechnung auf 45 min)

Beregnungsdatum	Abtrag g/m ²	Abfluss mm	mittlere Sedimentkonzentration g/l
4D	3.7	6.3	0.596
4E	3.1	6.7	0.465
4F	0.2	0.4	0.462
1A (1) *)	2.7	29.5	0.092
1A (10)	0.2	2.4	0.095
1A (19)	0.7	9.3	0.078
Ø 1A	1.2	13.7	0.088
1C (7)	2.7	15.3	0.174
1C (16) *)	3.8	23.5	0.161
1C (25)	0.4	5.6	0.068
Ø 1C	2.3	14.8	0.134
2A (2) *)	3.1	23.7	0.130
2A (11)	3.5	9.3	0.373
2A (20)	0.5	7.3	0.065
Ø 2A	2.4	13.4	0.189
2C (8)	1.4	8.1	0.178
2C (26) **)	0.5	6.7	0.072
Ø 2C	0.9	6.8	0.137

*) Beregnungsdauer 30 min, hochgerechnet auf 45 min; **) Beregnungsdauer 43 min, hochgerechnet auf 45 min

sind. Letztendlich zeigen beide untersuchten Varianten im Versuchsjahr 2002 eine Deckung über 80 %, womit ausreichende Stabilität gegen Erosion erwartet werden kann.

Ein Vergleich der drei Varianten der Erosionsparzellen, die im Untersuchungsjahr angelegt wurden, zeigt deutliche Unterschiede in der Deckung durch Vegetation bzw. zusätzliche Mulchstoffe. Bei einfacher Hydrosaat sowie bei Hydrosaat mit Deckfrucht Hafer konnte 8 Wochen nach der Ansaat eine Deckung von 70 bzw. 75 % erreicht werden. Bei Verwendung einer Strohmatte betrug die Gesamtdeckung zum Zeitpunkt des Beregnungsversuches 95 %, wobei 80 % auf die Deckung durch Vegetation entfielen.

Bodenabtrag und Oberflächenabfluss

Nachfolgend sind als Ergebnisse der Beregnungsversuche die zeitlichen Verläufe von Abtrag und Abfluss dargestellt. Die 3 Wiederholungen der beregneten Varianten sind dabei jeweils in einer Abbildung zusammengefasst (Abbildung 7 bis Abbildung 10). Die Beregnungsergebnisse der Parzellen 4D, 4E und 4F sind ebenfalls in einer Abbildung (Abbildung 11) zusammengefasst.

Bei Betrachtung der Abbildungen 7 bis 10 zeigt sich, dass auf den beregneten Flächen innerhalb der Varianten bei den gemessenen Oberflächenabflüssen große Unterschiede verzeichnet wurden, welche auf ein stark unterschiedliches Infiltrationsvermögen auf den Flächen zurückzuführen sind. Dieses unterschiedliche Infiltrationsvermögen dürfte einerseits auf inhomogene Verhältnisse des unter der nur wenige Zentimeter mächtigen humosen Schicht befindlichen steinig-felsigen Untergrundes zurückzuführen sein. Je nach Beschaffenheit dieses Untergrundes - von Schutt mit zahlreichen Zwischenräumen bis hin zu größeren Felsplatten - variiert das Infiltrationsvermögen von sehr hoch bis gering. Da jedoch die tatsächliche Untergrundbeschaffenheit unter der humosen Schicht für die einzelnen Beregnungsflächen nicht ermittelt wurde, lassen sich die tatsächlichen Auswirkungen des Untergrundaufbaues auf den Oberflächenabfluss nicht validieren.

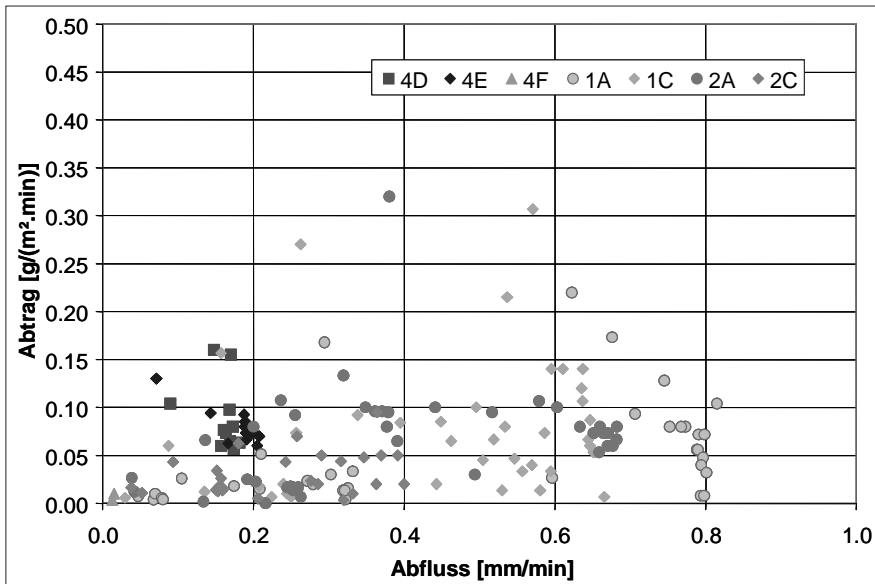


Abbildung 12: Zusammenhang zwischen Abtrag und Abflussintensität

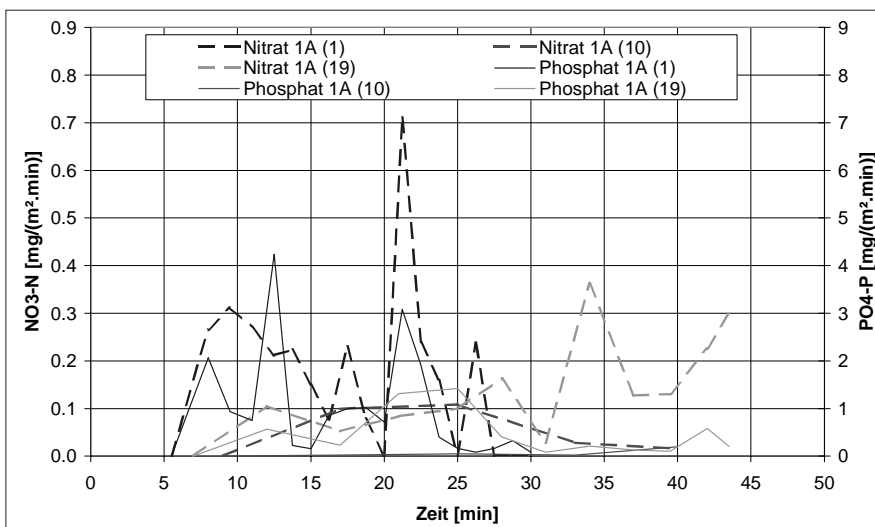


Abbildung 13: Zeitlicher Verlauf des Austrags von Nitrat und Phosphat von den Parzellen mit Standardmischung, Hydrosaart (1A)

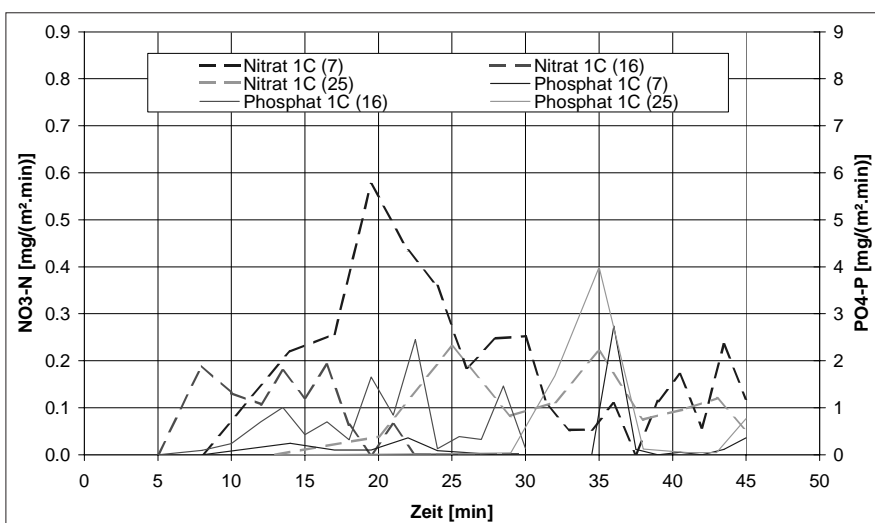


Abbildung 14: Zeitlicher Verlauf des Austrags von Nitrat und Phosphat von den Parzellen mit Standardmischung, Handsaat + Strohmatten (1C)

Andererseits war das Abflussverhalten stark vom Ausgangswassergehalt der Parzellen beeinflusst, der wiederum durch einen starken Niederschlag in der Nacht vom 21.8. auf den 22.8. beeinflusst worden war. Bei den Parzellen 4D, 4E und 4F ist das Abfluss- und Abtragsverhalten bei 4D (Handsaat mit Deckfrucht Hafer) und 4E (Hydrosaart) sehr ähnlich, bei 4F (Hydrosaart plus Strohmatten) wurde nur ein geringer Abfluss bzw. Abtrag gemessen (siehe *Abbildung 11*). Inwiefern diese Unterschiede ebenfalls durch den Untergrund bedingt sind, kann auch bei diesen Parzellen nicht ermittelt werden.

Jedenfalls verhielten sich die Parzellen 4D, 4E und 4F sowohl im Regensimulationsversuch als auch bei der Ermittlung von Bodenabträgen unter natürlichen Niederschlagsverhältnissen gleichgerichtet.

Nachfolgend wird unter der Annahme gleichen Abflussverhaltens aller Varianten das Abtragsverhalten durch einen Vergleich der gemessenen Sedimentkonzentrationen charakterisiert. Dazu erfolgt für die unterschiedlichen Varianten eine Gegenüberstellung der Abhängigkeit der Bodenabträge von der Abflussintensität (*Abbildung 12*). Zusätzlich sind aus *Tabelle 1* die bei den Berechnungen gemessenen durchschnittlichen Sedimentkonzentrationen zu ersehen.

Für 4F ist in *Tabelle 5* eine Sedimentkonzentration von etwa 0,5 g/l angegeben. Da jedoch sowohl die Abfluss- als auch die Abtragssumme auf dieser Parzelle sehr gering waren und die errechnete mittlere Sedimentkonzentration nur aus zwei Einzelmesswerten bei sehr geringen Abflussraten (siehe *Abbildung 8*) ermittelt wurde, muss 4F von einer vergleichenden Betrachtung ausgeschlossen werden. Für die übrigen beiden Erosionsmessparzellen 4D und 4E geht aus *Abbildung 7* bzw. *Tabelle 1* hervor, dass die Sedimentkonzentration im Abfluss deutlich höher ist als auf den übrigen Parzellen. Zwischen diesen beiden Parzellen ist kein auf die Saatechnik oder die Saatgutmischung zurückzuführender Unterschied feststellbar. Bei einem saatspezifischen Vergleich der übrigen Parzellen ergibt sich als durchschnittliche Sedimentkonzentration bei den Parzellen mit Standardmischung (1A und

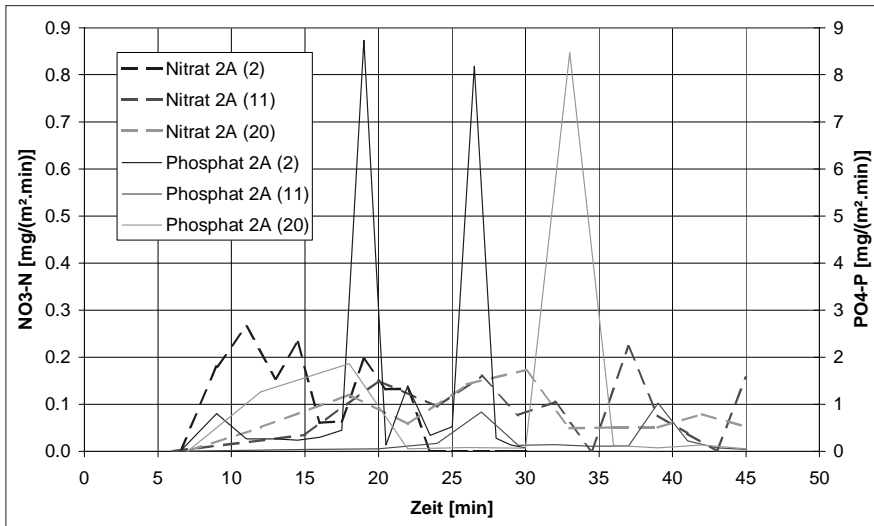


Abbildung 15: Zeitlicher Verlauf des Austrags von Nitrat und Phosphat von den Parzellen mit Weidemischung, Hydrosaat (2A)

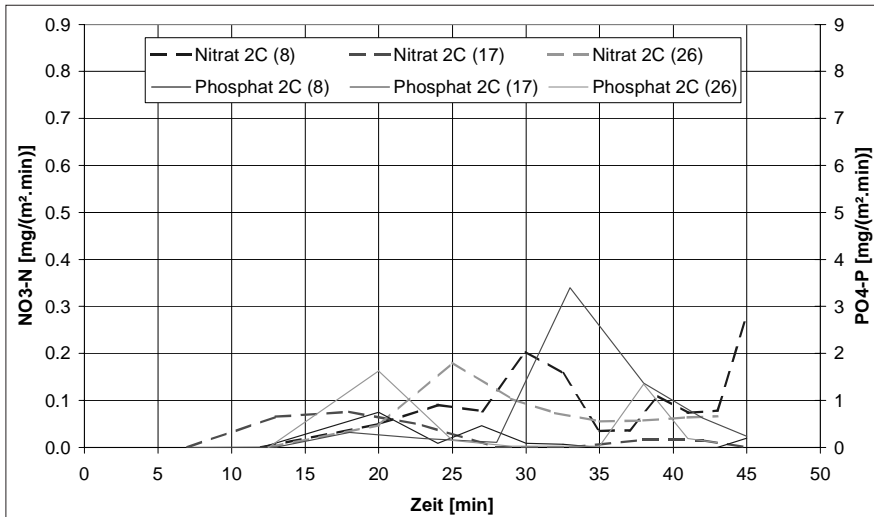


Abbildung 16: Zeitlicher Verlauf des Austrags von Nitrat und Phosphat von den Parzellen mit Weidemischung, Handsaat + Strohmatte (2C)

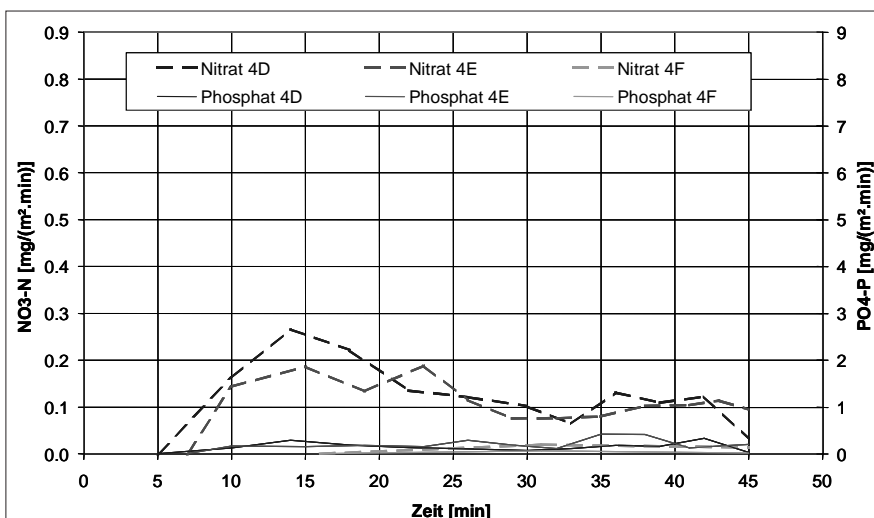


Abbildung 17: Zeitlicher Verlauf des Austrags von Nitrat und Phosphat von den Parzellen 4D, 4E und 4F

1C) ein Wert von etwa 0,11 g/l, bei den Parzellen mit Weidemischung (2A und 2C) von etwa 0,16 g/l. Ein saatechnikspezifischer Vergleich ergibt für Hydrosaat (1A und 2A) eine Sedimentkonzentration von durchschnittlich 0,14 g/l, für Handsaat plus Strohmatte (1C und 2C) von ebenfalls etwa 0,14 g/l.

Somit lässt sich aus den Berechnungsergebnissen unter Berücksichtigung der gemessenen Streuungen kein saatechnikspezifischer Unterschied beim Abtragsverhalten ableiten. Zu dem geringen Unterschied der durchschnittlichen Sedimentkonzentrationen zwischen Standardmischung und Weidemischung ist anzumerken, dass die zur Durchschnittsbildung herangezogenen Einzelmesswerte eine relativ breite Streuung aufweisen (siehe Tabelle 5).

Daher ist aus den Ergebnissen der Berechnungen auch bezüglich der Saatgutmischung kein statistisch gesicherter Unterschied im Abtragsverhalten abzuleiten. Die höheren Sedimentkonzentrationen auf den Erosionsmessparzellen 4D und 4E sind anhand der im Rahmen der Berechnungen durchgeführten Untersuchungen zwar schlüssig erklärbar, aber ebenfalls nicht statistisch absicherbar.

Grundsätzlich ist allerdings anzumerken, dass es sich bei den Berechnungen gemessenen Bodenabträgen um extrem geringe Werte handelt. Legt man zum Beispiel bei einem angenommenen Extremereignis mit einem Niederschlag von 60 mm innerhalb einer Stunde einen Abflussbeiwert von 70 % - entsprechend etwa den bei den Berechnungen festgestellten maximalen Abflüssen - zugrunde, so ergibt sich bei einer Sedimentkonzentration von 0,5 g/l ein Bodenabtrag von lediglich 210 kg/ha, bei einer Sedimentkonzentration von 0,15 g/l ein Abtrag von 63 kg/ha. Ein interessanter Aspekt aus Abbildung 8 ist das Verhalten der Sedimentkonzentration mit steigendem Abfluss.

Bei fast allen Berechnungen (mit Ausnahme der Parzelle 4F, bei der die Abflussmengen generell zu gering waren) führen die maximalen Abflüsse zu einer Verringerung der Sedimentkonzentration. Hier ist offensichtlich eine Limitierung des für eine Abschwemmung ver-

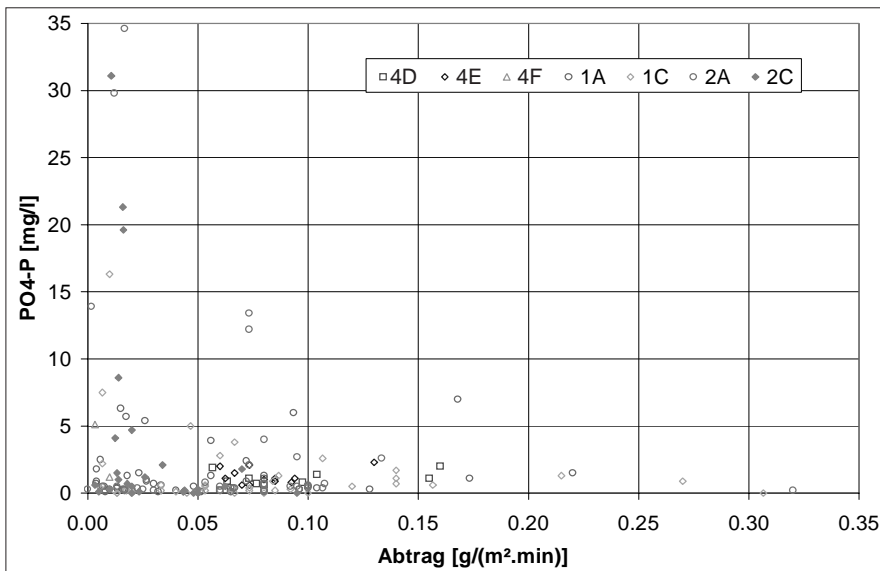


Abbildung 18: Zusammenhang zwischen Phosphatkonzentration und Abtragshöhe

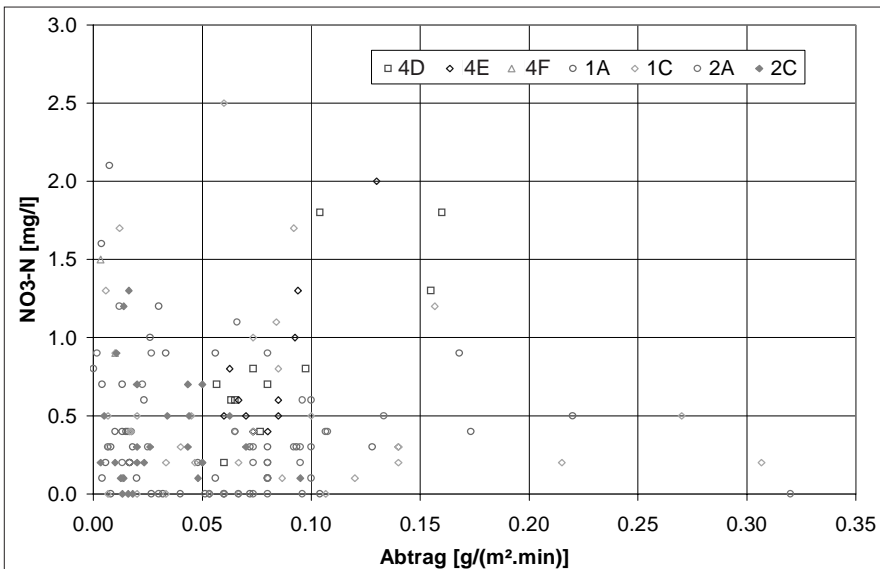


Abbildung 19: Zusammenhang zwischen Nitratkonzentration und Abtragshöhe

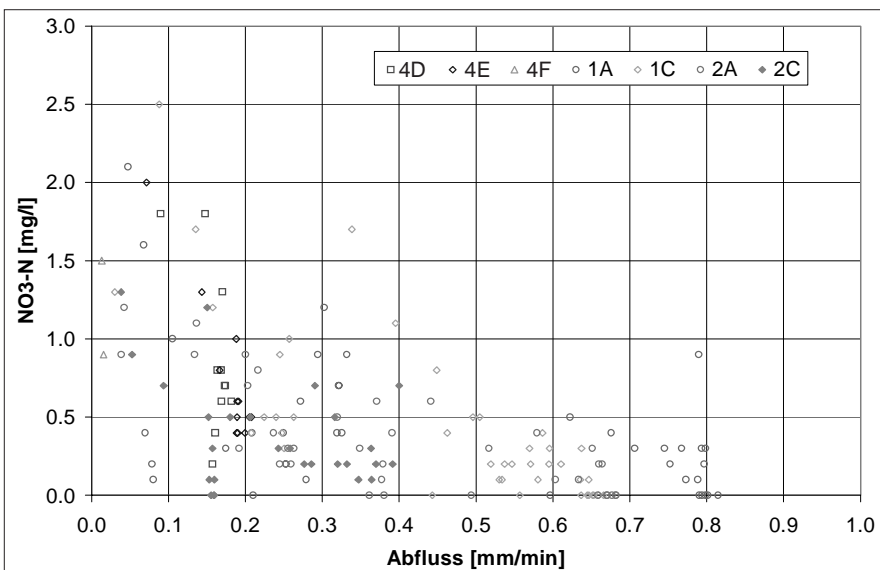


Abbildung 20: Zusammenhang zwischen Nitratkonzentration und Abflusshöhe

fügbaren Bodenmaterials gegeben und es kommt zu einem Verdünnungseffekt durch den Oberflächenabfluss.

Nitrat und Phosphatkonzentrationen im Abfluss

Zusätzlich zum Abfluss und Abtrag wurde bei den durchgeführten Beregnungen auch Nitrat und Phosphat in der Suspension von Abfluss und Abtrag für jeden aufgefangenen Eimer bestimmt. Dabei ergab sich der aus den folgenden *Abbildungen 13 bis 17* ersichtliche zeitliche Verlauf.

Aus den *Abbildungen* ist ersichtlich, dass es sowohl bei den Phosphat- als auch bei den Nitratausträgen von den Messparzellen große Unterschiede auch innerhalb der Wiederholungen der Varianten gibt und es bei den einzelnen Beregnungen zu starken Schwankungen im zeitlichen Verlauf kommt. Vor allem die Phosphorkonzentration erreicht immer wieder Werte, die unverständlich hoch sind. Betrachtet man den Zusammenhang zwischen Phosphatkonzentration in der Suspension und der Höhe des Abflusses oder Abtrages (*Abbildung 18*), so fällt auf, dass mit steigender Abtragsmenge eine abnehmende Phosphatkonzentration verbunden ist. Die höchsten Phosphatkonzentrationen wurden bei den niedrigsten Abtragsmengen gemessen. Auch hier fallen die extrem hohen Phosphatkonzentrationen auf. Bei längerem zeitlichem Abstand zwischen Beregnung und analytischer Bestimmung ist dieses Verhalten ein Hinweis auf eine Adsorption des Phosphors am Sediment, dies wäre noch zu prüfen. Die Konzentration des Nitrat im Oberflächenabfluss zeigt zwar auch eine Tendenz zu geringeren Werten mit steigenden Abtragsmengen, die allerdings nicht so stark ausgeprägt ist. Betrachtet man die Beziehung zwischen Oberflächenabfluss und Nitration, so zeigt sich ein typischer Verdünnungseffekt bei höheren Abflussmengen. Eine Unterscheidung der einzelnen Varianten hinsichtlich Saatgut oder Saattechnik ist allerdings nicht möglich.

Einfluss der Vorfeuchte auf die Messergebnisse

Im Zeitraum, in dem die Beregnungen durchgeführt wurden, fielen vom 21.8.2002 vormittags bis zum 22.8.2002 morgens fast 40 mm Niederschlag. Am

21.8. konnten in Regenspauzen bzw. in Phasen mit geringer Regenintensität noch 3 Beregnungen durchgeführt werden. Die bis zum Zeitpunkt dieser 3 Beregnungen gefallene Niederschlagsmenge war mit maximal etwa 10 mm noch relativ gering, wodurch eine Beeinflussung des Abfluss- und Abtragsverhaltens praktisch ausgeschlossen werden kann (siehe auch *Abbildung 21*).

Anders verhält es sich bei den am 22.8. durchgeführten Beregnungen. Hier ist eine Beeinflussung des Abtrags- und Abflussverhaltens durch den Niederschlag wahrscheinlich, wodurch wiederum die Vergleichbarkeit mit den vor dem 22.8. beregneten Parzellen fraglich ist. Bei den nachfolgenden vergleichenden Betrachtungen erfolgt daher eine Trennung in vor und nach dem Niederschlagsereignis durchgeführte Beregnungen. Die Parzellen 4D bis 4F, auf denen die Beregnungen am 27.8.2002 und somit einige Tage nach dem Niederschlagsereignis durchgeführt wurden, sind nochmals gesondert zu betrachten.

Aus *Tabelle 2* ist zu ersehen, dass es variantenintern bei den nach dem Niederschlagsereignis durchgeführten Wiederholungen sowohl zu einer Erhöhung der Abfluss- und Abtragssummen als auch der mittleren Sedimentkonzentrationen kommt. Ausgenommen davon ist Variante 2C, bei der es zu einem leichten Rückgang der Abfluss- und Abtragssumme kommt. Die mittlere Sedimentkonzentration ist jedoch auch bei dieser Variante nach dem Niederschlagsereignis höher. Bei Variante 1A bleibt die mittlere Sedimentkonzentration bei deutlich höherer Abfluss- und Abtragssumme gleich. Zieht man getrennt nach dem Beregnungszeitpunkt vor bzw. nach dem Niederschlagsereignis einen variantenspezifischen Vergleich, so ergibt sich kein einheitliches Bild. So sind zum Beispiel bei Variante 1A (Standardmischung, Hydrosaat) Abtrags- und Abflusssumme vor dem Niederschlag im Variantenvergleich am niedrigsten, nach dem Niederschlag ist die Abtragssumme im Vergleich zu den übrigen Varianten deutlich höher, die Abflusssumme sogar die höchste aller Varianten. Bei Variante 2A (Weidemischung, Hydrosaat) ist die Abtragssumme vor dem Ereignis

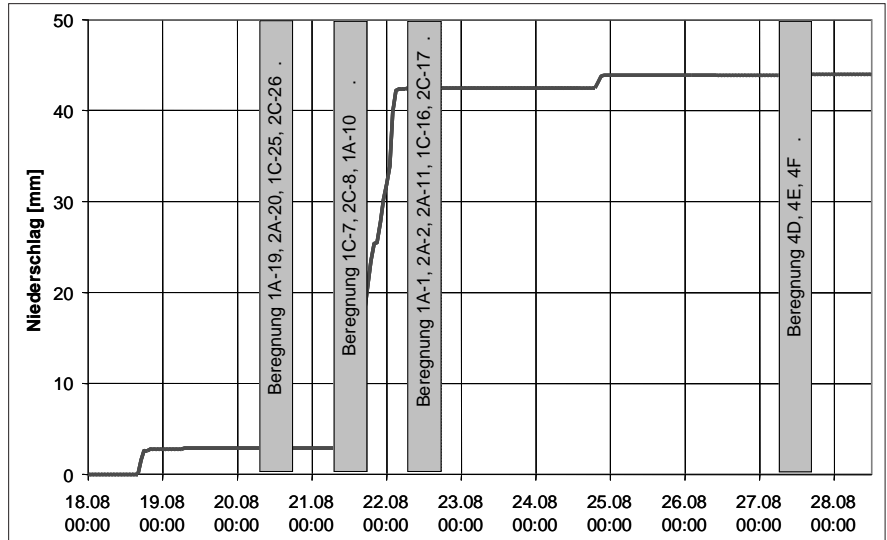


Abbildung 21: Zeitpunkte der durchgeführten Beregnungen in Bezug zu den im Untersuchungszeitraum gefallenen Niederschlägen

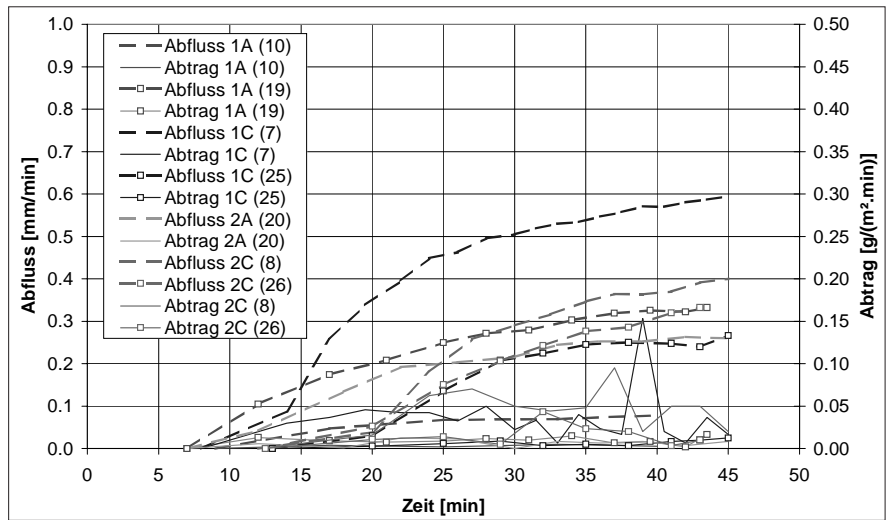


Abbildung 22: Zeitlicher Verlauf von Abfluss und Abtrag bei den Beregnungen vor dem Niederschlagsereignis vom 21./22.8.2002

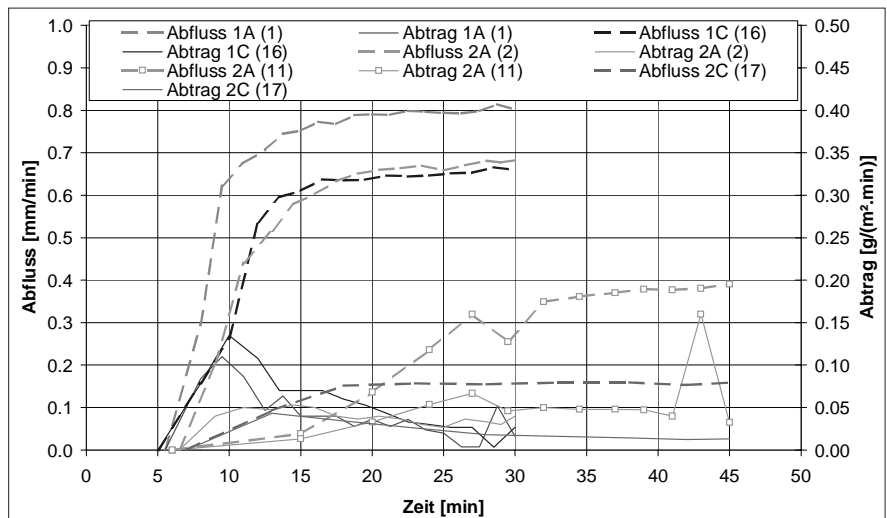


Abbildung 23: Zeitlicher Verlauf von Abfluss und Abtrag bei den Beregnungen nach dem Niederschlagsereignis vom 21./22.8.2002

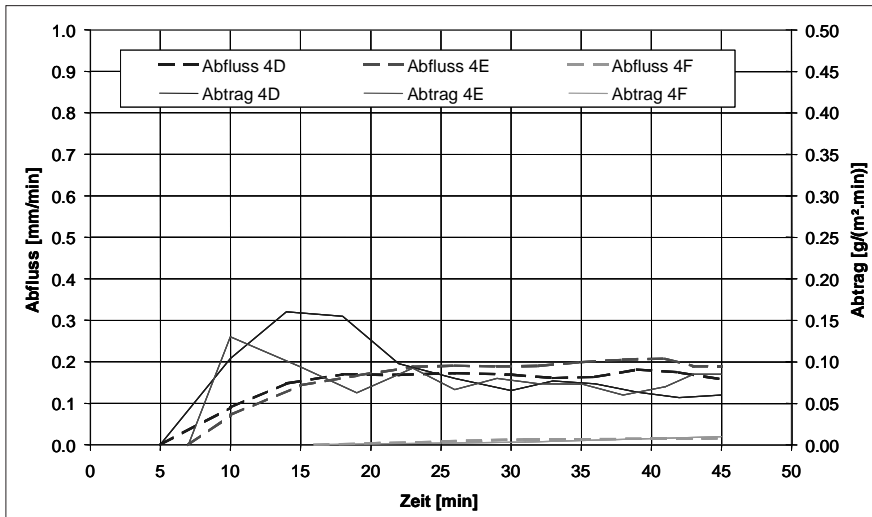


Abbildung 24: Zeitlicher Verlauf von Abfluss und Abtrag bei den Beregnungen der Parzellen 4D, 4E und 4F

Tabelle 6: Abfluss- und Abtragsraten sowie \emptyset Sedimentkonzentrationen bei den Beregnungen vor und nach dem Niederschlagsereignis vom 21./22.8.2002 bezogen auf die gesamte Beregnungsdauer von 45 min (bei kürzerer Beregnungsdauer erfolgte eine Hochrechnung auf 45 min)

	Beregnungsdatum	Abtrag g/m ²	Abfluss mm	mittlere Sedimentkonzentration g/l
1A (19)	20.08.2002	0.7	9.3	0.08
1A (10)	21.08.2002	0.2	2.4	0.10
\emptyset 1A		0.5	5.9	0.09
1C (25)	20.08.2002	0.4	5.6	0.07
1C (7)	21.08.2002	2.7	15.3	0.17
\emptyset 1C		1.6	10.5	0.12
2A (20)	20.08.2002	0.5	7.3	0.07
2C (26) **)	20.08.2002	0.5	6.7	0.07
2C (8)	21.08.2002	1.4	8.1	0.18
\emptyset 2C		1.0	7.4	0.13
1A (1) *)	22.08.2002	2.7	29.5	0.09
1C (16) *)	22.08.2002	3.8	23.5	0.16
2A (2) *)	22.08.2002	3.1	23.7	0.13
2A (11)	22.08.2002	3.5	9.3	0.37
\emptyset 2A		3.3	16.5	0.25
2C (17)	22.08.2002	0.9	5.6	0.16
4D	27.08.2002	3.7	6.3	0.60
4E	27.08.2002	3.1	6.7	0.47
4F	27.08.2002	0.2	0.4	0.46

*) Beregnungsdauer 30 min, hochgerechnet auf 45 min; **) Beregnungsdauer 43 min, hochgerechnet auf 45 min

gemeinsam mit Variante 1A am niedrigsten, nach dem Ereignis am zweithöchsten. Die Abflusssummen bewegen sich sowohl vor als auch nach dem Niederschlagsereignis im mittleren Bereich, die mittlere Sedimentkonzentration hingegen steigt vom niedrigsten Wert vor auf den höchsten Wert nach dem Niederschlagsereignis. Bei 2C (Weidemischung, Handsaat plus Strohmatte) wurden vor dem Niederschlagsereignis Abtrags- und Abflusssummen im mittleren Bereich gemessen, nach dem Ereignis

wurden hier die niedrigsten Werte aller Varianten registriert. Lediglich bei Variante 1C (Standardmischung, Handsaat plus Strohmatte) wurden sowohl vor als auch nach dem Niederschlag die höchsten Abtragssummen im Variantenvergleich festgestellt, die Abflusssumme war vor dem Ereignis die höchste, nach dem Ereignis die zweithöchste aller Varianten. Zu diesen vergleichenden Betrachtungen muss zusätzlich angemerkt werden, dass die verglichenen Werte nur auf einer oder maximal zwei Wiederho-

lungen basieren. Zudem gibt es noch dort, wo zwei Wiederholungen vorhanden sind, stark unterschiedliche Werte sowohl bei den Abfluss- und Abtragssummen als auch bei den mittleren Sedimentkonzentrationen. Somit lassen sich aus den Berechnungsergebnissen keine eindeutigen saatzgut- bzw. saatechnikspezifischen Unterschiede in Bezug auf das Abfluss- und Abtragsverhalten feststellen. Die Berechnungsergebnisse der Parzellen 4D, 4E und 4F wurden vom Vergleich mit den übrigen Parzellen ausgenommen, da hier einerseits die Versuchsanordnung von den übrigen Parzellen abweicht und andererseits aufgrund des Beregnungszeitpunktes einige Tage nach dem Niederschlagsereignis vom 21./22.8.2002 wiederum andere Ausgangsbedingungen vorherrschen.

Auffallend ist bei allen dieser drei Parzellen eine hohe mittlere Sedimentkonzentration in Relation zu den übrigen Parzellen. Bei den Abtrags- und Abflusssummen zeigt sich als erwartungsgemäßes Ergebnis, dass die bei 4F (Weidemischung, Hydrosaat plus Strohmatte) gemessenen Werte deutlich am niedrigsten sind (siehe *Abbildung 24* bzw. *Tabelle 6*).

Weiterführende Ergebnisse der Messungen mit der mobilen Erosionsanlage

Im Rahmen der gesamten Dauer des Projektes Alperos wurden in den Jahren 1999, 2000 und 2001 Versuche mit der mobilen Erosionsanlage durchgeführt, deren Ergebnisse mangels Wiederholungen ebenfalls nicht statistisch absicherbar sind, die im Rahmen des Erosionsversuches auf den Parzellen 4D, 4E und 4F beobachteten Oberflächenabflüsse sowie Bodenabträge bestätigen. Da alle Versuche über eine gesamte Vegetationsdauer bei sehr unterschiedlicher Niederschlagsverteilung sowie -intensität geführt wurden, werden die Ergebnisse auf eine Referenzmenge von 500 mm Niederschlag bezogen. Betrachtet man alle Versuche in Hinblick auf den Oberflächenabfluss während der drei Vegetationsmonate nach der Anlage der Versuche, so zeigen nur zwei Varianten einen deutlich reduzierten Oberflächenabfluss (siehe *Abbildung 25*). Bei beiden Varianten erfolgte eine zusätzliche Abdeckung des Oberbodens mittels einer Strohmatte. Vergleichbare Effekte sind

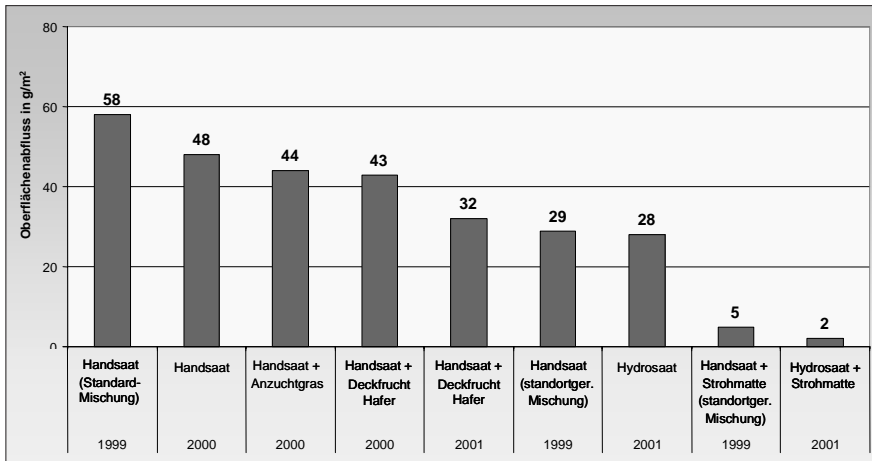


Abbildung 25: Oberflächenabfluss im Vergleich der Begrünungstechniken bezogen auf 500 mm Niederschlag

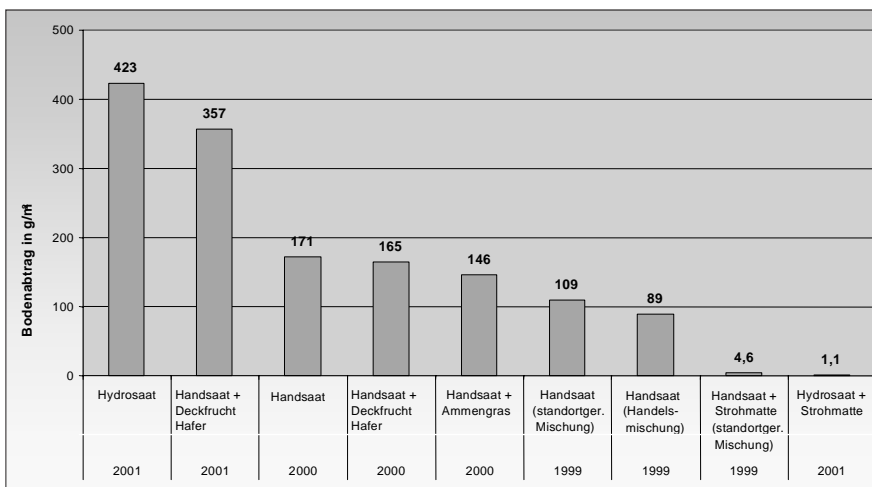


Abbildung 26: Bodenabtrag im Vergleich der Begrünungstechniken bezogen auf 500 mm Niederschlag

auch bei Verwendung anderer Mulchmaterialien wie beispielsweise Stroh, Heumulch oder verschiedenen Geotextilien zu erwarten. Ein Vergleich des gemessenen Bodenabtrages zeigt große Unterschiede zwischen den Varianten, welche ebenfalls die Niederschlagsmenge und -intensität im Beobachtungszeitraum widerspiegeln (siehe *Abbildung 26*). Auch bei diesem Vergleich stechen die zwei Varianten mit Abdeckung des Oberbodens heraus, die gemessenen Bodenabträge gingen dabei gegen Null. Erklärt werden kann dies durch den Schutz des Oberbodens durch die verwendeten Materialien. Die kinetische Energie der Regentropfen wird abgebaut, das Wasser sickert durch die Mulchschicht. Dabei wird ein Zerschlagen der Bodenkrümel und schnelles Verschlämmen des Oberbodens vermieden. Die intakte Porenstruktur ermöglicht die Aufnahme einer ungleich größeren Wassermenge durch den Boden.

Schlussfolgerungen und Nutzenanwendung für die Praxis

Die Qualität der Begrünungstechnik ist für die Vermeidung von Erosion in den Wochen nach der Ansaat entscheidend.

Nur bei Verwendung von Techniken, bei denen der Oberboden durch Abdeckung mit einer Mulchschicht oder von Geotextilien geschützt wird, kann auch bei starken Niederschlägen Bodenabtrag weitgehend vermieden und der Oberflächenabfluss ausreichend stark reduziert werden. Entsprechende Methoden sollten daher bei Hochlagenbegrünungen bindend vorgeschrieben werden.

Der Einsatz von Deckfrüchten bringt unter den extremen Klimaverhältnissen der Hochlagen keinen schnelleren Erosionsschutz. Die Verwendung von Deckfrüchten kann daher keinesfalls eine not-

wendige Mulchschicht zur Abdeckung des Oberbodens ersetzen.

Standortgerechte Begrünungsmischungen zeigten im Vergleich aller Parzellen ab dem zweiten Beobachtungsjahr eine signifikant bessere Bodendeckung als die Handelsmischung. Trotzdem konnten alle Mischungen und Techniken die für einen ausreichenden Erosionsschutz notwendige Bodendeckung von 70 bis 80 % erreichen.

Die Ergebnisse der mobilen Erosionsanlage sowie der Beregnungsversuche zeigen, dass nur im Jahr der Anlage mit nennenswerten Wasserabflüssen und Bodenabträgen zu rechnen ist. Nach Erreichen einer ausreichenden Vegetationsdeckung ist die Erosionsgefahr zu vernachlässigen.

Zusammenfassung

Im Rahmen des EU-Projektes ALPEROS wurden in den Jahren 1999 bis 2002 neue Standards in der ökologischen Hochlagenbegrünung erarbeitet. Im Rahmen dieses Projektes wurden unterschiedliche Applikationstechniken in Kombination mit unterschiedlichen Saatgutmischungen auch auf ihre Eigenschaften in Hinblick auf schnellen und ausdauernden Erosionsschutz untersucht. Um genaue Ergebnisse über Oberflächenabfluss und Bodenabtrag in den ersten Wochen nach der Begrünung zu erhalten, wurden mit Hilfe einer mobilen Erosionsanlage unterschiedliche Techniken und Saatgutmischungen in Hinblick auf das Erosionsgeschehen untersucht. Im August 2002 wurde schließlich auf ausgesuchte Parzellen des ALPEROS-Versuches eine Regensimulation durchgeführt.

Die Qualität der Begrünungstechnik war für die Vermeidung von Erosion in den Wochen nach der Ansaat entscheidend. Nur bei Verwendung von Techniken, bei denen der Oberboden durch Abdeckung mit einer Mulchschicht oder von Geotextilien geschützt war, konnte auch bei starken Niederschlägen Bodenabtrag weitgehend vermieden und der Oberflächenabfluss ausreichend stark reduziert werden.

Standortgerechte Begrünungsmischungen zeigten im Vergleich aller Parzellen ab dem zweiten Beobachtungsjahr eine signifikant bessere Bodendeckung als die

Handelsmischung. Trotzdem konnten alle Mischungen und Techniken die für einen ausreichenden Erosionsschutz notwendige Bodendeckung von 70 bis 80 % erreichen. Die Ergebnisse der mobilen Erosionsanlage sowie der Beregnungsversuche zeigten, dass nur im Jahr der Anlage nennenswerte Wasserabflüsse und Bodenabträge passierten. Nach Erreichen einer ausreichenden Vegetationsdeckung war die Erosionsgefahr bei allen untersuchten Varianten zu vernachlässigen.

Summary

An international EU-research project was carried out at the location Hochwurz (1.830 m) from 1999 to 2002. Different application techniques in combination with different seed mixtures were assessed in terms of fast and enduring protection against erosion. In order to get precise results about surface runoff and soil losses during the first weeks after restoration, techniques and seed mixtures were assessed with the help of a mobile erosion facility. During August 2002, an additional rain simulation was carried out on selected plots of the Alperos trial.

The results clearly showed that the application technique was the most important factor to avoid erosion in the weeks following the restoration. Notable erosion processes just took place during the first vegetation period. Only techniques with a sufficient protection of the soil surface were able to reduce water runoff and soil losses to an acceptable degree. After the second growing year, the site specific seed mixtures reached a significant better vegetation cover in comparison to the usual commercial mixtures. However, the rain simulation also indicated that all plots where a vegetation cover of 70 % was exceeded showed a sufficient protection against erosion.

Literaturverzeichnis

ANDERSON, M. G. and J. M. SHEN, 1987: Modelling the Effectiveness of a Soil-Cement Protective Cover for Slopes, In: *Slope Stability, Geotechnical Engineering and Geomorphology*, edited by Anderson, M. G. and K. S. Richards, John Wiley and Sons Ltd., 231-264.

BAUMAN, G., D. ZEDLACHER, E. SCHMIED, M. MAYERL, M. PÖLLINGER, W. MAC-HOLD, J. WEITBACHER, M. STREIT, R. GERSTL, M. WAIBEL und A. ALDRIAN, 2004: Wildbach- und Lawinenverbau, Dipl.-Ing. Christian Weber, c/o Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbau, Imst, Heft 151, 128 S.

BAYERISCHEN LANDESAMTES FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 1996: Abfluss- und Abtragsprozesse in Wildbacheinzugsgebieten, Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 27, München, 90 S.

BREBURDA, J., 1983: Bodenerosion und Bodenerhaltung, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 128 S.

BUNZA, G. et al., 1996: Abfluss- und Abtragsprozesse in Wildbacheinzugsgebieten Grundlagen zum integralen Wildbachschutz, Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 27, 38.

FAEH, A., S. SCHERRER und F. NAEF, 1996: Bodenwasserhaushalt und Hochwasserbildung - Resultate von Beregnungsversuchen, Veränderungen im Natur- und Kulturhaushalt und ihre Auswirkungen, Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1996 - Garmisch-Partenkirchen, Band 1, 113-124.

FOSTER, G. R. and E. SMITH, 1983: A Dynamic Erosion Concept, Proceedings of the Natural Resources Modeling Symposium Pingree Park, CO October 16-21.

FREEZE, R.A., 1987: Modelling Interrelationships Between Climate, Hydrology, and Hydrogeology and the Development of Slopes, In: *Slope Stability, Geotechnical Engineering and Geomorphology*, edited by Anderson, M. G. and K. S. Richards, John Wiley and Sons Ltd., 381-403.

GALL, H., 1985: Bodenerosion und Bodenerhaltung im Gebirgsland - am besonderen Beispiel Nordtirols, Doktorarbeit im Eigenverlag, Dr. Helmuth Gall, Kufstein, 124 S., Anhang 80 S.

GRAFISK, S., 2000: Down to earth Soil degradation and sustainable development in Europe, European Environment Agency, 32 S.

GRAY, D.H. and R.B. SOTIR, 1996: Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization, A practical Guide for Erosion Control, Wiley-Interscience Publication, 378 S.

GREENWAY, D.R., 1987: Vegetation and Slope Stability, In: *Slope Stability, Geotechnical Engineering and Geomorphology*, edited by Anderson, M.G. and K.S. Richards, John Wiley and Sons Ltd., 187-230.

HEBEL, B. und A. KLIK, 1997: Simulation von Oberflächenabfluss und Bodenabtrag in einem kleinen Einzugsgebiet in Österreich, Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 83, 423-426.

HÜTTE, M., 2000: Ökologie und Wasserbau, Paul Parey Verlag, 280 S.

JUNG, L. und R. BRECHTEL, 1980: Messungen von Oberflächenabfluss und Bodenabtrag auf verschiedenen Böden der Bundesrepublik Deutschland, Verlag Paul Parey - Hamburg und Berlin, S. 110-115.

MARKART, G., B. KOHL und P. ZANETTI, 1996: Einfluss von Bewirtschaftung, Vegetation und Boden auf das Abflussverhalten von Wildbacheinzugsgebieten, Veränderungen im Natur- und Kulturhaushalt und ihre Auswirkungen, Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1996 - Garmisch-Partenkirchen, Band 1, 135-144.

MARKART, G., B. KOHL und P. ZANETTI, 1997: Oberflächenabfluss bei Starkregen - Abflussbildung auf Wald-, Weide- und Feuchtfeldern, Forstwirtschaftliches Zentralblatt, Tharandter forstw. Jahrbuch 114, Nr. 2/3, 123-144.

MARKART, G., B. KOHL und W. GALLMETZER, 2000: Untersuchungen zum Abfluss- und Infiltrationsverhalten ingenieurbologisch stabilisierter Flächen in den Einzugsgebieten Pfannhorn (bei Toblach/Pustertal - Südtirol) und Meran (Südtirol), Bericht, Institut für Lawinen- und Wildbachforschung Innsbruck und Sonderbetrieb für Bodenschutz, Wildbach- und Lawinenverbauung Bozen, 31 S.

MARKART, G. und B. KOHL, 1995: Starkregensimulation und bodenphysikalische Kennwerte als Grundlage der Abschätzung von Abfluss- und Infiltrationseigenschaften alpiner Boden-/Vegetationseinheiten, FBVA Berichte 89, Wien, 38 S.

RENARD, K.G., G.R. FOSTER, G.A. WEESIES, D.K. MC COOL and D.C. YODER, 2000: Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), USDA, ISBN 0-16-048938-5, 31 S.

RÜTTIMANN, M., D. SCHAUB, V. PRASUHN und W. RÜEGG, 1995: Measurement of runoff and soil erosion on regularly cultivated fields in Switzerland - some critical considerations, *Catena*, 25, 127-139.

Schiechl, H.M. und R. STERN, 1992: Handbuch für naturnahen Erdbau - Eine Anleitung für ingenieurbio-logische Bauweisen, Österreichischer Agrarverlag Wien, 153 S.

SISÁK, I, P. STRAUSS, E. AZAZOGLU und P. SZUCS, 2002: Rainfall simulation experiments to develop an environmental soil P test, 17. Bodenkundlicher Weltkongress Thailand, Symposium 38, Paper no. 1691, 7 S.

STRAUSS, P. J. PITYY, M. PFEFFER und A. MENTLER, 2000: Rainfall simulation for outdoor experiments, INRA Editions, In: P. Jamet, J. Cornejo (eds.): Current research methods to assess the environmental fate of pesticides. 329-333.

VAN ANDEL, J. and J. ARONSON, 2004: Restoration Ecology an European Perspective, Manuscript 10 June 2004, submitted to Blackwell Science, Oxford, UK.