

# Gewässerschutz bei begülten Grünlandflächen in Hanglage

## Neue Versuchsergebnisse zu oberflächlichen Phosphor-Austrägen

von Dr. Michael Diepolder und Sven Raschbacher

Auf einer viermal pro Jahr geschnittenen und praxisüblich mit Gülle gedüngten Wiese mit 14 % Hangneigung im Allgäuer Alpenvorland wurden die durch natürliche Niederschlagsbedingungen bewirkten Wasserabflüsse von der Bodenoberfläche sowie die Art und Höhe des dadurch verursachten P-Austrags gemessen. Ebenfalls wurde untersucht, inwieweit sich dieser durch ungedüngte Randstreifen mindern lässt. Im Gesamtmittel des siebenjährigen Untersuchungszeitraumes (2003 – 2009) floss nur ein sehr geringer Anteil (3 %) des Niederschlagswassers direkt von der Oberfläche ab. Der damit einhergehende und vorwiegend auf Starkregen beruhende P-Austrag lag in Relation zu dem mit Gülle ausgebrachten Phosphor weit unter 1 %, erfolgte jedoch überwiegend in gelöster Form. Des Weiteren zeichneten sich auch in diesen Untersuchungen deutlich positive Effekte für den Gewässerschutz bei der Anlage eines ungedüngten Randstreifens ab, welche sich allerdings in diesem Versuch aufgrund kleinräumiger Bodenunterschiede statistisch nicht absichern ließen.

### Einleitung

Wirtschafteigener Dünger wird auf Grünland mit Schnittnutzung vorwiegend in Form von Gülle ausgebracht. Naturgemäß haben im Voralpenland und Mittelgebirgsraum viele Wiesen eine geneigte Oberfläche. Die Jahresniederschläge sind in den genannten Regionen meist hoch; außerdem dürfte durch den Klimawandel die Wahrscheinlichkeit von Starkniederschlägen zunehmen. Daher gilt es vor allem in Hinblick auf Gewässerschutzstrategien, die Art und Höhe von P-Frachten aus praxisüblich bewirtschafteten hängigen Grünlandflächen in angrenzende Gewässer zu quantifizieren. Ebenfalls sollen datengestützte Aussagen getroffen werden, ob und inwieweit sich durch landwirtschaftliche Maßnahmen eine Reduzierung erreichen lässt. Beregnungsversuche zeigen, dass intensive Niederschläge nach Gülledüngung bei hängigem Grünland zu einem starken Anstieg des oberflächlichen P-Austrages führen, jedoch ungedüngte Randstreifen die P-Belastung signifikant mindern können (DIEPOLDER und RASCHBACHER, 2008). Um diese unter Extremsituationen („worst case“) gewonnenen Erkenntnisse mit natürlichen

langjährigen Niederschlagssituationen zu vergleichen, wurde der nachfolgend beschriebene Dauerversuch durchgeführt. Damit werden auch Untersuchungen von POMMER et al. (2001) fortgesetzt, die sich thematisch ebenfalls mit dem P-Austrag vom Grünland durch Oberflächenabfluss beschäftigten.

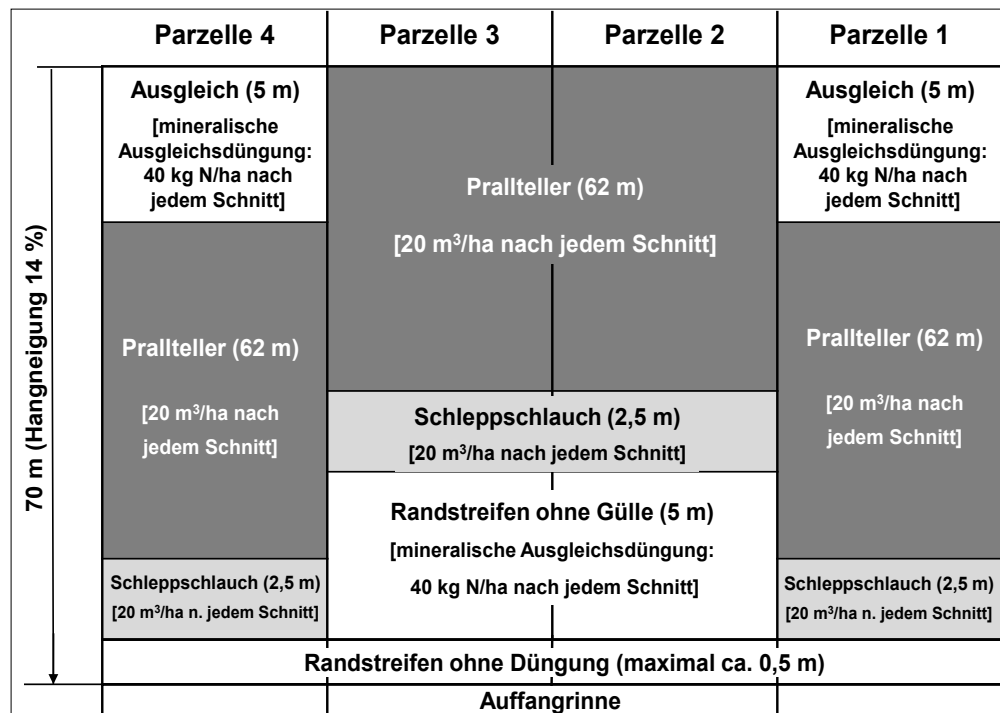
### Material und Methoden

Der Versuch steht im Allgäuer Alpenvorland am Standort Spitalhof/Kempton (730 m ü. NN, Ø Jahresniederschlag im

langjährigen Mittel 1 290 mm, Ø Jahrestemperatur 7,0 °C). Der ortsfeste Dauerversuch besteht aus vier 30 m breiten und 70 m langen Parzellen. Er ist auf einer Grünlandfläche mit 14 % Hangneigung und gleichmäßigem Relief über Parabraunerde aus Moränenmaterial angelegt. *Abbildung 1* zeigt die Varianten und das Prinzip der Versuchsanlage.

Die Düngung erfolgte ausschließlich in Form von Gülle zu allen vier geernteten

Abbildung 1: Ortsfeste Versuchsanlage zur Erfassung von Oberflächenabfluss



Aufwachsen in praxisüblicher Weise mit dem Prallteller. Damit wurden durchschnittlich pro Hektar und Jahr 49 kg Phosphor (= 112 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) gedüngt, wobei dieser Wert geringfügig über der in Bayern veranschlagten Düngung (LFL, 2011) von Vierschnittwiesen in Gunstlagen liegt. Rund ein Drittel des Gülle-P war „löslicher“ Phosphor (DTP). Es wurde darauf geachtet, dass bei allen Parzellen mit dem Prallteller die gleiche Fläche gedüngt wurde, was die mineralischen Ausgleichsflächen bei der Variante „ohne Randstreifen“ (Parzellen 1 und 4) in *Abbildung 1* erklärt. Um eine exaktere Abgrenzung zwischen begüllten und nicht begüllten Flächen zu gewährleisten, wurde bei allen Parzellen die Gülle auf den letzten 2,5 m quer zum Hang mit Schleppschlauchtechnik (Versuchsggerät) ausgebracht. Einen weiteren Schutz vor Direkteinträgen bot ein schmaler ungedüngter Randstreifen von 0,5 m Breite direkt vor der Auffangrinne.

Die Abflüsse der vier Parzellen wurden in einer Auffangrinne am Hangfuß getrennt gesammelt. Von dort gelangten sie in ein in einer Grube befindliches Kippgefäß. Ein einfaches mechanisches Zählwerk registrierte jede Kippung (50 l). Außerdem wurde pro Kippung automatisch eine Probe zur Nährstoffanalyse entnommen. Die Untersuchung der Wasserproben erfolgte am Wasserwirtschaftsamt in Kempten auf Gesamtphosphor (TP) sowie auf „löslichen Phosphor“ (DTP), d. h. nach Passieren eines 45 µm-Filteres wurde der Gesamt-P des Filtrats bestimmt. Der partikuläre Phosphor (PP) wurde aus der Differenz berechnet. Zeitpunkt und Menge der Niederschlagsereignisse registrierte eine agrarmeteorologische Messstation am Standort.

Die Probenahme, Analyse und Auswertung umfasste drei Abstufungen: So wurden Wasserproben nach einem vorherigen Starkregenereignis extra aufgefangen. Als ein Starkregenereignis wurde definiert, wenn die Abflüsse über 2 l/m<sup>2</sup> betragen. Bei der Auswertung wurde weiter unterschieden, ob diesen Ereignissen ca. ein bis zwei Tage vorher

**Tabelle 1:** Jährliche Abflussmengen, P-Frachten und errechnete durchschnittliche TP-Konzentrationen im Gesamtversuch\*

Herkunft Abfluss /P-Fracht	Ø Abfluss- menge [l m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> ]	Ø P-Frachten <sup>4)</sup>			Ø TP- Konz. <sup>5)</sup> [µg/l]
		DTP	PP	TP	
Ohne Starkregenereignis <sup>1)</sup>	7,3	28	11	39	536
Starkregen ohne Güllendüngung <sup>2)</sup>	18,6	24	6	30	162
Starkregen mit Güllendüngung <sup>3)</sup>	6,5	62	16	78	1195
Σ bzw. Ø	Σ 32,4	Σ 114	Σ 33	Σ 147	Ø 454

\* Mittel 2003 – 2009  
<sup>1)</sup> Jahresproben (sieben); siehe auch Text **Material und Methoden**  
<sup>2)</sup> Proben mit Abflüssen > 2 l/m<sup>2</sup>; ohne vorherige Güllendüngung: Ø 1,7 Ereignisse pro Jahr  
<sup>3)</sup> Proben mit Abflüssen > 2 l/m<sup>2</sup>; Güllendüngung max. zwei Tage vorher: Ø 0,6 Ereignisse pro Jahr  
<sup>4)</sup> TP und DTP gemessen, PP aus Differenz: PP = TP – DTP  
<sup>5)</sup> Ø TP-Konzentration: Errechnet aus Ø TP-Fracht/Ø Abfluss

eine Güllendüngung voranging oder diese schon länger zurücklag. Alle niedrigeren Abflüsse (unter 2 l/m<sup>2</sup>) gingen in eine Sammelprobe (Jahresprobe) ein, die einmal jährlich auf TP und DTP untersucht wurde. Der dargestellte Untersuchungszeitraum umfasst die Jahre 2003 – 2009.

### Ergebnisse und Diskussion Niederschlag und oberflächlicher Wasserabfluss

Das mittlere Niveau der Jahresniederschläge lag im siebenjährigen Untersuchungszeitraum bei 1 064 mm und damit deutlich unter dem langjährigen Standortmittel von 1 290 mm a<sup>-1</sup>. Ein durchschnittlicher Abfluss von 32,4 l m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> (siehe *Tabelle 1*) weist darauf hin, dass unter den gegebenen Reliefverhältnissen nur ein sehr geringer

Anteil (3 %) der Niederschläge direkt von der Oberfläche abfloss.

POMMER et al. (2001) stellten am gleichen Standort bei etwas höheren mittleren Jahresniederschlägen eine Abflussrate von etwa 6 % fest. Auffallend ist, dass innerhalb des Versuches die durchschnittlichen Wasserabflüsse trotz einheitlicher Reliefstruktur in einem weiten Bereich schwankten (siehe *Tabelle 2*), wofür unterschiedliche Bodenverhältnisse (u. a. lokale Verdichtungen) verantwortlich waren.

Der Wasserabfluss von der Hangfläche war vorwiegend auf Starkregenereignisse zurückzuführen. Dabei ist bemerkenswert, dass solche Ereignisse im Versuchszeitraum (2003 – 2009)

**Tabelle 2:** Jährliche Abflussmengen, TP-Frachten und errechnete durchschnittliche TP-Konzentrationen der einzelnen Parzellen\*

Herkunft Abfluss /P-Fracht	Ø Abfluss- menge [l m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> ]	Ø TP- Fracht [g ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Ø TP-Konzent- ration <sub>errechnet</sub> [µg/l]
Parzelle 1 (ohne Randstreifen)	48,3	255	527
Parzelle 2 (mit 5 m Randstreifen)	29,0	111	383
Parzelle 3 (mit 5 m Randstreifen)	35,8	123	344
Parzelle 4 (ohne Randstreifen)	16,5	100	607
Mittel 1,4 (ohne Randstreifen)	32,4	177 <sup>1)</sup>	547
Mittel 2,3 (mit 5 m Randstreifen)	32,4	117 <sup>1)</sup>	362

\* Mittel 2003 – 2009  
<sup>1)</sup> Differenz der Mittelwerte ist nicht signifikant, siehe Text

insgesamt nur 16mal auftraten. Dies entspricht nach der oben beschriebenen Definition einer durchschnittlichen „Wahrscheinlichkeit“ von 2,3 Starkregen pro Jahr.

### **P-Frachten, P-Fractionen und mittlere TP-Konzentration**

Aus dem Versuch wurden im siebenjährigen Mittel pro Hektar und Jahr 147 g an Gesamt-P (TP) durch Oberflächenabfluss ausgetragen (siehe Tabelle 1), wobei sich die Spannweite der P-Fracht in den Einzeljahren zwischen 29 und 318 g TP/ha bewegte. Bemerkenswert ist, dass der durch hohe Wasserabflüsse ein bis zwei Tage nach Güllendüngung verursachte P-Austrag an der Gesamtfracht einen mittleren Anteil von über 50 % einnahm, obwohl solche Situationen im Untersuchungszeitraum nur viermal eintraten. Dies verdeutlicht den entscheidenden Beitrag einer an Wetterprognose und Bodenverhältnisse orientierten Güllendüngung auf Grünlandflächen im Hügelland für die potenzielle Reduzierung von P-Einträgen in Oberflächen-gewässer.

Gleichfalls wie in Untersuchungen von DIEPOLDER und RASCHBACHER (2008, 2010) mit simulierten Starkregenereignissen (künstliche Beregnung) bildete auch bei den vorliegenden, hier unter natürlichen Niederschlagsbedingungen gewonnenen Resultaten stets der „lösliche Phosphor“ (DTP) die überwiegende P-Fraktion. Dies bestätigt die These der Autoren, die einen „Auskämmeffekt“ des vorwiegend partikulären Güllephosphats durch die Grasstopeln für die Ursache halten. In Relation zum insgesamt mit der Gülle ausgebrachten Phosphor lag der Anteil des direkt durch Oberflächenabfluss in den Vorfluter eingetragenen TP in einer Größenordnung von ca. 0,3 %. Diese scheinbar geringe Menge führte jedoch zu einer mittleren TP-Konzentration im abfließenden Wasser von 454 µg TP/l (siehe Tabelle 1), welche um mehr als das 20fache über dem Grenzwert lag, den VOLLENWEIDER (1982), zit. bei POMMER et al. (2001) für eine tragbare Belastung des Gewässerzuflusses angibt. Natürlich ist hierbei zu

berücksichtigen, dass Vorfluter kaum ausschließlich vom Oberflächenabfluss gespeist werden und dieser nur einen geringen Anteil des gefallenen Niederschlags ausmacht, selbst wenn man die Evapotranspiration mit ins Kalkül einbezieht. Anzumerken ist auch noch, dass mit der Versuchsanlage Wasserabflüsse und somit P-Frachten unter der Bodenoberfläche nicht erfasst werden konnten. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Im Mittel lag die TP-Fracht bei den beiden Parzellen 2 und 3, bei denen zusätzlich vor der Auffangrinne ein fünf Meter breiter Randstreifen ohne Güllendüngung vorgelagert wurde (siehe Abbildung 1) um ca. ein Drittel unterhalb des Mittelwertes der beiden Parzellen ohne einen solchen Randstreifen (siehe Tabelle 2, unten). Allerdings konnte diese Differenz aufgrund der bereits erwähnten Bodenunterschiede und der nur zwei Wiederholungen pro Variante in diesem ortsfesten Versuch statistisch nicht abgesichert werden, was sich auch anhand der Einzelwerte der TP-Frachten (siehe Tabelle 2, mittlere Spalte, insb. Parzellen 1 und 4) andeutet. Setzt man jedoch die mittleren jährlichen TP-Frachten in Relation zu den mittleren Jahresabflüssen, so fallen bei den so errechneten mittleren TP-Konzentrationen die Unterschiede der beiden Parzellen „ohne Randstreifen“ nicht so deutlich aus. Eine statistische Absicherung zwischen den Varianten unterblieb hier allerdings.

### **Fazit**

Die Versuchsergebnisse belegen, dass P-Austräge aus Wirtschaftsgrünland in Hanglagen vorwiegend auf vergleichsweise wenigen Starkregenereignissen beruhen. Im Fall von Güllendüngung erfolgen die P-Belastungsspitzen in Oberflächengewässer hauptsächlich in Form von gelöstem und damit schnell verfügbarem Phosphor. Durch ungedüngte Randstreifen vor dem Vorfluter können die P-Austräge teilweise deutlich vermindert werden, allerdings können auch kleinräumige Bodenunterschiede diesen für den Gewässerschutz positiven Effekt überlagern.

### **Danksagung**

Den Autoren ist es ein Anliegen, für die Versuchsdurchführung und Datenaufbereitung den Kolleginnen und Kollegen des LVFZ Spitalhof/Kempton, der Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen (AQU) sowie dem Sachgebiet Versuchswesen und Biometrie herzlich zu danken. Dank gebührt auch den Kolleginnen/Kollegen des Wasserwirtschaftsamtes Kempton für die Übernahme der Laboranalysen bei diesem Projekt und für den konstruktiven fachlichen Austausch.

### **Literatur**

- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2011: Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland – Gelbes Heft, 9. Unveränderte Auflage 2011. 99. S.
- POMMER, G., SCHRÖPEL, R., JORDAN, F.: Austrag von Phosphor durch Oberflächenabfluss auf Grünland. *Wasser & Boden*, 53/4, 34 – 38. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, 2001.
- DIEPOLDER, M. und RASCHBACHER, S.: Abschlussbericht des Forschungsprojekts Saubere Seen 2002 – 2005. Internetangebot der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz ([www.lfl.bayern.de/iab/duengung/](http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/); siehe unter Rubrik Düngung und Umwelt – Gewässerschutz), 2008.
- DIEPOLDER, M. und RASCHBACHER, S.: Projekt „Saubere Seen“ – Untersuchungen zu Phosphorausträgen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. Bericht über das 2. Umweltökologische Symposium „Boden- und Gewässerschutz in der Landwirtschaft“, 79 – 88. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, A-Irdning, 2010.
- VOLLENWEIDER, R., KERKES, J.: Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. OECD Paris, 2008.

*Dr. Michael Diepolder, Landwirtschafts-oberrat, und Sven Raschbacher, Landwirtschaftsamtmann, beide Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz, Lange Point 12, 85354 Freising*