

Neue Versuchsergebnisse zur Auswirkung mechanischer Bodenbelastung auf Dauergrünland

M. Diepolder, S. Raschbacher, R. Brandhuber, Th. Kreuter

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen
Landbau und Bodenschutz, Lange Point 12, 85354 Freising,
michael.diepolder@lfl.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Grünland wird heute im Vergleich zur Vergangenheit häufiger genutzt und mit schwereren Maschinen befahren. Erste bayerische Versuchsergebnisse aus dem Allgäu zur Auswirkung mechanischer Belastung im Intensivgrünland wurden bereits im Jahre 2005 bei der 49. Jahrestagung der AGGF in Bad Elster vorgestellt (DIEPOLDER ET AL., 2005). Über dreijährige Ergebnisse eines zweiten, Standortes im Vorderen Bayerischen Wald berichten DIEPOLDER & RASCHBACHER (2008). Sächsische Forschungsarbeiten zum Thema „Bodendruck im Grünland“ liegen von STAHL ET AL. (2009) vor.

Mit dem folgenden Beitrag werden die anhand einer fünfjährigen Datenbasis (2003-2007) gewonnenen Resultate eines dritten Versuchs in Bayern vorgestellt, bei dem ebenfalls von Parzellen ohne und mit mechanischer Bodenbelastung der Ertrag, die Qualität und Zusammensetzung sowie die N-Aufnahme der Pflanzenbestände untersucht wurden. Zusätzlich jedoch wurden Messungen zur Bodenphysik, zu Nährstoffkonzentrationen im Sickerwasser und zu Regenwurm-Zönosen vorgenommen, wodurch sich nun eine erweiterte Diskussionsbasis ergibt.

Material und Methoden

Der Versuchsstandort Puch befindet sich im Landkreis Fürstenfeldbruck im oberbayerischen Altmoränen-Hügelland. Er liegt 550 m über NN, hat 920 mm mittleren Jahresniederschlag und eine Jahresdurchschnittstemperatur von 8,0 °C. Bodentyp ist Parabraunerde, Bodenart stark toniger Schluff. Der Oberboden des grasreichen Grünlandbestandes wies in 0-10 cm Tiefe bei einem Humusgehalt von 3,5 % und einem C/N-Verhältnis von 12:1 auf einen für bayerische Dauergrünlandverhältnisse vergleichsweise humusarmen Boden und eher einen Ackerstandort hin. Der pH-Wert lag mit 5,3 etwas unter dem anzustrebendem Optimum, während Gehalte von 15 mg CAL-P₂O₅ bzw. 23 mg CAL-K₂O und 15 mg Mg (CaCl₂) pro 100 g Boden auf eine optimale, im Falle von Kalium sogar hohe Nährstoffversorgung des Versuchsstandortes hindeuten. Leitgras war zu Versuchsbeginn *Lolium perenne* mit ca. 70 % in der Frischmasse des ersten Aufwuchses zu Versuchsbeginn; *Dactylis glomerata* war mit 11 % weiteres bestandsbildendes Gras.

Der Versuchsaufbau umfasste 2 Varianten in vierfacher Wiederholung. Verglichen wurde dabei eine – bis auf die Ernte – unbefahrene Variante (1) mit einer zweiten befahrenen Variante (2). Die Nutzungsintensität lag bei vier Schnitten pro Jahr in den ersten vier Versuchsjahren; 2007 erforderte die

Witterung eine fünfmalige Ernte. Variante 2 wurde mit einem Schlepper (ca. 6 t Gesamtgewicht, Bereifung 6,50/65/R38 mit 1,5 bar Innendruck, 4-5 km/h) „Rad an Rad“ befahren und zwar in allen 5 Versuchsjahren jeweils nach dem ersten Schnitt, nach dem 2. Schnitt in 2003, 2005 und 2006, nach dem 3. Schnitt in 2003, 2006 und 2007 sowie im Herbst 2003 und 2004. Hervorzuheben ist, dass Variante 2 nicht nach jedem Schnitt befahren wurde, sondern im Zeitraum von 2003-2007 insgesamt 13 Mal. Bei insgesamt 21 Schnitten wurden 62 % aller Aufwüchse befahren. Die mechanische Bodenbelastung unterblieb immer dann, wenn der Boden wassergesättigt war. Dies wurde bewusst so gehandhabt, um eine bleibende mechanische Schädigung der Grünlandnarbe durch „Zerfahren“ des Bodens zu vermeiden, welche den eigentlichen Versuchsansatz „Effekte durch mechanische Bodenbelastung“ in Frage gestellt hätte.

Die Düngung beider Varianten erfolgte organisch/mineralisch sowohl in Form von je 25 m³/ha Rinder-Gülle (7,7 % TS) zum 1., 2., und 4. Aufwuchs (2007 auch zum 5. Aufwuchs) als auch in Form von Kalkammonsalpeter (KAS) mit 60 kg N/ha zum 3. Aufwuchs. Mit ca. 390 kg Gesamt-N, 220 kg P₂O₅ und 320 kg K₂O pro Hektar und Jahr wurden vergleichsweise hohe Stickstoff- und Phosphormengen gedüngt. Dem lag die Absicht zu Grunde, einen düngungsbedingten Nährstoffmangel für den Versuchsansatz generell auszuschließen. Darüber hinaus sollten Rückschlüsse gewonnen werden, ob und inwieweit sich eine hohe N-Düngung in der Nitratkonzentration des Sickerwassers widerspiegelt.

Die 2x4 Versuchspartzen wurden über einem Dauer-Saugkerzenfeld und als reine Bodenproben-Messpartzen angelegt. Vom Erntematerial der Saugkerzenpartzen wurden Ertrag, TS-, Rohfaser-, Rohprotein-, und Rohaschegehalt bestimmt. Ebenfalls erfolgte hier mittels fest installierten Tonsaugkerzen in 80 bzw. 130 cm Tiefe die Entnahme von dränendem Bodenwasser in ca. zweiwöchigem Abstand; analysiert wurde die Nitrat-, Phosphor- und Schwefelkonzentration. Auf den Bodenproben-Messpartzen fand (einmalig) die Standard-Bodenuntersuchung sowie kontinuierlich eine Nmin-Beprobung in 0-10 und 10-30 cm Tiefe zu ca. 70 Terminen im gesamten Untersuchungszeitraum statt. Untersuchungen zur Bodenphysik und Bodenfauna wurden nach der letzten Ernte (Herbst 2007) im Frühjahr 2008 vorgenommen.

In den Jahren 2003-2006 wurden alle Partzen kurz vor dem ersten Schnitt botanisch aufgenommen mit Schätzung des Ertragsanteils der Einzelarten bzw. Artengruppen (visuell nach KLAPP UND STÄHLIN). Besonderem Interesse galt dabei der Entwicklung von *Poa trivialis*.

Als bodenphysikalische Parameter wurden von in 5-10 cm Tiefe gewonnenen Stechzylinderproben (4x9 Stechringe pro Belastungsstufe, genommen in der ersten Maidekade 2008) die Korngrößenverteilung, die Trockenrohichte, das Gesamtporenvolumen, der Anteil weiter Grobporen im Bodenvolumen (Luftkapazität bei pF 1,8) und die pneumatische Leitfähigkeit bestimmt.

In der 2. Maidekade 2008 erfolgte eine einmalige Untersuchung zu Effekten der Bodenbelastung auf die Regenwurmpopulationen (Siedlungsdichten, Biomassen, Arten- und Dominanzstruktur). Dabei wurden die Würmer innerhalb quadratischer Rahmen (0,25 m²) mit einer 0,2%igen Formaldehyd-Lösung

($2 \times 20 \text{ l/m}^2$) ausgetrieben. Die mittels Nachgrabungen geschätzte Austreibungsquote betrug über 80 %. Pro Variante erfolgten 12 Wiederholungen (3 Wiederholungen pro Einzelparzelle).

Die statistische Auswertung erfolgte bei den Ertrags- und Qualitätsparametern sowie dem Nmin-Gehalt im Boden und der Nährstoffkonzentration im Sickerwasser mittels Varianzanalyse und t-Test. Bei den Regenwurm-Untersuchungen wurde der parameterfreie U-Test nach Mann-Whitney angewendet.

Ergebnisse und Diskussion

Im fünfjährigen Mittel wurden auf den mechanisch unbelasteten Parzellen (Variante 1) Jahreserträge von 106,5 dt/ha Trockenmasse und 62,0 GJ NEL/ha erreicht. Bei der befahrenen Variante 2 lagen die Durchschnittserträge hingegen bei 93,6 dt TM/ha bzw. bei 55,5 GJ NEL/ha, das bedeutet eine Minderung des TM-Ertrages um ca. 12 % und des Energieertrages um ca. 10 %. Die Differenzen lagen aufgrund der ausgeprägten Wechselwirkungen zwischen Einzeljahr und Variante bei diesem Versuch mit $\alpha=0,055$ bzw. 0,067 allerdings knapp über der Signifikanzgrenze. Bemerkenswert ist, dass der Verlust an geernteter Trockenmasse in seiner Größenordnung sehr gut mit anderen bayerischen Grünlandversuchen im Allgäu und Vorderen Bayerischen Wald übereinstimmt. Dort wurden signifikante Ertragsrückgänge von ca. 9-14 % bzw. 10-14 % festgestellt. Bemerkenswert ist ebenfalls, dass der TM-Ertrag des zweiten Aufwuchses auf den Parzellen, die in allen Versuchsjahren nach dem ersten Schnitt befahren wurden, um 23 % niedriger war als in Variante 1.

Signifikant unterschieden sich Rohprotein-Gehalte, Rohprotein-Erträge bzw. N-Abfuhr beider Varianten. Mittlere RP-Gehalte von 136 g/kg TM (1) gegenüber 129 g/kg TM (2), RP-Erträge von 1430 kg/ha (1) gegenüber 1190 kg/ha (2) bzw. ein Unterschied in der N-Abfuhr von 39 kg N/ha (229 kg N/ha bei Variante 1 gegenüber 190 kg N/ha bei Variante 2) lassen eine gestörte Umsetzung von Stickstoff in Ertrag und Eiweiß bei intensiver Befahrung vermuten. Da eine Analyse der Pflanzenbestände dazu keine hinreichend schlüssige Erklärung lieferte, bleibt es – in Übereinstimmung mit Schlussfolgerungen aus sächsischen Untersuchungen (STAHL ET AL., 2009) – ein lohnendes Ziel künftiger Forschungsarbeiten, zu untersuchen, ob durch mechanische Belastung die oberirdische Pflanzenmasse und/oder die Wurzelmasse zumindest kurzfristig geschädigt wird.

Eine gerichtete Zunahme von *Poa trivialis* durch mechanische Belastung war nicht nachweisbar. Andeutungsweise – jedoch aufgrund starker Streuung zwischen den Einzeljahren nicht absicherbar – zeigte sich, dass der generell im Gesamtversuch festzustellende Schwund an *Lolium perenne* gegen Versuchsende auf den befahrenen Parzellen (Variante 2) weniger stark ausfiel als bei Variante 1. Bei dieser dominierte im vierten Versuchsjahr (2006) eindeutig *Dactylis glomerata*. Interessanterweise lag der Weißkleeanteil in Puch auf sehr niedrigem Niveau (ca. 1 %) und blieb durch Bodenbelastung völlig unbeeinflusst.

Unterschiede im Vorrat an mineralischem Bodenstickstoff (Nmin) zwischen beiden Varianten konnten nicht festgestellt werden.

Die mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser lag bei beiden Varianten trotz deren stark positiven N-Salden auf sehr niedrigem Niveau. Dabei war interessanterweise bei der befahrenen Variante 2 die Nitratkonzentration mit 5,0 mg/l sogar signifikant niedriger als bei der unbefahrenen Variante 1, wo 8,0 mg Nitrat/l gemessen wurden. Als mögliche Ursachen kommen höhere Denitrifikationsraten in der befahrenen Variante oder eine höhere Makroporenkontinuität in Variante 1 (ohne Befahrung) in Frage. Die im Frühjahr nach Versuchsende in der Krume erhobenen bodenphysikalischen Daten lassen allerdings keine bleibenden Effekte der mechanischen Belastung (13 Überrollvorgänge in 5 Versuchsjahren) auf das Porensystem erkennen. Kurzfristig wirksame Beeinträchtigungen des Bodengefüges nach den Überrollungen können jedoch nicht ausgeschlossen werden, mangels Untersuchungen aber auch nicht belegt werden.

Siedlungsdichte (Individuen/m²) und Biomasse (g/m²) der Regenwürmer (ermittelt 10 Monate nach der letzten Befahrung) waren allerdings auf den belasteten Flächen signifikant geringer. Dieser Effekt ging vor allem auf die juvenilen Individuen zurück. Im Hinblick auf die Dominanzstruktur der Arten deutete sich eine interessante Differenzierung an: Während die tiefgrabende Spezies *Lumbricus terrestris* negativ auf die Bodenbelastung reagierte, profitierten die Streuschichtbewohner *L. rubellus* und *L. castaneus* von der Befahrung.

Schlussfolgerungen

Intensive mechanische Belastung kann im Grünland zu signifikanten Ertragsrückgängen führen. Die Ursachenforschung von Wirkungsmechanismen unter Einbeziehung erweiterter bodenphysikalischer und bodenfaunistischer Untersuchungen sollte Gegenstand künftiger Forschungsarbeiten sein.

Literatur

- DIEPOLDER, M., SCHRÖPEL, R., BRANDHUBER, R., BAUCHHENß, J., & JAKOB, B. (2005): Versuchsergebnisse zur Auswirkung mechanischer Belastung im Intensivgrünland. In: Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Band 7, 2005, 210-213; Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Herausgeber).
- DIEPOLDER, M. und RASCHBACHER, S. (2008): Versuch zu Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbelastung auf Ertrag, und Futterqualität bei Dauergrünland. www.lfl.bayern.de/iab/gruenland, siehe unter Rubrik Versuchsergebnisse und Praxisbeobachtungen zur Bewirtschaftungsintensität.
- STAHL, H., MARSCHALL, K., GÖTZE, H., FREYTAG, A. (2009): Bodendruck im Grünland. In: Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen, Heft 3/2009.