



9/ Düngung von Grasland

Olivier Huguenin-Elie¹, Eric Mosimann², Patrick Schlegel³,
Andreas Lüscher¹, Willy Kessler¹ und Bernard Jeangros²

¹ Agroscope, 8046 Zürich, Schweiz

² Agroscope, 1260 Nyon, Schweiz

³ Agroscope, 1725 Posieux, Schweiz

Auskünfte: olivier.huguenin@agroscope.admin.ch

Inhalt

1. Einführung.....	9/3
2. Grundprinzipien	9/3
3. Erträge von Wiesen und Weiden	9/3
4. Nährstoffgehalt des Wiesenfutters.....	9/5
5. Nährstoffentzug	9/7
6. Düngungsempfehlungen	9/7
6.1 Stickstoffdüngung	9/7
6.2 Phosphordüngung.....	9/13
6.3 Kaliumdüngung.....	9/13
6.4 Magnesiumdüngung.....	9/14
6.5 Schwefeldüngung.....	9/14
7. Diagnose aufgrund des Nährstoffgehalts des Futters	9/14
8. Hofdünger	9/15
9. Nährstoffrücklieferungen auf der Weide	9/16
10. Kalkung.....	9/16
11. Literatur	9/17
12. Tabellenverzeichnis.....	9/20
13. Abbildungsverzeichnis.....	9/20
14. Anhang	9/21

1. Einführung

Wiesen und Weiden sind Gemeinschaften zahlreicher Pflanzenarten von unterschiedlichem agronomischem und naturschützerischem Wert. Ihre Düngung unterscheidet sich von derjenigen anderer Kulturen darin, dass sie auf eine langfristig ausgerichtete Strategie der Aufrechterhaltung des gewünschten botanischen Gleichgewichts ausgerichtet sein muss. Die Düngung hat also zum Ziel, zur Erhaltung einer Vegetation beizutragen, die den Umweltbedingungen und den Zielen des Bewirtschafters oder der Bewirtschafterin angepasst ist, damit eine gute Futterqualität und ein angemessener Ertrag sichergestellt werden kann. Die Düngung beeinflusst die Qualität des geernteten Futters in erster Linie durch die Auswirkungen auf die botanische Zusammensetzung des Graslands. Die Qualität des geernteten Produkts betrifft ausserdem – im Unterschied zu den meisten anderen Kulturen – die Blätter und die Stängel der Pflanzen. In diesem Modul bezieht sich der Begriff «Grasland» auf das System Boden–Pflanzen einer Wiese oder Weide, und das darauf produzierte Erntegut wird als «Futter» bezeichnet.

2. Grundprinzipien

- Die Düngung von Wiesen und Weiden berücksichtigt nicht nur den Nährstoffentzug der Pflanzen und den Nährstoffversorgungszustand des Bodens, sondern auch die botanische Zusammensetzung, d. h. den Bedarf des Vegetationstyps, der gefördert werden soll. In Naturwiesen mit 50–70 % Gräsern, 10–30 % Leguminosen und 10–30 % Kräutern fällt in den meisten Fällen schmackhaftes Futter von guter Qualität an. Die verschiedenen Arten, die sich in einer Wiese entwickeln, haben unterschiedliche Ansprüche an das Nährstoffangebot.
- Um eine gute und langfristig stabile botanische Zusammensetzung zu begünstigen und zu erhalten sowie die übermässige Entwicklung unerwünschter Arten zu vermeiden, muss die Düngung zwingend an die Bewirtschaftungsintensität angepasst werden (Abbildung 1). Diese richtet sich in erster Linie nach den natürlichen standörtlichen Voraussetzungen. Sind die Bedingungen dem Gedeihen guter Futterpflanzen wenig förderlich (raues Klima, Nordhang, flachgründiger oder schwerer Boden, schattige Lage usw.), ist eine intensive Bewirtschaftung nicht zu empfehlen. Bei günstigen Bedingungen kann eine der vier Intensitätsstufen der Bewirtschaftung ausgewählt werden.

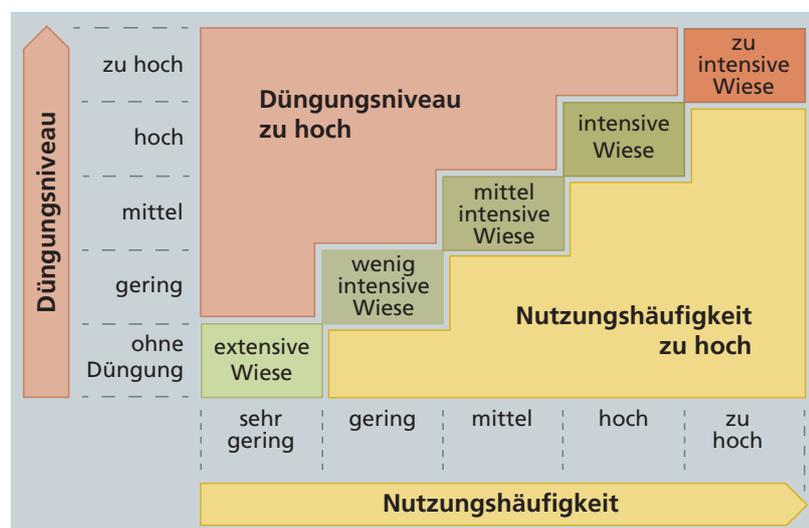


Abbildung 1 | Intensitätsstufen im Futterbau in Abhängigkeit der Nutzungshäufigkeit und des Düngungsniveaus (insbesondere Stickstoffdüngung).

Nährstoffreiche Böden lassen allerdings die Entwicklung artenreicher extensiver Wiesen nicht zu.

- Hofdünger stellen auf Graslandbetrieben die wichtigste Nährstoffquelle dar. Eine fundierte Steuerung der Düngung erfordert deshalb einen optimalen Einsatz des Hofdüngers auf Stufe des Betriebs. Grundsätzlich wird der Bedarf des Graslands zu einem beträchtlichen Teil, oder sogar ganz, durch das Ausbringen von Hofdüngern gedeckt, die einen grossen Teil der mit dem Wiesenfutter von der Fläche weggeführten Nährstoffe enthalten.
- Die Erträge des Graslands werden normalerweise nicht gemessen und sind deshalb selten direkt bekannt. Die für die Berechnung des Düngungsplans für das Grasland im Voraus geschätzten Ertragswerte müssen deshalb über den Vergleich mit dem geschätzten Futterverzehr der Tiere überprüft werden.
- Die Folgen von Nutzungs- und Düngungsfehlern sind im Grasland normalerweise nicht sofort wahrnehmbar. Das Verbessern von degenerierten Naturwiesen oder -weiden ist aber immer schwierig und erfordert mehrere Jahre.

3. Erträge von Wiesen und Weiden

Die Erträge von Grasland werden durch die botanische Zusammensetzung der Pflanzengemeinschaft (z. B. Nyfeler *et al.* 2009; Husse *et al.* 2016), durch die klimatischen Bedingungen sowie durch die Eigenschaften des Bodens (Mosimann 2005) beeinflusst. Die Erträge gehen im Allgemeinen mit zunehmender Höhe zurück (kürzere Vegetationsperiode). Bei gedüngtem Grasland beträgt diese Ertragsminderung pro Hektare zwischen drei und sechs Dezitonnen Trockensubstanz (dt TS) pro 100 m höherer Lage, je nach Nutzungsart, Bewirtschaftungsintensität sowie Boden- und Klimabedingungen (Dietl 1986). Die in Tabelle 1a aufgeführten Gleichungen dienen der Berechnung des Richtwerts für den durchschnittlichen Ertrag bei der entsprechenden Höhenlage. Tabelle 1b enthält als Beispiele die Richtwerte für die Durchschnittserträge einiger Höhenlagen. Die vorhandenen Daten zeigen, dass sich der Ertrag in der Schweiz unterhalb von 500 m ü. M. nicht mehr wesentlich mit der Höhenlage verändert. Der geschätzte Ertrag in tieferen Lagen entspricht demnach dem für eine Höhenlage von 500 m berechneten Durchschnittsertrag.

Da landwirtschaftliche Flächen futterbaulich genutzt werden, die bezüglich ihrer Boden- und Klimabedingungen ausserordentlich heterogen sind, variiert selbst innerhalb einer bestimmten Höhenlage der potenzielle Ertrag sehr stark. Aus diesem Grund ist in Tabelle 1b für die Erträge einer bestimmten Höhenlage ein relativ breites Intervall ($\pm 15\%$) angegeben. Die Weite dieses Intervalls entspricht dem 75%-Prädiktionsintervall für die mit dem verfügbaren Datensatz berechneten Regressionen. Wenn die Bedingungen für das Graswachstum besonders günstig sind, ist es möglich, einen höheren Ertrag als den angegebenen Durchschnittswert zu erreichen, insbesondere mit bestimmten Kunstwiesen (obere Ertragswerte der Intervalle). Im Gegensatz dazu ist bei einer unzureichenden Sonneneinstrahlung (Nordhang, Waldrand), oder wenn die Pflanzen wiederholt unter Wassermangel oder -überfluss leiden (flachgründiger und leichter Boden, schwerer und verdichteter Boden, zu geringe oder zu ausgiebige Niederschläge; Mosimann *et al.* 2013; Hoekstra *et al.* 2014), der Ertrag vermindert (untere Ertragswerte der Intervalle). Im Jura zum Beispiel, wo das Klima bei gleicher Höhenlage rauer ist als in den Voralpen oder Alpen (Lauber *et al.* 2012), werden eher Erträge im unteren Bereich der in Tabelle 1b aufgeführten Intervalle erreicht.

Es ist auch wichtig, den Ertrag der Parzellen nicht zu überschätzen, indem die Intensität der Bewirtschaftung überbewertet wird. Dies insbesondere in der Höhe, wo die Voraussetzungen für eine intensive Bewirtschaftung des Graslands seltener als im Talgebiet gegeben sind. Es bestehen auch beträchtliche Schwankungen zwischen den einzelnen Jahren. So betrug der Variationskoeffizient des jährlichen Ertrags einer gedüngten Wiese im Jura 17% (Messreihe von 30 Jahren) und bei einer Wiese in den Zentralalpen 18% (Messreihe von 24 Jahren; siehe auch Mosimann *et al.* 2012).

Die Verfügbarkeit von Wasser hat eine ausgeprägte Wirkung auf den Ertrag. Die durch eine Trockenheit verursachte Ertragsminderung liegt in der Grössenordnung von 5–15 dt TS/ha pro 100 mm Niederschlagsdefizit (Lazzarotto *et al.* 2010; Meisser *et al.* 2013; Mosimann *et al.* 2013). Wenn die Trockenheit ausgeprägter in tieferen als in höheren Lagen ist, kann die Beziehung zwischen Höhenlage und Ertrag verzerrt oder sogar umgekehrt werden. Dies wird auf den Versuchspartellen von Agroscope in der Region von Changins regelmässig beobachtet. Der Ertrag von Kunstwiesen liegt im ersten Hauptnutzungsjahr rund 10% über dem Ertrag der folgenden Jahre (Lehmann *et al.* 2001).

Die in den Tabellen 1a und 1b aufgeführten Ertragswerte sind also nur Richtwerte, die sich auf durchschnittliche Bedingungen in den betreffenden Zonen beziehen. Es ist also unumgänglich, die Höhe der Erträge auf Betriebsebene auf der Grundlage der über mehrere Jahre berechneten Bilanz des Futtermittels zu justieren (Schätzung der von den Tieren verzehrten Futtermenge unter Berücksichtigung von Futter, das nicht aus dem Grasland stammt, sowie von zugekauftem und verkauftem Futter).

Tabelle 1a | Beziehung zwischen Höhenlage (m ü. M.) und potenziellem durchschnittlichem Ertrag (dt TS/ha) nach Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität.

Der angegebene Mittelwert ist mit einer relativ grossen Unsicherheit verbunden. Unterhalb von 500 m ü. M. entspricht die Schätzung des Ertrags demjenigen für die Höhe von 500 m ü. M.

Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität	Durchschnittlicher Jahresertrag (dt TS/ha) ¹
Wiese	
intensiv	159 – 0,058 x Höhe ü. M.
mittel intensiv	121 – 0,046 x Höhe ü. M.
wenig intensiv	80 – 0,032 x Höhe ü. M.
extensiv	38 – 0,015 x Höhe ü. M.
Weide	
intensiv	133 – 0,046 x Höhe ü. M.
mittel intensiv	101 – 0,038 x Höhe ü. M.
wenig intensiv	65 – 0,026 x Höhe ü. M.
extensiv	30 – 0,012 x Höhe ü. M.

¹ Der Ertrag entspricht der Menge des geernteten oder durch Weidetiere verzehrten Futters; die Feldverluste sind berücksichtigt, nicht aber die Lagerungsverluste (im Silo, am Heustock).

Die in den Tabellen 1a und 1b aufgeführten Erträge von Weiden liegen bei einer gegebenen Höhenlage und Bewirtschaftungsintensität unter den Erträgen von Schnittwiesen, da bei Weidenutzung normalerweise grössere Feldverluste auftreten als bei Schnittnutzung. Durch eine optimale Weideführung wird dieser Unterschied reduziert. Bei Weidenutzung kann der verzehrte Ertrag folgendermassen geschätzt werden:

$$\text{verzehrter Ertrag} = \frac{\text{Besatzdichte} \times \text{Weidedauer} \times \text{Tagesverzehr}}{100}$$

wobei:

- **verzehrter Ertrag:** von den Tieren verzehrter Ertrag in dt TS/ha.
- **Besatzdichte:** Tierdichte auf der beweideten Fläche zu einem bestimmten Zeitpunkt. Sie entspricht der Anzahl Tiere pro Hektare, die sich gleichzeitig auf der Weide aufhält.
- **Weidedauer:** Dauer der Beweidung in Tagen. Sie entspricht der Summe der Weidetage auf der betreffenden Parzelle während eines Jahres.
- **Tagesverzehr:** mittlerer Tagesverzehr auf der Weide für die betreffende Tierkategorie in kg TS/Tier/Tag. Der mittlere Tagesverzehr auf der Weide hängt von der Tierkategorie, der auf der Weide verfügbaren Futtermenge, der Beifütterung mit anderen Futtermitteln und dem Produktionsniveau der Tiere ab. Die Gleichungen, mit denen der Futterverzehr von Rindern, Schafen und Ziegen als Funktion des Produktionsniveaus geschätzt werden kann, sind in den Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch, Agroscope 2017a) aufgeführt.

Tabelle 1b | Beispiele für die Schätzung des jährlich geernteten Ertrags nach Nutzungsart, Bewirtschaftungsintensität und Höhenlage, berechnet mit den in Tabelle 1a angegebenen Gleichungen.

Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität Anzahl Nutzungen pro Jahr ¹	Höhenlage (m ü. M.)	Jährlich geernteter Ertrag (dt TS/ha)	
		Durchschnittswert (Richtwert)	Intervall ²
Wiese intensiv			
5–6 Nutzungen	≤ 500	130	111–150
5 Nutzungen	700	119	101–137
4 Nutzungen	900	107	91–123
3–4 Nutzungen ³	1100	96	81–110
3 Nutzungen ³	1300	84	71–97
Wiese mittel intensiv			
4–5 Nutzungen	≤ 500	98	83–112
4 Nutzungen	700	88	75–102
3 Nutzungen	900	79	67–91
2–3 Nutzungen	1100	70	59–80
2 Nutzungen	1300	61	52–70
Wiese wenig intensiv			
3 Nutzungen	≤ 500	64	54–74
3 Nutzungen	700	58	49–66
2 Nutzungen	900	51	44–59
1–2 Nutzungen	1100	45	38–52
1–2 Nutzungen	1300	38	33–44
Weide intensiv (> 3 GVE/ha/Weideperiode)⁴			
6–8 Umtriebe	≤ 500	110	94–127
6–7 Umtriebe	700	101	86–116
5–6 Umtriebe	900	92	78–105
5 Umtriebe ³	1100	82	70–95
4 Umtriebe ³	1300	73	62–84
Weide mittel intensiv (2–3 GVE/ha/Weideperiode)⁴			
5–6 Umtriebe	≤ 500	82	70–95
5 Umtriebe	700	75	63–86
4–5 Umtriebe	900	67	57–77
4 Umtriebe	1100	59	50–68
3 Umtriebe	1300	52	44–60
Weide wenig intensiv (1–2 GVE/ha/Weideperiode)⁴			
2–4 Umtriebe	≤ 500	52	44–60
2–4 Umtriebe	700	47	40–54
2–3 Umtriebe	900	42	35–48
1–3 Umtriebe	1100	36	31–42
1–2 Umtriebe	1300	31	27–36

¹ Der letzte Weideumtrieb im Herbst zählt nur dann als eine Nutzung, wenn noch ein gewisser Ertrag anfällt (verzehrter Ertrag > 10 dt TS/ha).

² Die Intervalle zeigen die Streuung des Ertrags bei einer gegebenen Höhenlage an, die auf die Standortunterschiede und Jahresschwankungen zurückzuführen ist ($\pm 15\%$).

³ In Hochlagen ist eine intensive Bewirtschaftung des Graslands selten möglich und eine mittel intensive Bewirtschaftung ist oft besser geeignet.

⁴ Die Grösse «Anzahl GVE/ha/Weideperiode» (mittlere Besatzstärke) erlaubt, die mittlere Bewirtschaftungsintensität der gesamten Weidefläche zu beurteilen, sofern im Stall gar nicht oder nur wenig beigefüttert wird. GVE = Grossvieheinheit.

Die Richtwerte für den jährlichen Verzehr von Grundfutter sind in Tabelle 2 von Modul 4/ Eigenschaften und Anwendung von Düngern für alle Tierkategorien wiedergegeben.

4. Nährstoffgehalt des Wiesenfutters

Der Gehalt an Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg) und Schwefel (S) im Futter, das von Grasland geerntet wird, hängt von der botanischen Zusammensetzung, dem Entwicklungsstadium des Bestandes und dem Aufwuchs ab. Der Gehalt an den verschiedenen Mengenelementen ist bei jung geernteten Pflanzen höher als bei später gewonnenem Futter (Daccord *et al.* 2001; Wyss und Kessler 2002; Schlegel *et al.* 2016). Die nach diesen Faktoren aufgeschlüsselten Referenzwerte sind bei Agroscope erhältlich (Agroscope 2017b).

Verschiedene von der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues (AGFF) und Agridea herausgegebene Unterlagen bieten Unterstützung bei der Bestimmung der wichtigsten Bestandestypen von Wiesen und Weiden sowie der Entwicklungsstadien. Tabelle 2 enthält die Referenzwerte für die Gehalte an N, P, K, Mg und S über die gesamte Vegetationsperiode. Die in Tabelle 2 angegebenen durchschnittlichen Gehalte wurden mit dem Anteil des ersten Aufwuchses am Jahresertrag gewichtet, weil der Gehalt an P, K, Mg und S im ersten Aufwuchs niedriger ist als in den folgenden Aufwüchsen (Schlegel *et al.* 2016). Dieser Gehalt gilt für Graslandbestände mit ausgewogener botanischer Zusammensetzung (zwischen 50 und 70 % Gräser; Agroscope 2017b). Im Vergleich zu diesen Werten enthält ein gräserreiches Futter 5–10 % weniger N, ein leguminosenreiches Futter 10–25 % mehr und ein kräuterreiches Futter 10 % mehr N. Gräserreiches Futter enthält 5–10 % weniger P. Der P-Gehalt eines leguminosenreichen oder kräuterreichen Bestandes ist vergleichbar mit dem P-Gehalt eines Bestandes mit ausgewogener Zusammensetzung. Die angegebenen K-Gehalte gelten auch für gräserreiche und kräuterreiche Bestände. Gräserreiches Futter enthält 5–10 % weniger Mg, kräuterreiches Futter 20–30 % mehr Mg.

Tabelle 2 | Gehalt an Mengenelementen in Graslandbeständen mit ausgewogener botanischer Zusammensetzung, nach Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität.
(Nach Agroscope 2017b, unter Berücksichtigung des entsprechend späteren Nutzungsstadiums bei abnehmender Bewirtschaftungsintensität.)

Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität	Mengenelementgehalt (kg/dt TS)									
	N		P ¹		K ¹		Mg		S	
	Ø ²	Intervall ³	Ø ²	Intervall ³	Ø ²	Intervall ³	Ø ²	Intervall ³	Ø ²	Intervall ³
Wiese										
intensiv	2,5	2,1–2,9	0,36	0,31–0,42	3,0	2,5–3,4	0,19	0,16–0,23	0,19	0,15–0,23
mittel intensiv	2,2	1,8–2,6	0,33	0,28–0,39	2,7	2,3–3,1	0,17	0,14–0,21	0,17	0,13–0,21
wenig intensiv	1,8	1,4–2,2	0,28	0,23–0,34	2,1	1,7–2,6	0,15	0,12–0,19	0,13	0,09–0,17
extensiv	1,4	1,0–1,8	0,23	0,18–0,28	1,4	1,0–1,8	0,14	0,10–0,17	0,11	0,07–0,15
Weide										
intensiv	2,9	2,5–3,3	0,39	0,34–0,45	3,1	2,7–3,6	0,21	0,18–0,25	0,22	0,18–0,26
mittel intensiv	2,5	2,1–2,9	0,36	0,31–0,42	2,9	2,5–3,4	0,19	0,15–0,23	0,19	0,15–0,23
wenig intensiv	2,0	1,6–2,4	0,31	0,26–0,37	2,5	2,1–2,9	0,16	0,13–0,20	0,15	0,11–0,19
extensiv	1,6	1,2–2,0	0,27	0,22–0,33	2,0	1,6–2,4	0,15	0,11–0,18	0,13	0,09–0,17

¹ Der jeweilige Gehalt ausgedrückt in P₂O₅ und K₂O ist im Anhang angegeben.

² Durchschnittlicher Gehalt im Futter des ersten Aufwuchses und der nachfolgenden Aufwüchse, gewichtet nach dem Anteil des ersten Aufwuchses am Jahresertrag.

³ Die Intervalle zeigen die Bandbreite häufig gemessener Werte.

Tabelle 3a | Richtwerte für den jährlichen Nährstoffentzug und Düngungsempfehlungen für N, P, K und Mg in kg pro dt Trockensubstanzertrag, nach Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität des Graslands.
Diese Düngungsempfehlungen gelten für Natur- und Kunstwiesen auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche.

Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität	Jährlicher Entzug (kg/dt TS)				Düngungsempfehlungen (kg/dt TS)			
	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N ¹	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Wiese²								
intensiv ³	2,5	0,36 (0,82)	3,0 (3,6)	0,19	1,1–1,3	0,36 (0,82)	2,2 (2,7)	0,25
mittel intensiv ³	2,2	0,33 (0,76)	2,7 (3,3)	0,17	0,8–1,1	0,31 (0,71)	1,9 (2,3)	0,20
wenig intensiv	1,8	0,28 (0,64)	2,1 (2,5)	0,15	0,4–0,6	0,25 (0,57)	1,4 (1,7)	0,15
extensiv	1,4	0,23 (0,53)	1,4 (1,7)	0,14	0	0	0	0
Weide⁴								
intensiv ^{5,6}	2,9	0,39 (0,89)	3,1 (3,7)	0,21	1,1–1,3	0,24 \ 0,16 (0,55 \ 0,37)	0,93 \ 0,25 (1,12 \ 0,30)	0,20
mittel intensiv ⁵	2,5	0,36 (0,82)	2,9 (3,5)	0,19	0,7–1,0	0,22 \ 0,14 (0,50 \ 0,32)	0,87 \ 0,20 (1,05 \ 0,24)	0,15
wenig intensiv	2,0	0,31 (0,71)	2,5 (3,0)	0,16	0	0,17 (0,39)	0,37 (0,45)	0
extensiv	1,6	0,27 (0,62)	2,0 (2,4)	0,15	0	0	0	0

¹ Die Düngung der Wiesen und Weiden mit Stickstoff erfolgt in gleichmässigen Gaben zu jedem Aufwuchs entsprechend den Angaben in Tabelle 7; für Luzerne-, Mattenklée- und Esparsette-Mischungen (vom Typ L, M und E) gilt die angegebene Düngungsempfehlung nicht, denn diese erhalten normalerweise keinen N (siehe Kapitel 6.1).

² Bei Mähweidenutzung sind von diesen Düngungsempfehlungen pro Weidenutzung Abzüge gemäss Tabelle 5 vorzunehmen.

³ Die Düngung von Luzerne- und Mattenklée-Mischungen (vom Typ L und M) mit P, K und Mg erfolgt nach den Düngungsempfehlungen für intensive Wiesen, obwohl die Schnitthäufigkeit im Allgemeinen eher einer mittel intensiven Nutzung entspricht.

⁴ Bei den Düngungsempfehlungen für die Weiden sind die Nährstoffrücklieferungen während der Weide bereits berücksichtigt.

⁵ Die P- und K-Düngungsempfehlungen für mittel intensiv und intensiv bewirtschaftete Weiden gelten für ein Weidesystem mit Stallhaltung (erster Wert) oder ohne Stallhaltung (zweiter Wert). Für Mg gelten für beide Fälle dieselben Empfehlungen.

⁶ Diese Empfehlungen gelten auch für Kurzrasenweiden (ohne Umtrieb).

5. Nährstoffentzug

Die Nährstoffentzüge durch die Ernte oder durch den Futtermittelverzehr werden berechnet, indem der TS-Ertrag mit den Nährstoffgehalten in der weggeführten Biomasse multipliziert wird, unabhängig vom Kompartiment des Ökosystems, dem diese Nährstoffe entzogen wurden. Namentlich bei N schliessen die angegebenen Entzüge den N aus der Atmosphäre ein, der den Pflanzen durch symbiotische N-Fixierung zur Verfügung gestellt wird, und nicht nur den aus dem Boden entzogenen N. Die in Tabelle 3a aufgeführten jährlichen Entzüge gelten für die durchschnittlichen Gehalte an Mengenelementen bei Graslandbeständen mit ausgewogener botanischer Zusammensetzung. Die effektiven Entzüge können aber beträchtlich davon abweichen. Bei Weiden entsprechen die in Tabelle 3a angegebenen Entzüge der durchschnittlichen, von den Tieren verzehrten Nährstoffmenge.

6. Düngungsempfehlungen

In Tabelle 3a sind die Düngungsempfehlungen für N, P, K und Mg für Wiesen und Weiden je nach Bewirtschaftungsintensität angegeben. Die Empfehlungen für P, K und Mg gelten für Böden mit einem genügenden Nährstoffversorgungszustand (Versorgungsklasse C). Die Anpassung der Düngungsniveaus für P, K und Mg je nach den Ergebnissen der Bodenanalyse werden mit Hilfe der Korrekturfaktoren vorgenommen, die in Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen beschrieben sind. Im Sinne von Beispielen sind in Tabelle 3b die empfohlenen Nährstoffgaben in kg/ha für die Durchschnittserträge von Tabelle 1b bei der entsprechenden Höhe aufgeführt. Falls der geschätzte Ertrag vom Durchschnittswert (Richtwert) abweicht, muss die Düngermenge durch Multiplikation der in Tabelle 3a aufgeführten Düngungsempfehlungen pro Einheit produzierte Trockensubstanz (kg/dt TS) mit dem geschätzten Ertrag berechnet werden.

Die Beziehung zwischen dem Nährstoffentzug und der Düngungsempfehlung variiert mit der Bewirtschaftungsintensität, um auf die botanische Zusammensetzung und die Futterqualität Rücksicht zu nehmen (Tabelle 4; siehe für Erklärungen die Kapitel zu den verschiedenen Nährstoffen). Für denselben Ertrag entzieht eine häufig genutzte Wiese mehr Nährstoffe als eine weniger intensiv genutzte Wiese. Dies, weil der Nährstoffgehalt von jung geerntetem Futter höher ist als bei einer späten Ernte. Als Folge davon steigen die Düngungsempfehlungen pro Einheit weggeführter Biomasse mit zunehmender Bewirtschaftungsintensität. Deshalb ist eine treffende Einschätzung der Bewirtschaftungsintensität aufgrund der Nutzungshäufigkeit entscheidend für eine angepasste Düngung. Die Düngungsempfehlungen von Tabelle 3a sind für Natur- und Kunstwiesen identisch. Die Besonderheiten bei Luzerne- und Mattenklée-Mischungen sind in den Bemerkungen zu dieser Tabelle beschrieben. Bei Mähwiesen, die gelegentlich beweidet werden, sind die in Tabelle 5 aufgeführten Nährstoffrücklieferungen pro

Weidenutzung von den Düngungsempfehlungen für Wiesen abzuziehen.

In einer Wiese oder Weide fördert eine übermässige Düngung die Entwicklung stickstoffliebender Pflanzenarten auf Kosten anderer Arten wie insbesondere Leguminosen (Jeangros 1993; Abbildung 4a). Extensiv bewirtschaftete Wiesen mit einer entsprechenden Pflanzengemeinschaft (z. B. Mesobromion) dürfen nicht gedüngt werden, weil die Pflanzenvielfalt durch eine hohe Nährstoffversorgung des Bodens, welche die Dominanz einiger produktiver Arten fördert, stark beeinträchtigt wird (Humbert *et al.* 2015).

Weitere Informationen zu den Düngungsempfehlungen finden sich in den Kapiteln zu den verschiedenen Nährstoffen. In Tabelle 6 sind die Düngungsempfehlungen für Gräser-Leguminosen-Mischungen als Zwischenfrucht, Ägustlen sowie für die Produktion von Gräser- und Futterleguminosensamen aufgeführt.

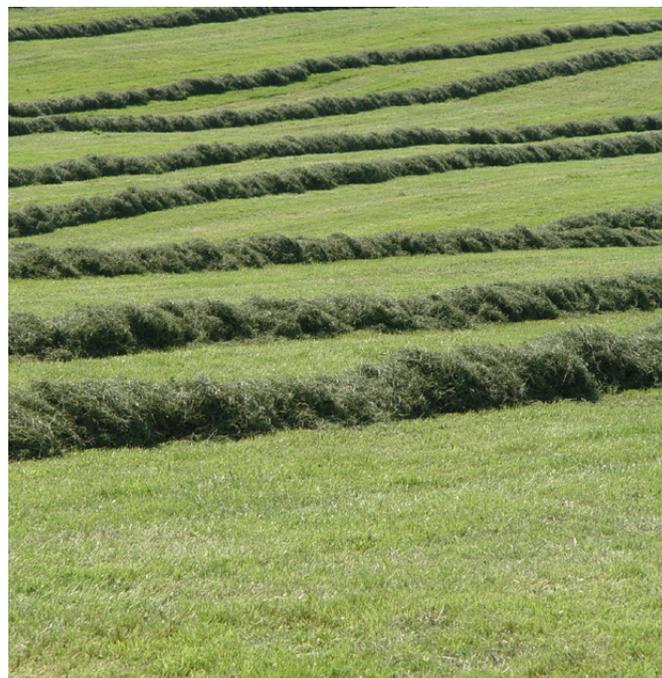


Abbildung 2 | Die in den Tabellen 1a und 1b aufgeführten Ertragswerte berücksichtigen die Feldverluste (Anwelken, Bodentrocknung), aber nicht die Lagerungsverluste (im Silo, am Heustock; Foto: Cornel J. Stutz, Agroscope).

6.1 Stickstoffdüngung

Die Auswirkung der N-Düngung auf die Graslanderträge wurde in zahlreichen Versuchen bestimmt. Je nach Boden- und Klimabedingungen variiert die Wirksamkeit der N-Düngung sehr stark und liegt bei rund 10–20 kg TS pro kg ausgebrachtem N bei intensiv bewirtschafteten Wiesen mit Gräsern und Klee (Reid 1978; Laidlaw 1980; Reid 1980; Thalmann 1985; Jeangros *et al.* 1994; Zimmermann *et al.* 1997; Elsässer 2000; Lehmann *et al.* 2001; Nevens und Rehuel 2003; Thomet *et al.* 2008; Lalor *et al.* 2011). Bei reinen Grasbeständen liegt diese Wirkung zwischen 20 und 30 kg TS pro kg N (Whitehead 2000). Aufgrund des negativen

Tabelle 3b | Beispiele für die empfohlenen N-, P-, K- und Mg-Düngermengen in kg pro ha und Jahr nach Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität, berechnet gemäss den Düngungsempfehlungen von Tabelle 3a für die Durchschnittserträge in Tabelle 1b.

Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität Anzahl Nutzungen pro Jahr ¹	Höhenlage (m ü. M.)	Jährlicher Ertrag ² (dt TS/ha)	Düngungsempfehlungen (kg/ha/Jahr)					
			N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg
Wiese intensiv³								
5–6 Nutzungen	≤ 500	130	143–170	47	107	287	345	33
5 Nutzungen	700	119	131–154	43	98	261	315	30
4 Nutzungen	900	107	118–139	39	88	236	284	27
3–4 Nutzungen	1100	96	105–124	34	79	210	254	24
3 Nutzungen	1300	84	92–109	30	69	185	223	21
Wiese mittel intensiv³								
4–5 Nutzungen	≤ 500	98	78–107	30	70	185	224	20
4 Nutzungen	700	88	71–97	27	62	168	201	18
3 Nutzungen	900	79	63–87	25	56	150	181	16
2–3 Nutzungen	1100	70	56–77	22	50	133	160	14
2 Nutzungen	1300	61	49–67	19	43	115	140	12
Wiese wenig intensiv³								
3 Nutzungen	≤ 500	64	26–38	16	37	90	108	10
3 Nutzungen	700	58	23–35	14	33	81	98	9
2 Nutzungen	900	51	20–31	13	29	72	86	8
1–2 Nutzungen	1100	45	18–27	11	26	63	76	7
1–2 Nutzungen	1300	38	15–23	10	22	54	64	6
Weide intensiv⁴ (> 3 GVE/ha/Weideperiode)⁵								
6–8 Umtriebe	≤ 500	110	121–143	26 \ 18	60 \ 40	102 \ 28	123 \ 33	22
6–7 Umtriebe	700	101	111–131	24 \ 16	56 \ 37	94 \ 25	113 \ 30	20
5–6 Umtriebe	900	92	101–119	22 \ 15	51 \ 34	85 \ 23	103 \ 28	18
5 Umtriebe	1100	82	91–107	20 \ 13	45 \ 30	77 \ 21	92 \ 25	16
4 Umtriebe	1300	73	81–95	18 \ 12	40 \ 27	68 \ 18	82 \ 22	15
Weide mittel intensiv⁴ (2–3 GVE/ha/Weideperiode)⁵								
5–6 Umtriebe	≤ 500	82	58–82	18 \ 12	41 \ 26	71 \ 16	86 \ 20	12
5 Umtriebe	700	75	52–75	16 \ 10	38 \ 24	65 \ 15	79 \ 18	11
4–5 Umtriebe	900	67	47–67	15 \ 9	34 \ 21	58 \ 13	70 \ 16	10
4 Umtriebe	1100	59	42–59	13 \ 8	30 \ 19	51 \ 12	62 \ 14	9
3 Umtriebe	1300	52	36–52	11 \ 7	26 \ 17	45 \ 10	55 \ 13	8
Weide wenig intensiv (1–2 GVE/ha/Weideperiode)⁵								
2–4 Umtriebe	≤ 500	52	0	9	21	19	23	0
2–4 Umtriebe	700	47	0	8	18	17	20	0
2–3 Umtriebe	900	42	0	7	16	15	18	0
1–3 Umtriebe	1100	36	0	6	14	13	16	0
1–2 Umtriebe	1300	31	0	5	11	12	14	0

¹ Der letzte Weideumtrieb im Herbst zählt nur dann als eine Nutzung, wenn noch ein gewisser Ertrag anfällt (verzehrer Ertrag > 10 dt TS/ha).

² Die für diese Beispiele angenommenen Erträge entsprechen den in Tabelle 1b für die jeweilige Höhe angegebenen Durchschnittswerten. Der erwartete Ertrag der Parzelle muss mit Hilfe der Tabellen 1a und 1b sowie den Erklärungen im Text berechnet werden, um eine an die spezifischen Bedingungen der betroffenen Parzelle angepasste Düngung zu berechnen.

³ Bei Mähweidenutzung sind von diesen Düngungsempfehlungen pro Weidenutzung Abzüge gemäss Tabelle 5 vorzunehmen.

⁴ Die P- und K-Düngungsempfehlungen für mittel intensiv und intensiv bewirtschaftete Weiden gelten für ein Weidesystem mit Stallhaltung (erster Wert) oder ohne Stallhaltung (zweiter Wert).

⁵ Die Grösse «Anzahl GVE/ha/Weideperiode» (mittlere Besatzstärke) erlaubt, die mittlere Bewirtschaftungsintensität der gesamten Weidefläche zu beurteilen, sofern im Stall gar nicht oder nur wenig beigefüttert wird; je nach Standortbedingungen kann die Bewirtschaftungsintensität von einer zur anderen Parzelle stark variieren, weshalb die Düngung jeder Situation speziell angepasst werden muss.

Tabelle 4 | Verhältnis zwischen der Düngungsempfehlung und dem Nährstoffentzug für P, K und Mg, nach Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität des Graslands.

Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität	P	K	Mg
Wiese			
intensiv	1,00	0,75	1,3
mittel intensiv	0,95	0,70	1,2
wenig intensiv	0,90	0,65	1,0
extensiv	–	–	–
Weide			
intensiv ¹	0,60 \ 0,40	0,30 \ 0,08	0,95
mittel intensiv ¹	0,60 \ 0,40	0,30 \ 0,07	0,80
wenig intensiv	0,55	0,15	–
extensiv	–	–	–

¹ Der erste Wert für P und K gilt für ein Weidesystem mit Stallhaltung, der zweite für ein Weidesystem ohne Stallhaltung (Vollweiden). Weitere Erläuterungen für die verschiedenen Weidesysteme sind im Text zu finden.

Tabelle 5 | Rücklieferungen von P, K und Mg pro einzelne Weidenutzung, die für gelegentlich als Weide genutzte Parzellen (Mähweide) von den Düngungsempfehlungen für gedüngte Wiesen abzuziehen sind.

Diese Rücklieferungen gelten für einen durchschnittlichen Verzehr pro Weidenutzung von ungefähr 15 dt TS/ha (verzehrter Ertrag).¹

Bewirtschaftungsintensität	Weidesystem ²	Pro Weidenutzung abzuziehende Düngermenge ³ (kg/ha)				
		P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg
intensiv	Beweidung mit Stallhaltung	2,5	5,7	23	28	2,0
	Beweidung ohne Stallhaltung	3,8	8,7	37	45	3,0
mittel intensiv	Beweidung mit Stallhaltung	2,0	4,5	22	27	1,5
	Beweidung ohne Stallhaltung	2,8	6,5	30	36	2,0
wenig intensiv	alle Systeme	1,7	4,0	19	23	0

¹ Siehe Kapitel 3 für die Schätzung des verzehrten Ertrags.

² Die verschiedenen Weidesysteme sind im Text definiert.

³ Der letzte Weideumtrieb im Herbst zählt nur dann als eine Nutzung, wenn noch ein gewisser Ertrag anfällt (verzehrter Ertrag > 10 dt TS/ha).

Einfluss auf die N-Fixierung und den Leguminosenanteil hat die N-Düngung bei Gräser-Leguminosen-Mischungen eine geringere Wirkung auf den Ertrag (Boller *et al.* 2003; Nyfeler *et al.* 2009; Nyfeler *et al.* 2011; Abbildung 4a zeigt ein Beispiel). Im Gegensatz zu reinen Grasbeständen liegt das Verhältnis zwischen Gesamtertrag und N-Gabe dagegen deutlich höher, wenn Leguminosen vorhanden sind.

Die zu den Aufwüchsen empfohlenen N-Gaben zielen vor allem darauf ab, eine ausgewogene botanische Zusammensetzung zu erhalten: 50–70 % Gräser, 10–30 % Leguminosen (in Kunstwiesen mit L-, M- oder E-Mischungen bis 70 %) und, in Naturwiesen, 10–30 % Kräuter (höchstens 40 % in Mähwiesen höherer Lagen). Durch Verabreichen kleinerer

N-Mengen pro Gabe werden die Leguminosen gefördert; durch grössere Gaben werden die Gräser oder in weniger futterwüchsigen Lagen vor allem die grobstängeligen Kräuter begünstigt (Jeangros 1993; Pauthenet *et al.* 1994; Dietl und Lehmann 2004). Die Vermehrung grobstängeliger Kräuter deutet also oft auf eine zu hohe N-Düngung im Vergleich zur unter den gegebenen Umweltbedingungen sinnvollen Nutzungshäufigkeit hin (Abbildung 3). Pro Gabe sollten nicht mehr als 50 kg N/ha ausgebracht werden. Für das Berggebiet wird davon abgeraten, die empfohlene Menge pro Gabe zu überschreiten, da hier das Risiko einer Verschlechterung des Pflanzenbestandes grösser ist.

Im Futterbau übersteigen die N-Düngungsempfehlungen selten 50 % der mit dem Futter entzogenen N-Menge (Tabelle 3a), da der Pflanzenbestand noch über andere N-Quellen verfügt: symbiotische N-Fixierung durch Leguminosen, Abbau organischer Substanz des Bodens, Nachwirkung regelmässiger Hofdüngergaben, N-Deposition. Bei intensiv bewirtschafteten Wiesen kann mit einer N-Düngung gemäss den Empfehlungen ein Ertrag innerhalb der angegebenen Bandbreite erzielt werden (Tabelle 1b), wenn der Kleeanteil des Bestandes bei mindestens 15 % liegt (siehe Kapitel 6.1.1). Ohne Klee im Bestand wäre für diese Erträge eine höhere N-Düngung erforderlich. Um mit einem reinen Grasbestand denselben Ertrag wie mit einer Gräser-Leguminosen-Mischung zu erreichen, ist allerdings mehr als die doppelte N-Menge notwendig (Whitehead 2000; Nyfeler *et al.* 2009; Husse *et al.* 2016). Aus Gründen der Effizienz des N-Einsatzes wird deshalb dringend vom Anbau reiner Grasbestände für die Futterproduktion für Wiederkäuer abgeraten.

In Tabelle 7 sind die N-Düngungsempfehlungen in Abhängigkeit des Wiesentyps und der Nutzungsart (Mahd oder Weide) enthalten. Sie sind als Menge pro Aufwuchs angegeben, weil die N-Düngung verteilt auf mehrere Gaben während der Vegetationsperiode erfolgen soll. Die in Tabelle 7 angegebenen N-Mengen gelten für eine normale Anzahl jährlicher Nutzungen, die den Angaben in den Tabellen 1a und 3b entspricht. Für eine Mähweide wird als mittlerer Ertrag pro Nutzung 25 dt TS/ha angenommen. Für eine intensive Weide hingegen beträgt der mittlere Ertrag pro Nutzung ungefähr 15 dt TS/ha. Die übliche Anzahl Nutzungen, die für die Ermittlung der jährlichen Standard-Stickstoffdüngung zu berücksichtigen ist, berechnet sich wie folgt:

Tabelle 6 | Jährlicher Entzug von N, P, K und Mg und Düngungsempfehlungen für Gräser-Leguminosen-Mischungen als Zwischenfrucht, bei Sommersaaten von Kunstwiesen (Äugstlen) sowie für die Produktion von Gräser- und Futterleguminosensamen.

Art der Kultur	Ertrag (dt TS/ha)		Jährlicher Entzug (kg/ha)				Düngungsempfehlungen ³ (kg/dt TS bzw. kg/ha)			
	Ø ¹	Intervall ²	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Gräser-Leguminosen-Mischungen als Zwischenfrucht, Äugstlen (Saatjahr)							1,2	0,36 (0,82)	2,2 (2,7)	0,3
pro Nutzung	25	20–30	70	10 (23)	75 (90)	5	30	9 (21)	55 (66)	8
Samenproduktion										
reine Leguminosen mit mittelintensiver Futterproduktion							0	0,31 (0,71)	1,9 (2,3)	0,25
pro Jahr	120	100–135	360	37 (85)	275 (331)	25	0	37 (85)	228 (275)	30
reine Gräser mit mittelintensiver Futterproduktion							1,4–1,9	0,31 (0,71)	1,9 (2,3)	0,25
pro Jahr	120	100–135	230	39 (89)	266 (321)	26	170–230 ⁴	37 (85)	228 (275)	30
reine Gräser mit sehr intensiver Futterproduktion⁵							1,7–2,0	0,35 (0,80)	2,0 (2,4)	0,25
pro Jahr	135	115–150	265	46 (105)	307 (370)	32	230–270 ⁴	44 (108)	270 (325)	30

¹ Durchschnittswert.

² Die Intervalle zeigen die Streuung des Ertrags, die auf die Standortunterschiede und Jahresschwankungen zurückzuführen ist.

³ Die in kg/ha angegebenen Werte entsprechen den Düngungsempfehlungen für einen erwarteten Ertrag, der dem in der Tabelle aufgeführten Durchschnittswert entspricht.

⁴ Diese Bandbreite entspricht der Spanne der N-Düngungsempfehlungen in kg/dt TS für den entsprechenden Durchschnittsertrag.

⁵ Dieses Produktionssystem ist nur unter besonders günstigen Bedingungen möglich.

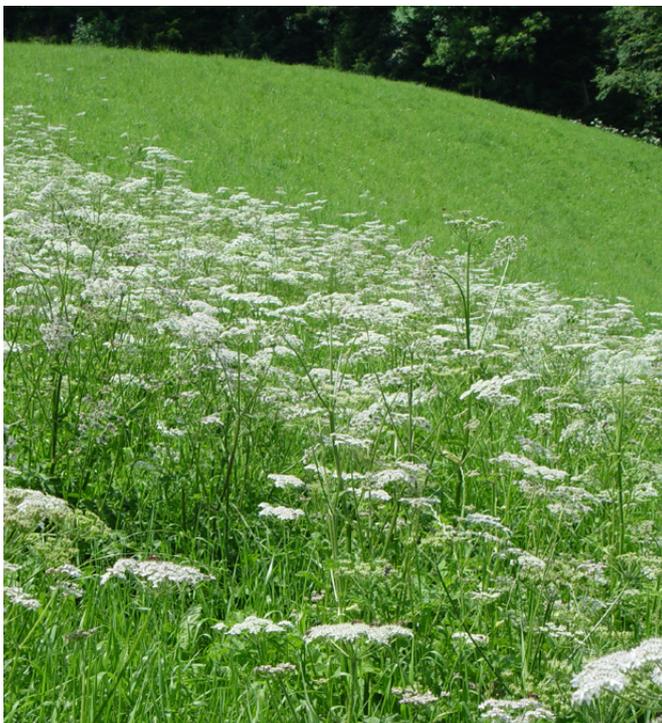


Abbildung 3 | Wenn die Standortbedingungen für die Gräser, die viel Stickstoff verwerten können, ungünstig sind, wird die Vermehrung von grobstängeligen stickstoffliebenden Pflanzen (hier Heracleum sphondylium L.) durch eine hohe Stickstoffdüngung gefördert (Foto: Cornel J. Stutz, Agroscope).

übliche Anzahl Nutzungen für Mähwiesen	=	Jahresertrag (dt TS/ha)
		25 (dt TS/ha)
übliche Anzahl Nutzungen für intensive Weiden	=	Jahresertrag (dt TS/ha)
		15 (dt TS/ha)

Wenn die tatsächliche Anzahl Nutzungen höher ist, fällt der Ertrag pro Nutzung im Allgemeinen niedriger aus. In diesem Fall muss entweder nicht zu jedem Aufwuchs gedüngt werden, oder die Menge pro Gabe ist so zu reduzieren, dass die Summe aller Gaben die pro Jahr empfohlene N-Menge (= geschätzter Jahresertrag x Düngungsempfehlung in kg N/dt TS gemäss Tabelle 3a) nicht übersteigt. Bei intensiv bewirtschafteten Weiden kann mit fünf zwischen Mai und September ausgebrachten N-Gaben ein regelmässigeres und besser über die Saison verteiltes Graswachstum erreicht werden als mit einer beim Vegetationsstart im Frühjahr beginnenden Stickstoffdüngung. Die Futterproduktion ist dabei im Frühling leicht reduziert, im Sommer und Herbst jedoch leicht höher (Thomet *et al.* 2008). Eine starke Düngung im Herbst erhöht aber das Nitratauswaschungsrisiko während der Wintermonate. Obwohl die empfohlene Menge pro Gabe bei Weidenutzung um 10 kg kleiner ist als bei Schnittnutzung, sind die in beiden Fällen jährlich zu verabreichenden N-Mengen vergleichbar, da Weiden öfter genutzt werden.

Tabelle 7 | Für Grasland empfohlene Stickstoffgaben pro Aufwuchs nach Wiesentyp und Nutzungsart.

Wiesentyp	Empfohlene Gabe pro Aufwuchs bei Mahd (kg N/ha)	Empfohlene Gabe pro Aufwuchs bei Weide (kg N/ha)
Naturwiesen		
intensiv	30 ¹	15–20 ¹
mittel intensiv	25	15
wenig intensiv	15 ²	0 ³
extensiv	0	0
Kunstwiesen		
ein- und zweijährige Mischungen, basierend auf:		
- Italienisch-Raigras und/oder Westerwoldisch-Raigras	30 ^{1,4}	
drei- und mehrjährige Mischung:		
- Luzerne-Gras (L-Mischung)	0 ^{4,5,6}	
- Mattenklée-Gras (M-Mischung)	0 ^{4,5}	
- Gras-Weissklée (G- und G*-Mischung), Gras-Weiderotklée (P-Mischungen)	30 ^{1,4}	20 ^{1,4}
- Esparsette-Gras (E-Mischungen)	0	
- Fromental-, Goldhafer-, Trespenwiese (Standardmischungen 450, 451 und 455)	15 ^{2,7}	
Zwischenfrucht, Äugstlen		
- eine Nutzung	30 ⁴	
- mehrere Nutzungen	30 ⁴	
Leguminosen-, Grassamen-Produktion		
- Leguminosen, Reinbestand	0 ⁴	
- Gras, Reinbestand; Dreschtaufwuchs	50–100 ^{4,8}	
- Gras, Reinbestand; Futteraufwuchs	50	

¹ Für intensive Wiesen, Natur- oder Kunstwiesen (ein- und zweijährige Mischungen, drei- und mehrjährige G- oder G*-Mischungen) kann die N-Gabe pro Aufwuchs erhöht werden, sofern die natürlichen Wachstumsbedingungen günstig sind, und sofern man den Grasanteil erhöhen und den Kleeanteil reduzieren will (höchstens 50 kg N/ha pro Gabe verabreichen).

² In Form von verrottetem Mist, eventuell von stark verdünnter Gülle nach dem ersten Aufwuchs; von regelmässigen Gaben von Gülle oder mineralischem N wird abgeraten.

³ Die N-Menge, die durch die Gabe von Mist zur Deckung des P- und K-Bedarfs verabreicht wird (siehe Tabelle 3a), ist akzeptabel.

⁴ 30 kg N/ha zum Auflaufen sind empfehlenswert; diese Gabe entspricht der Gabe zum ersten Aufwuchs. Handelt es sich um eine überwinternde Zwischenfrucht, die erst im folgenden Frühjahr genutzt wird, muss die N-Gabe auf dieses Frühjahr verlegt werden.

⁵ Bei geringem Kleeanteil können diese Mischungen wie Gras-Weissklée-Mischungen gedüngt werden.

⁶ Eine einmalige Gabe von 30 kg N/ha im Frühling ist empfohlen. Voll- und Hargülle sind vor der Ausbringung stark zu verdünnen.

⁷ Diese Mischungen erhalten keinen N zum Auflaufen.

⁸ 50 kg N/ha bei Wachstumsbeginn im Frühjahr und eventuell eine zusätzliche Gabe (von höchstens 50 kg N/ha, je nach Entwicklung) bei beginnendem Schossen der Gräser.

Ausser für die Ansaat von Mischungen für Esparsette-, Fromental-, Goldhafer- und Trespenwiesen (Standardmischungen 326, 450, 451, 455; Suter *et al.* 2017), die zum Auflaufen nicht mit N gedüngt werden sollten, ist für alle Neuansaaten mit Standardmischungen zum Auflaufen eine Gabe von 20–30 kg N/ha zu empfehlen.

6.1.1 Symbiotische Stickstofffixierung

Leguminosen (*Fabaceae*), insbesondere Klee und Luzerne, bieten zwei wesentliche Vorteile für die N-Versorgung: Sie haben die Fähigkeit grosse N-Mengen ins System einzuspeisen, aber auch, diese Mengen zu reduzieren, falls das System bereits stickstoffreich ist. Die Wurzeln dieser Arten bilden mit Bakterien der Gattung *Rhizobium* eine Symbi-

ose, die den Pflanzen bei einem gewissen Energieaufwand Zugriff auf den Luft-N ermöglicht (symbiotische N-Fixierung). In Situationen mit geringer N-Verfügbarkeit im Boden decken Leguminosen bis zu 90 % ihres N-Bedarfs über die N-Fixierung (z. B. Oberson *et al.* 2013). Dies gilt auch für das Berggebiet (Jacot *et al.* 2000). Wenn die verfügbare N-Menge im Boden steigt, reduzieren die Leguminosen ihre symbiotische Aktivität (z. B. Hartwig 1998). Leguminosen spielen also im N-Haushalt des Systems eine wichtige regulierende Rolle. In Anwesenheit von konkurrenzfähigen Gräsern sinkt ausserdem der Leguminosenanteil im Bestand mit zunehmender N-Verfügbarkeit im Boden (z. B. Jeangros *et al.* 1993). Eine starke Stickstoffdüngung verringert folglich die vom Grasland durch die symbiotische Stickstofffixierung gewonnene N-Menge in

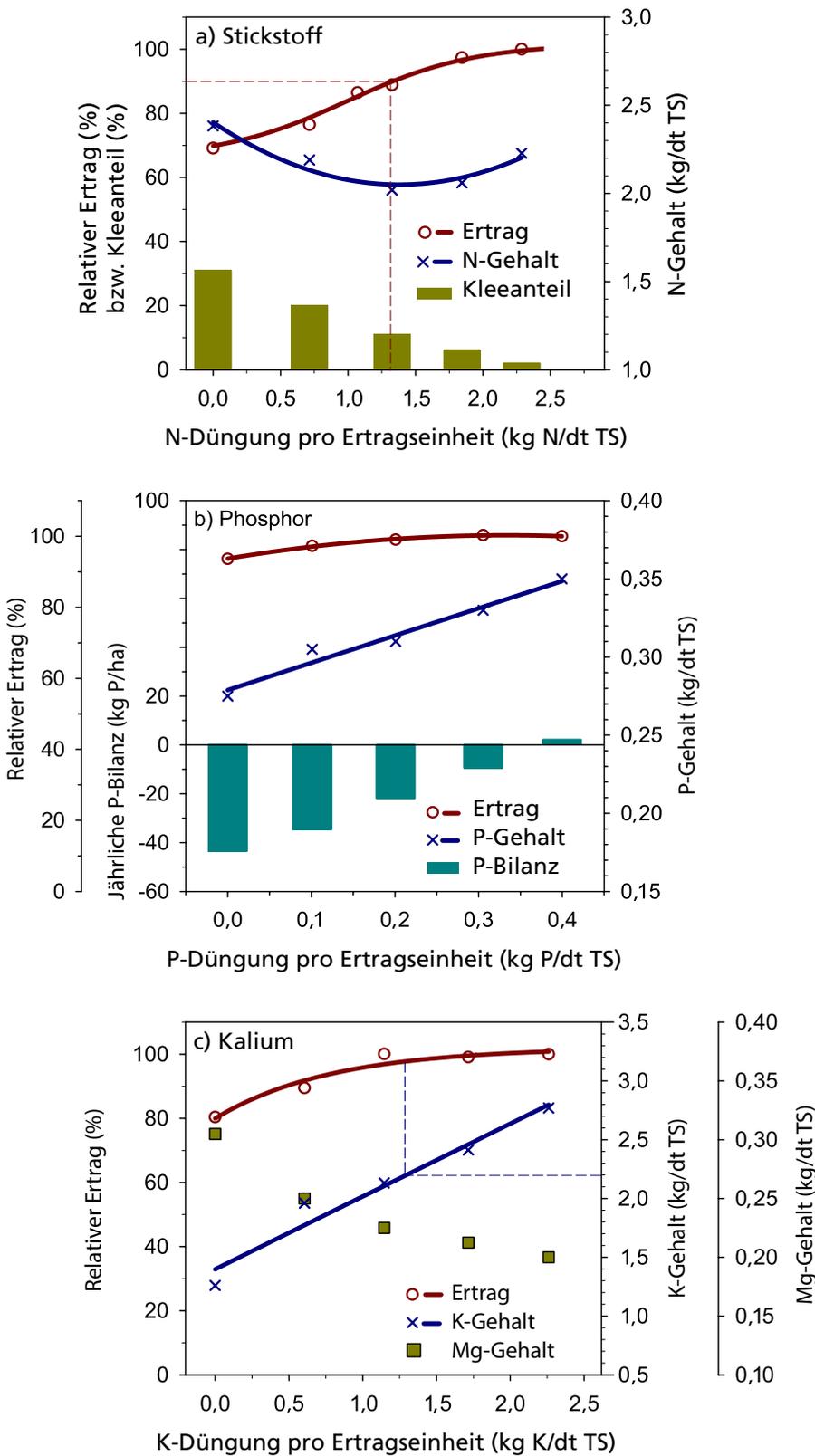


Abbildung 4 | Veranschaulichung der Wirkung der Düngung einer Mähwiese auf Ertrag und Gehalt an N, P, K und Mg. Die dargestellten Ergebnisse wurden nach neun Jahren unterschiedlicher Düngung gemessen. Dieser Düngungsversuch wurde in einer intensiv bewirtschafteten, von Italienischem Raigras (*Lolium multiflorum* Lam.) dominierten Naturwiese in Hohenrain (610 m ü. M., 1100 mm jährliche Niederschlagsmenge) durchgeführt. Am Anfang des Versuchs war der Boden ausreichend mit P und K versorgt. Der relative Ertrag eines Verfahrens entspricht seinem Ertrag im Verhältnis zum Ertrag des Verfahrens mit dem höchsten (maximalen) Ertrag.

a) Wirkung der N-Düngung auf den Ertrag, den Gehalt an Gesamt-N des Futters und den Kleeanteil der Wiese. Die N-Düngermenge betrug 0, 83, 167, 250 oder 333 kg N/ha/Jahr (41 kg P und 232 kg K). In dieser gräserreichen Wiese konnte mit einer Düngung von 1,3 kg N/dt TS 90% des maximalen Ertrags erreicht werden (gestrichelte horizontale und vertikale Linie), wobei ein Anteil von rund 10% Klee in der Wiese erhalten blieb. Mit dieser N-Düngungsmenge lag damit die Ertragswirksamkeit des ausgebrachten N um 30% höher als bei der höchsten Düngermenge. Der N-Gehalt im Futter stieg mit zunehmender N-Düngung nicht, weil der Kleeanteil in der Wiese sank.

b) Wirkung der P-Düngung auf den Ertrag, den P-Gehalt des Futters und die Bilanz zwischen P-Zufuhr und P-Entzug. Die P-Düngermenge betrug 0, 14, 28, 41 oder 55 kg P/ha/Jahre (250 kg N, 232 kg K). Der P-Gehalt im Futter stieg linear mit zunehmender P-Düngung und die P-Bilanz war bei einer P-Düngung zwischen 0,30 und 0,40 kg P/dt TS ausgeglichen.

c) Wirkung der K-Düngung auf den Ertrag, den K- und den Mg-Gehalt des Futters. Die K-Düngermenge betrug 0, 77, 155, 232 oder 310 kg K/ha/Jahr (250 kg N, 41 kg P). Der K-Gehalt des Futters stieg linear mit zunehmender K-Düngung. Bei einem K-Gehalt von 2,2 kg K/dt TS konnte mehr als 90% des maximalen Ertrags erreicht werden (gestrichelte vertikale und horizontale Linie). Der Mg-Gehalt des Futters nahm mit zunehmender K-Düngung ab (antagonistische Wirkung zwischen K und Mg).

kurzer Zeit durch die Reduzierung der symbiotischen Aktivität und längerfristig durch die Verminderung des Leguminosenanteils im Bestand.

Die von einer Wiese durch Fixierung aus der Atmosphäre gewonnene N-Menge variiert stark, je nach Leguminosenanteil, Produktivität des Standorts und N-Versorgung des Bodens. Im Rahmen verschiedener Versuche wurde die Menge des N in der geernteten Biomasse gemessen, die aus der symbiotischen Fixierung stammt. Die Ergebnisse liegen für das Talgebiet bei 100–380 kg N pro Jahr und Hektare (zusammengefasst von Lüscher *et al.* 2014). In Gräser-Leguminosen-Mischungen mit einem Leguminosenanteil von höchstens 50–60 % beträgt die fixierte N-Menge jährlich rund 3–5 kg pro Dezitonne Leguminosenertrag, wobei etwa 2–3 kg mit dem Futter geerntet werden (Boller *et al.* 2003; Høgh-Jensen *et al.* 2004; Unkovich *et al.* 2010).

Über einem Leguminosenanteil von 50–60 % steigt die fixierte N-Menge nicht mehr mit einem zunehmenden Leguminosenanteil (Nyfeler *et al.* 2011). Die jährliche fixierte N-Menge einer Wiese, die 130 dt TS/ha/Jahr produziert und einen Leguminosenanteil von 15 % aufweist, kann deshalb in grober Näherung mit $4 \text{ kg N} \times 130 \text{ dt TS} \times 0,15 = 78 \text{ kg N/ha/Jahr}$ berechnet werden. In der Schweiz an drei Standorten durchgeführte Versuche haben gezeigt, dass eine Wiese mit 15 % Kleeanteil denselben Ertrag bringt wie eine Wiese mit ausschliesslich Gräsern, die 80–100 kg zusätzlichen mineralischen N-Dünger erhält (Nyfeler *et al.* 2009; Husse *et al.* 2016; Hofer *et al.* 2016). Die symbiotische N-Fixierung durch die Leguminosen verbessert die N-Versorgung der Gräser der Pflanzengemeinschaft (Nyfeler *et al.* 2011; Pirhofer-Walzl *et al.* 2012).

6.2 Phosphordüngung

Die Empfehlungen zur P-Düngung beruhen auf dem Ersatz der P-Mengen, die der Parzelle durch Futterernte oder Futterverzehr entzogen werden. Die Anpassung der P-Düngung nach den Ergebnissen der Bodenanalysen wird mit Hilfe der Korrekturfaktoren vorgenommen, die in Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen beschrieben sind. Um die Pflanzenvielfalt wenig intensiv bewirtschafteter Wiesen zu erhalten, liegen die P-Düngungsempfehlungen bei dieser Bewirtschaftungsintensität leicht unter den entzogenen P-Mengen (Tabelle 4). In diesem Fall werden die jährlich pro Hektare fehlenden 1–2 kg P den Bodenreserven entzogen.

Durch die P-Düngung kann der Ertrag einer Wiese erhöht werden, wenn der P-Versorgungszustand des Bodens ungenügend ist (Duru und Ducrocq 1997; Philipp *et al.* 2004). Der Ertrag steigt jedoch mit zunehmender P-Düngung nur so lange, bis der P-Versorgungszustand des Bodens die Versorgungsklasse «genügend» erreicht hat (Gallet *et al.* 2003; Liebisch *et al.* 2013). Wenn der P-Gehalt im zu Beginn des Ährenschiebens geernteten Futter des ersten Aufwuchses mindestens 0,30 kg/dt TS beträgt, ist P für den Ertrag nicht limitierend (Liebisch *et al.* 2013). Dieser P-Gehalt im Futter entspricht dem Referenzgehalt (Agroscope

2017b). Im Allgemeinen steigt der P-Gehalt im Futter mit zunehmender P-Düngung (Gallet *et al.* 2003; Philipp *et al.* 2004; Stroia 2007). Dies auch dann noch, wenn der für ein optimales Wachstum erforderliche P-Gehalt bereits überschritten wurde (Liebisch *et al.* 2013), was einem Luxuskonsum der Pflanzen entspricht. Durch die Zunahme des P-Gehalts im Futter wird jedoch kein P-Entzug erreicht, welcher die Erhöhung der P-Düngung kompensiert. Durch eine Düngung, die über der empfohlenen Menge liegt, kommt es deshalb in jedem Fall zu einer positiven Bilanz zwischen P-Eintrag und P-Entzug (in Abbildung 4b ist ein Beispiel dargestellt). Wenn diese Bilanz über längere Zeit positiv bleibt, wird P im Boden angereichert (Messiga *et al.* 2014). Damit können sich im Boden unter Grasland beträchtliche P-Reserven akkumulieren (Roger *et al.* 2014). In Naturwiesen kommt es durch die P-Düngung zu einer bedeutenden Zunahme der P-Konzentration in den obersten Zentimetern des Bodens (Schärer *et al.* 2007). Eine P-Akkumulation im Boden erhöht das Risiko von P-Verlusten in die Umwelt (Stamm *et al.* 1998; Jordan *et al.* 2005).

6.3 Kaliumdüngung

Eine hohe K-Verfügbarkeit im Boden führt zu einem Luxuskonsum durch die Pflanzen und zu einem hohen K-Gehalt im Futter. Dadurch wird die Aufnahme von Mg und Calcium (Ca) durch die Pflanzen gehemmt (antagonistische Wirkung; Kayser und Isselstein 2005; in Abbildung 4c ist ein Beispiel dargestellt). Zusammen mit anderen Nährstoffen begünstigt eine hohe K-Verfügbarkeit auch die Entwicklung bestimmter unerwünschter Pflanzen (z. B. Doldenblütler). Wegen der hohen K-Verfügbarkeit in vielen für den Futterbau genutzten Böden ist in der Schweiz gegenwärtig das meiste Wiesenfutter kaliumreich (ca. 2,5–3,5 kg K/dt TS im Futter, das zu Beginn des Ährenschiebens geerntet wurde). Der K-Gehalt im Futter liegt dabei ebenfalls oft über dem für die Fütterung von Herbivoren empfohlenen Werten (Schlegel und Kessler 2015), wodurch die Mg-Aufnahme durch die Wiederkäuer eingeschränkt wird und eine erhöhte Mg-Ergänzung in der Fütterung erforderlich ist. Die Düngungsempfehlungen für Wiesen und Weiden beruhen auf einem idealen K-Gehalt (2,2 kg K/dt TS im Stadium Beginn des Ährenschiebens), der ein gutes Wachstum der Pflanzen gewährleistet (Duru und Thélière-Huché 1995; Keady und O’Kiely 1998), eine ausgewogene botanische Zusammensetzung begünstigt und den K-Bedarf der Tiere zu decken vermag.

Die Anpassung der K-Düngung je nach Ergebnissen der Bodenanalyse wird mit Hilfe der Korrekturfaktoren vorgenommen, die in Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen beschrieben sind. Obwohl die Düngungsempfehlungen für K seit vielen Jahren bei den mit K sehr gut versorgten Böden deutlich unter dem Entzug durch die Futterernten liegen, ist der durchschnittliche K-Gehalt im Futter immer noch hoch (Python *et al.* 2010; Schlegel *et al.* 2016). Tatsächlich wird durch Graslandbetriebe nur sehr wenig K exportiert, weil Milch und verkaufte Tiere nur wenig K enthalten (Sieber 2011). Deshalb sinkt der K-Gehalt im Boden und im Futter nur sehr langsam, selbst wenn kein K-Dünger auf den Betrieb zugeführt wird (Jeangros

und Troxler 2006). Da der K-Referenzgehalt in Hofdünger von Herbivoren auf dem effektiven K-Gehalt der Futterra-tion beruht, dessen K hauptsächlich aus dem Wiesenfutter stammt (2,5–3,5 kg K/dt TS), übersteigen die K-Gaben durch Hofdünger den Bedarf der Wiesen und Weiden. In dieser Situation soll der Hofdünger des Betriebs gemäss dem N- und P-Bedarf verteilt und auf den Zukauf von kaliumhaltigen Düngern muss verzichtet werden. Wenn sowohl der ausgebrachte Hofdünger als auch das eingesetzte Futter aus dem Betrieb stammen, belastet aber der berechnete K-Überschuss (Differenz zwischen dem Eintrag über Hofdünger und dem Bedarf des Graslands) die K-Bilanz des Betriebs nicht zusätzlich, da der tatsächliche K-Gehalt des betriebseigenen Hofdüngers im Verhältnis zum K-Gehalt des betriebseigenen Futters steht. Für Graslandbetriebe wird deshalb bei einer Bilanz mit K-Überschuss (Bilanz tierische Ausscheidungen – Bedarf der Kulturen) empfohlen, neben den Hofdüngern keine kaliumhaltigen Dünger einzusetzen. Der berechnete Überschuss eines gegebenen Jahres soll jedoch nicht in die Düngungsbilanz des folgenden Jahres übertragen werden.

Wenn das Futter zwischen 2,0 und 2,5 kg K/dt TS enthält, wird empfohlen, bei der Berechnung des Düngungsplans den K-Gehalt im Hofdünger der Herbivoren des Betriebs im Vergleich zum Referenzwert um 15 % zu senken. Falls der K-Gehalt im Futter unter 2,0 kg K/dt TS liegt, sollte die Reduktion bei 30 % liegen (Modul 4/ Eigenschaften und Anwendung von Düngern). Falls eine mineralische K-Düngung erforderlich ist, sollte die jährliche Gabe von mehr als 170 kg K/ha in zwei oder drei Gaben aufgeteilt werden (zum Beispiel zu Beginn der Vegetationsperiode und nach dem ersten oder zweiten Schnitt).

6.4 Magnesiumdüngung

Unseres Wissens wurden nur sehr wenige Untersuchungen zur Wirkung der Mg-Düngung auf den Ertrag von Grasland mit ähnlichen Bodenbedingungen wie in der Schweiz durchgeführt. Die Ertragswirkung ist deshalb für unsere Böden nicht bekannt, obwohl gewisse Untersuchungen in Neuseeland und in den USA durchgeführt wurden (Hogg und Karlovsky 1967; Reinbott und Blevins 1997; Hanly *et al.* 2005). Eine Serie von Topfversuchen hat gezeigt, dass der Mg-Gehalt in den Blättern, ab dem das Wachstum von Raigras vermindert ist (weniger als 0,10 kg/dt TS; Smith 1985), unter den üblicherweise in der Schweiz im Futter gemessenen Gehalte liegt (Tabelle 2). In der Mehrzahl der Fälle ist es deshalb wenig wahrscheinlich, dass eine Mg-Düngung den Ertrag des Graslands positiv beeinflusst. Der für das Wachstum von Futtergräsern kritische Mg-Gehalt liegt jedoch unterhalb des Bedarfs von Milchkühen (Schlegel und Kessler 2015). Ausserdem wird Mg eher leicht aus dem Boden ausgewaschen (Whitehead 2000). Deshalb wird empfohlen, die mit der Futterernte entzogene Mg-Menge näherungsweise durch Düngung zu ersetzen. Im Falle eines für den Bedarf der Tiere zu tiefen Mg-Gehalts im Futter soll die Futterra-tion entsprechend ergänzt werden, und es soll nicht die Mg-Düngung über die Empfehlungen gesteigert werden. Eine hofdüngerbasierte N- und P-Düngung reicht im Allgemeinen, um den Mg-Bedarf des Graslands

zu decken (Modul 4/ Eigenschaften und Anwendung von Düngern).

6.5 Schwefeldüngung

Eine ausreichende Versorgung mit S ist für die Proteinsynthese und die Ertragsbildung wichtig. Kunstwiesen, Luzerne-Reinbestände sowie Naturwiesen, die reich an erwünschten Gräsern sind und reichlich mit N gedüngt werden, haben einen beträchtlichen S-Bedarf. Bei solchen Wiesen ist der jährliche S-Entzug in der Grössenordnung von 20–35 kg/ha. In diesen Situationen sollte eine hofdüngerbasierte Düngung bevorzugt werden, weil diese massgeblich zur Versorgung des Graslands mit verfügbarem S beiträgt. Im Falle von S-Mangel kann eine S-Düngung den Ertrag intensiv bewirtschafteter Wiesen deutlich steigern (Mathot *et al.* 2008). Falls erforderlich lässt sich die Ausbringung von mineralischem S effizient mit einer N-Gabe in Form von Ammoniumsulfat verbinden.

Ein S-Mangel kann bei intensiv bewirtschafteten Mähwiesen mit hohen N-Düngergaben auf leichten Böden, die arm an organischer Substanz sind, auftreten. Situationen mit Mangel sind allerdings selten und es ist von einer systematischen S-Düngung abzuraten. Eine Methode zur Evaluation der Risiken eines S-Mangels aufgrund der Boden- und Klimabedingungen und der Bewirtschaftung der betreffenden Parzelle wird im Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen (Kapitel 4.7) erläutert. Für Futtergräser, Luzerne und intensiv bewirtschaftete Wiesen wird in Situationen, in denen das Risiko eines S-Mangels besteht, eine Düngung mit 15–25 kg S/ha empfohlen. In diesen Fällen sollte die Düngung besser im Frühling als im Sommer erfolgen (Aeby und Dubach 2008). Auf Weiden werden rund 90 % des von den Tieren verzehrten S über die Ausscheidungen wieder zurückgeführt (Nguyen und Goh 1994).

7. Diagnose aufgrund des Nährstoffgehalts des Futters

Die Analyse des Nährstoffgehalts im Futter kann eine nützliche Ergänzung zu den Bodenanalysen sein, um eine nachträgliche Beurteilung des Düngungsniveaus des Graslands zu machen. Die allgemeinen Grundsätze bezüglich Pflanzenanalysen sind in Modul 3/ Pflanzenanalysen dargestellt.

Die Beurteilung des Nährstoffversorgungszustands des Graslands aufgrund von Pflanzenanalysen wird dadurch erschwert, dass der Nährstoffgehalt des Futters vom Entwicklungsstadium der Pflanzen zum Zeitpunkt der Probenahme wie auch von der botanischen Zusammensetzung abhängt. Um diese Schwierigkeiten zu überwinden wurden Beurteilungsmethoden entwickelt, die auf dem Verhältnis des Gehalts von zwei oder mehr Elementen beruhen (Salette und Huché 1991; Bailey *et al.* 1997).

Die Methode der P- und K-Ernährungsindizes verwendet zu Beurteilung des P- und K-Ernährungszustands von Gras-

landbeständen das Verhältnis zwischen dem P- bzw. K-Gehalt und dem N-Gehalt im Futter (Duru und Thélier-Huché 1995). Bei diesen Indizes wird der effektive P- bzw. K-Gehalt, der durch Futteranalysen ermittelt wird, mit dem Gehalt verglichen, der ein optimales Wachstum in Abhängigkeit des N-Gehalts ermöglicht. Diese Methode wurde ursprünglich für Gräser-Reinbestände ausgearbeitet. Anschliessend wurde ein Korrekturfaktor für die Berücksichtigung des Leguminosenanteils in gemischten Gräser-Leguminosen-Beständen berechnet (Jouany *et al.* 2004; Jouany *et al.* 2005). Diese Indexmethode wurde an drei verschiedenen Standorten in der Schweiz geprüft (Liebisch *et al.* 2013). Wenn der N-Gehalt und der P- bzw. K-Gehalt aufgrund einer gemischten Probe (Gräser und Leguminosen in derselben Probe) bestimmt wurde, werden die beiden Ernährungsindizes wie folgt berechnet:

Phosphorernährungsindex	=	$100 \times \frac{\text{Phosphorgehalt}}{0,15 + 0,065 \times \text{Stickstoffgehalt}} + (0,5 \times \text{Leguminosenanteil})$
Kaliumernährungsindex	=	$100 \times \frac{\text{Kaliumgehalt}}{1,6 + 0,525 \times \text{Stickstoffgehalt}} + (0,5 \times \text{Leguminosenanteil})$

Bei diesen Gleichungen (Jouany *et al.* 2005) wird der Gehalt an N, P und K in Prozent angegeben, was den in der Tabelle 2 angegebenen Werten in kg pro dt Trockensubstanz entspricht. Die Futteranalysen erfolgen mit Proben, die beim ersten Aufwuchs geerntet werden. Der Leguminosenanteil im Bestand wird als Prozent der geernteten Biomasse angegeben. Diese Indizes gelten nicht für Bestände, die mit N überdüngt sind.

Beispiel: Wenn bei einem Leguminosenanteil von 15 % der Gehalt des Futters 2,5 kg N/dt TS, 0,33 kg P/dt TS und 2,8 kg K/dt TS beträgt, so errechnet sich ein P-Ernährungsindex von 113 und ein Kaliumernährungsindex von 104.

Der Korrekturfaktor für den Leguminosenanteil wurde nicht für Bestände mit mehr als 50 % Leguminosenanteil getestet. Für leguminosenreiche Bestände sollten die Analysen deshalb vorzugsweise bei Futterproben erfolgen, aus denen die Leguminosen entfernt wurden.

Die Interpretation des auf diese Weise errechneten P- bzw. K-Ernährungsindex ist in Tabelle 8 beschrieben. Der P-Ernährungsindex einer Wiese schwankt allerdings über die Jahre beträchtlich (Stroia 2007). Für eine zuverlässige Beurteilung ist deshalb ein Durchschnitt über mehrere Jahre erforderlich.

Das Prinzip der Ernährungsindizes, die auf dem Verhältnis zwischen dem Gehalt an dem betroffenen Nährstoff und dem N-Gehalt des Futters beruhen, wurde auch für S ge-

testet (Mathot *et al.* 2009). Die in dieser Studie ermittelten Schwellenwerte müssen allerdings noch validiert werden, bevor Empfehlungen zur Interpretation des S-Bedarfs abgegeben werden können. Ein S/N-Verhältnis unter 0,07 (von 0,065 bis 0,075 je nach Studie) scheint auf einen S-Mangel zu deuten, während ein Wert darüber eine ausreichende S-Versorgung anzeigt (Bailey *et al.* 1997; Whitehead 2000; Mathot *et al.* 2009). Dieser Richtwert gilt für gräserreiche Bestände, während der Schwellenwert für leguminosenreiche Bestände tiefer liegt (Jones und Sinclair 1991; Whitehead 2000).

8. Hofdünger

Der grösste Teil der Nährstoffe, die dem Grasland durch Ernte und Verzehr durch Tiere entzogen werden, findet sich in den Hofdüngern wieder (siehe Modul 4/ Eigenschaften und Anwendung von Düngern). Für Graslandbetriebe erfordert deshalb eine fundierte Steuerung der Düngung eine angepasste Verwertung des Hofdüngers auf Stufe des Betriebs. In Tabelle 6 von Modul 4 sind Richtwerte für den Nährstoffgehalt verschiedener Hofdüngerarten aufgeführt. Diese Tabelle zeigt, dass das Verhältnis zwischen den einzelnen Nährstoffen stark durch die Art des Hofdüngers beeinflusst wird, was bei der Verteilung der Hofdünger auf den Betriebsflächen berücksichtigt werden sollte. So sollte zum Beispiel vermieden werden, kotarme Gülle auf Grasland mit kaliumreichem Boden auszubringen, da das K/N-Verhältnis bei dieser Hofdüngerart besonders hoch ist. Weitere Informationen zum Einsatz von Hofdüngern finden sich in Modul 4.

Tabelle 8 | Düngungsempfehlungen auf der Grundlage des Phosphor- bzw. Kaliumernährungsindex (Interpretation nach Salette und Huché 1991).

Index	Interpretation	Empfehlungen
> 120	Überschuss	P- bzw. K-Düngung in der betreffenden Parzelle reduzieren. Um das optimale Düngungsniveau zu berechnen, sollten der Ertrag und die Bewirtschaftungsintensität aufgrund der Anzahl Nutzungen und der N-Düngermenge überprüft werden, da sie früher möglicherweise überschätzt wurden.
80–120	ausreichend	Düngung entsprechend Empfehlungen von Tabelle 3a.
< 80	ungenügend	Eine Aufdüngung auf der Grundlage der Bodenanalysen gemäss Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen planen.

9. Nährstoffrücklieferungen auf der Weide

Bei Weiden sind die empfohlenen Düngermengen tiefer als die Nährstoffmengen, die durch das verzehrte Futter entzogen werden, da ein Teil der Nährstoffe über die Ausscheidungen der Tiere während des Weidegangs direkt zurückgeführt wird. Bei den in Tabelle 3a aufgeführten Düngungsempfehlungen für Weiden (ohne Schnittnutzung) sind diese Rücklieferungen bereits berücksichtigt.

Die Nährstoffrücklieferungen hängen vom Weidesystem ab, besonders von der täglichen Dauer des Weidegangs und vom während des Weidegangs aufgenommenen Anteil der Futtermenge. Bei intensiv und mittel intensiv bewirtschafteten Weiden gibt Tabelle 3a zwei Düngungsempfehlungen ab. Der erste Wert gilt für Weidesysteme kombiniert mit Stallhaltung, bei denen die Tiere hauptsächlich zum Fressen auf der Weide sind (beispielsweise zur hälftigen Deckung des täglichen Futterbedarfs während fünf bis sechs Stunden täglicher Weidedauer oder zur fast vollständigen Deckung des täglichen Futterbedarfs auf der Weide während höchstens zwölf Stunden täglicher Weidedauer). Der zweite Wert gilt für ein Weidesystem ohne Stallhaltung (die Tiere ernähren sich nur auf der Weide, wo sie sich dauernd – die Melkzeiten beim Milchvieh ausgenommen – aufhalten; Vollweide).

Bei Weidenutzung ohne Stallhaltung bleibt der grösste Teil der mit dem Weidefutter aufgenommenen Nährstoffe auf der Weidefläche und nur ein kleiner Teil wird exportiert. Die Düngungsempfehlungen nehmen allerdings nicht proportional zur Zunahme an Nährstoffausscheidungen auf der Weide ab, weil berücksichtigt wird, dass Kot- und Harnstellen unregelmässiger verteilt anfallen, wenn sich die Tiere permanent auf der Weide aufhalten.

Weiden, die nicht in erster Linie zur Ernährung des Viehs genutzt werden (Auslauf), sollten nicht gedüngt werden, weil die beträchtlichen Nährstoffmengen, die über die Ausscheidungen ausgebracht werden, zur Deckung des Nährstoffbedarfs der Pflanzen ausreichen.

Bei gelegentlich beweideten Wiesen (Mähweiden) werden die während der Beweidung zurückgelieferten Nährstoffe von den Düngungsempfehlungen für Mähwiesen abgezogen. Als Rücklieferungen werden die durchschnittlichen Mengen von Nährstoffen aus den Ausscheidungen bezeichnet, die von den Pflanzen verwertet werden können und während einer durchschnittlichen Weidenutzung anfallen (verzehrter Ertrag von ungefähr 15 dt TS/ha, das heisst ungefähr 95 GVE-Tage/ha bei einem durchschnittlichen Grasverzehr von 16 kg TS/GVE/Tag). In Tabelle 5 sind

die Rücklieferungen an P, K und Mg pro Weidenutzung je nach Bewirtschaftungsintensität und Weidesystem angegeben.

Bis zu 80 % des von den Tieren während des Weidegangs verzehrten N werden der Weide über die Ausscheidungen wieder zurückgeliefert (Haynes und Williams 1993). Der N wird dabei sehr konzentriert deponiert, mit Mengen, die am Ort der Ausscheidungen (Kot- oder Harnstellen) einer Düngung von mehr als 500 kg N/ha entsprechen (Ball und Ryden 1984; Whitehead 2000). Die sehr hohe N-Konzentration am Ort der Ausscheidungen und die unregelmässige Verteilung der Kot- oder Harnstellen verhindern eine effiziente Verwertung dieses N durch die Pflanzen. N, der von den Tieren auf der Weide ausgeschieden wird, ist also für das Produktionssystem deutlich weniger wirksam als N, der von den Tieren im Stall ausgeschieden und danach in Form von Hofdüngern in homogener Weise auf der zu düngenden Fläche verteilt wird. Der über Ausscheidungen auf der Weide deponierte N erfährt höhere Verluste, ist weniger effizient für die Biomasseproduktion und wird weniger effizient durch die Pflanzen aufgenommen als der Hofdünger-N.

Das französische *Institut National de Recherche Agronomique* (INRA) hat kürzlich eine Synthesearbeit über die N-Flüsse in der Landwirtschaft durchgeführt (Peyraud *et al.* 2012). In dieser Studie fassen die Autoren den Stand der Kenntnisse so zusammen, dass der Anteil des ausgeschiedenen N, der am Ort der Ausscheidungen von den Pflanzen aufgenommen wird, für Harn 30–35 % und für Kot nur 10–20 % beträgt. Auf der Grundlage verschiedener Untersuchungen zum Einfluss der Ausscheidungen auf die Produktion von Biomasse kann von einer Ertragserhöhung in der Grössenordnung von 3–5 kg TS pro kg Stickstoff im Durchschnitt für Kot- und Harnstellen ausgegangen werden (Day und Detling 1990; Deenen und Middelkoop 1992; Williams und Haynes 1994; Williams und Haynes 1995; Decau *et al.* 2003; Di und Cameron 2007; Troxler *et al.* 2008; Moir *et al.* 2013; White-Leech *et al.* 2013). Bei einer intensiv durch Milchkühe beweideten Parzelle mit einer Anzahl Weidetage, die für den Verzehr des gesamten auf der Weide produzierten Futters erforderlich ist, beläuft sich der Beitrag des N aus den Ausscheidungen auf der Weide also auf nur rund 5–8 % des Gesamtertrags. Allerdings ergaben sich in den verschiedenen Studien sehr unterschiedliche Werte.

10. Kalkung

Die Kalkung wird in Kapitel 5 von Modul 2/ Bodeneigenschaften und Bodenanalysen behandelt. Die Besonderheiten in Bezug auf Grasland sind in Kapitel 5.3 dieses Moduls beschrieben.

11. Literatur

- Aeby P. & Dubach S., 2008. Schwefelversorgung von Wiesen: Düngung ausnahmsweise nötig. UFA-Revue 3/2008, 50–51.
- Agroscope, 2017a. Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch). Hrsg. Agroscope, Posieux. Zugang: <http://www.agroscope.ch>
- Agroscope, 2017b. Referenzwerte für Nährwerte von Raufutter. Hrsg. Agroscope, Posieux. Zugang: <http://www.agroscope.ch>
- Bailey J. S., Cushnahan A. & Beattie J. A. M., 1997. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: II. Model calibration and validation. *Plant Soil* 197, 137–147.
- Ball P.R. & Ryden J.C., 1984. Nitrogen relationships in intensively managed temperate grasslands. *Plant Soil* 76, 23–33.
- Boller B. C., Lüscher A. & Zanetti S., 2003. Schätzung der biologischen Stickstoff-Fixierung in Klee-Gras-Beständen. Schriftenreihe der FAL 45, 47–54.
- Daccord R., Arrigo Y., Kessler J., Jeangros B., Scephovic J., Schubiger F.X. & Lehmann J., 2001. Valeur nutritive des plantes des prairies. 3. Teneurs en calcium, phosphore, magnésium et potassium. *Rev. suisse Agric.* 33, 141–146.
- Day T.A. & Detling J.K., 1990. Grassland patch dynamics and herbivore grazing preference following urine deposition. *Ecology* 71, 180–188.
- Decau M. L., Simon J. C & Jacquet A., 2003. Fate of urine nitrogen in three soils throughout a grazing season. *J. Environ. Qual.* 32, 1405–1413.
- Deenen P. J. A.G. & Middelkoop N., 1992. Effects of cattle dung and urine on nitrogen uptake and yield of perennial ryegrass. *Neth. J. Agr. Sci.* 40, 469–482.
- Di H. J. & Cameron K. C., 2007. Nitrate leaching losses and pasture yields as affected by different rates of animal urine nitrogen returns and application of a nitrification inhibitor – a lysimeter study. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 79, 281–290.
- Dietl W., 1986. Pflanzenbestand, Bewirtschaftungsintensität und Ertragspotential von Dauerwiesen. *Schweiz. Landwirtsch. Monatshefte* 64, 241–262.
- Dietl W. & Lehmann J., 2004. Ökologischer Wiesenbau; Nachhaltige Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf. 136 S.
- Duru M. & Ducroq H., 1997. A nitrogen and phosphorus herbage nutrient index as a tool for assessing the effect of N and P supply on the dry matter yield of permanent pastures. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 47, 59–69.
- Duru M. & Thélier-Huché L., 1995. N and P-K status of herbage: use for diagnosis of grasslands. In: INRA (Ed.), Diagnostic Procedures for Crop N Management and Decision Making, Paris (Les Colloques n° 82), 125–138.
- Elsässer M., 2000. Auswirkungen reduzierter Stickstoffdüngung auf Erträge, Futterwert und botanische Zusammensetzung von Dauergrünland sowie Nährstoffverhältnisse im Boden. *Wissenschaftl. Fachverl.* 164 S.
- Fabre B. & Kockmann F., 2006. Les effets du chaulage sur les prairies permanentes ou de longue durée. Synthèse bibliographique. *Fourrages* 185, 103–122.
- Gallet A., Flisch R., Ryser J.-P., Nösberger J., Frossard E. & Sinaj S., 2003. Uptake of residual phosphate and freshly applied diammonium phosphate by *Lolium perenne* and *Trifolium repens*. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 166, 557–567.
- Hanly J. A., Loganathan P. & Currie L. D., 2005. Effect of serpentine rock and its acidulated products as magnesium fertilisers for pasture, compared with magnesium oxide and Epsom salts, on a Pumice Soil. 1. Dry matter yield and magnesium uptake. *New Zeal. J. Agr. Res.* 48, 451–446.
- Haynes R. J. & Williams P. H., 1993. Nutrient Cycling and Soil Fertility in the Grazed Pasture Ecosystem. *Adv. Agron.* 49, 119–199.
- Hofer D., Suter M., Haughey E., Finn J. A., Hoekstra N. J., Buchmann N. & Lüscher A., 2016. Yield of temperate forage grassland species is either largely resistant or resilient to experimental summer drought. *J. Appl. Ecol.* 53, 1023–1034.
- Hogg D. E. & Karlovsky J., 1968. The relative effectiveness of various magnesium fertilisers on a magnesium-deficient pasture. *New Zeal. J. Agr. Res.* 11, 171–183.
- Humbert J.-Y., Dwyer J. M., Andrey A. & Arlettaz R., 2015. Impacts of nitrogen addition on plant biodiversity in mountain grasslands depend on dose, application duration and climate: a systematic review. *Glob. Change Biol.* 22, 110–120.
- Husse S., Huguenin-Elie O., Buchmann N. & Lüscher A., 2016. Larger yields of mixtures than monocultures of cultivated grassland species match with asynchrony in shoot growth among species but not with increased light interception. *Field Crops Res.* 194, 1–11.
- Jacot K. A., Lüscher A., Nösberger J. & Hartwig U. A., 2000. Symbiotic N₂ fixation of various legume species along an altitudinal gradient in the Swiss Alps. *Soil Biol. Biochem.* 32, 1043–1052.
- Jeangros B. & Thöni E., 1994. Utilisation des engrais de ferme sur les prairies permanentes. Synthèse de résultats expérimentaux et recommandations préconisées en Suisse. *Fourrages* 140, 393–406.
- Jeangros B. & Troxler J., 2006. Bilan des éléments fertilisants sur une exploitation laitière de montagne. *Rev. suisse Agric.* 38 (3), 121–125.
- Jeangros B., 1993. Prairies permanentes en montagne. I. Effets de la fréquence des coupes et de la fertilisation azotée sur la composition botanique. *Rev. suisse Agric.* 25, 345–360.
- Jeangros B., Scephovic J., Schubiger F. X., Lehmann J., Daccord R. & Arrigo, Y., 2001. Valeur nutritive des plantes de prairies. 1. Teneurs en matière sèche, matière azotée et sucres. *Rev. suisse Agric.* 33, 73–80.
- Jones M. B. & Sinclair A. G., 1991. Application of DRIS to white clover based pastures. *Commun. Soil Sci. Plan.* 22, 1895–1918.

- Jordan P., Menary W., Daly K., Kiely G., Morgan G., Byrne P. & Moles R., 2005. Patterns and processes of phosphorus transfer from Irish grassland soils to rivers – integration of laboratory and catchment studies. *J. Hydrol.* 304, 20–34.
- Jouany C., Cruz P., Petibon P. & Duru M., 2004. Diagnosing phosphorus status of natural grassland in the presence of white clover. *Eur. J. Agron.* 21, 273–285.
- Jouany C., Cruz P., Theau J. P., Petibon P., Foucras J. & Duru M., 2005. Diagnostic du statut de nutrition phosphatée et potassique des prairies naturelles en présence de légumineuses. *Fourrages* 184, 547–555.
- Kayser M. & Isselstein J., 2005. Potassium cycling and losses in grassland systems: a review. *Grass Forage Sci.* 60, 213–224.
- Keady T. M. J. & O’Kiely P., 1998. An evaluation of potassium and nitrogen fertilisation of grassland, and date of harvest, on fermentation, effluent production, dry-matter recovery and predicted feeding value of silage. *Grass Forage Sci.* 53, 326–337.
- Laidlaw 1980. The effects of nitrogen fertilizer applied in spring on swards of ryegrass sown with four cultivars of white clover. *Grass Forage Sci.* 35, 295–299.
- Lalor S.T.J., Schröder J.J., Lantinga E.A., Oenema O., Kirwan L. & Schulte R.P.O., 2011. Nitrogen fertilizer replacement value of cattle slurry in grassland as affected by method and timing of application. *J. Environ. Qual.* 40, 362–373.
- Lauber K., Wagner G. & Gygax A., 2012. *Flora Helvetica – Flore illustrée de Suisse*. Haupt Verlag, Bern.
- Lazzarotto P., Calanca P., Semenov M. & Fuhrer J., 2010. Transient responses to increasing CO₂ and climate change in an unfertilized grass-clover sward. *Climate Res.* 41, 221–232.
- Lehmann J., Rosenberg E. & und Briner H.-U., 2001. Modell für die Berechnung des Ertrages von Klee-Gras-Mischungen. *Agrarforsch.* 8 (9), 364–369.
- Liebisch F., Bünemann E. K., Huguenin-Elie O., Jeangros B., Frossard E. & Oberson A., 2013. Plant phosphorus nutrition indicators evaluated in agricultural grasslands managed at different intensities. *Eur. J. Agron.* 44, 67–77.
- Mathot M., Mertens J., Verlinden G., Lambert R., 2008. Positive effects of sulphur fertilisation on grasslands yields and quality in Belgium. *Eur. J. Agron.* 28, 655–658.
- Mathot M., Thélier-Huché L. & Lambert R., 2009. Sulphur and nitrogen content as sulphur deficiency indicator for grasses. *Eur. J. Agron.* 30, 172–176.
- Meisser M., Deléglise C., Mosimann E., Signarbieux C., Mills R., Schlegel P., Buttler A. & Jeangros B., 2013. Auswirkungen einer ausgeprägten Sommertrockenperiode auf eine montane Dauerweide im Jura. *Agrarforschung Schweiz* 4 (11–12), 476–483
- Messiga A. J., Ziadi N., Bélanger G. & Morel C., 2014. Relationship between soil phosphorus and phosphorus budget in grass swards with varying nitrogen applications. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 78, 1481–1488.
- Moir J. L., Edwards G. R. & Berry L. N., 2013. Nitrogen uptake and leaching loss of thirteen temperate grass species under high N loading. *Grass Forage Sci.* 68, 313–325.
- Mosimann E., 2005. Caractéristiques des pâturages pour vaches laitières dans l’ouest de la Suisse. *Rev. suisse Agric.* 37 (3), 99–106.
- Mosimann E., Deléglise C., Demenga M., Frund D., Sinaj S. & Charles R., 2013. Wasserverfügbarkeit und Futterproduktion im Ackerbauggebiet. *Agrarforschung Schweiz* 4 (11–12), 468–475.
- Mosimann E., Meisser M., Deléglise C. & Jeangros B., 2012. Das Futterpotenzial der Juraweiden. *Agrarforschung Schweiz* 3 (11–12), 516–523.
- Nevens F. and Rehuel D., 2003. Effects of cutting or grazing grass swards on herbage yield, nitrogen uptake and residual soil nitrate at different levels of N fertilization. *Grass Forage Sci.* 58, 431–449.
- Nguyen M. L. & Goh K. M., 1994. Sulphur cycling and its implications on sulphur fertilizer requirements of grazed grassland ecosystems. *Agr. Ecosyst. Environ.* 49, 173–206.
- Nyfelner D., Huguenin-Elie O., Suter M., Frossard E. & Lüscher A., 2011. Grass-legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. *Agr. Ecosyst. Environ.* 140, 155–163.
- Nyfelner D., Huguenin-Elie O., Suter M., Frossard E., Connolly J. & Lüscher A., 2009. Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. *J. Appl. Ecol.* 46, 683–691.
- Pauthenet Y., Roumet, J. P., Neyroz A., 1994. Influence de la fertilisation azotée sur la végétation de prairies de fauche en vallée d’Aoste (Italie). *Fourrages* 139, 375–378.
- Peyraud J.-L., Cellier P., Donnars C. & Réchauchère O. (éditeurs), 2012. Les flux d’azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France). 68 S.
- Philipp A., Huguenin-Elie O., Flisch R., Gago R., Stutz C., Kessler W. & Sinaj S., 2004. Einfluss der Phosphordüngung auf eine Fromentalwiese. *Agrarforsch.* 11 (3), 86–91.
- Python P., Boessinger M. & Buchmann M., 2010. Teneur moyenne en minéraux majeurs des fourrages secs ventilés selon l’altitude et la situation géographique. *ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung* 33, 159–162.
- Reid D., 1978. The effects of frequency of defoliation on the yield response of a perennial ryegrass sward to a wide range of nitrogen application rates. *J. Agr. Sci., Cambridge* 90, 447–457.
- Reid D., 1980. The effects of rates of potassium application on the production and quality of herbage from a perennial ryegrass sward receiving a wide range of nitrogen rates. *J. Agr. Sci., Cambridge* 95, 83–100.
- Reinbott T. M. & Blevins D. G., 1997. Phosphorus and magnesium fertilization interaction with soil phosphorus level: Tall fescue yield and mineral element content. *J. Prod. Agric.* 10, 260–265.
- Roger A., Libohova Z., Rossier N., Joost S., Maltas A., Frossard E. & Sinaj S., 2014. Spatial variability of soil phosphorus in the Fribourg canton, Switzerland. *Geoderma* 217–218, 26–36.

- Salette J. & Huché L., 1991. Diagnostic de l'état de nutrition minérale d'une prairie par l'analyse de végétal: principes, mis en œuvre, exemples. *Fourrages* 125, 3–18.
- Schärer M., Stamm C., Vollmer T., Frossard E., Oberson A., Flühler H. & Sinaj S., 2007. Reducing phosphorus losses from over-fertilized grassland soils proves difficult in the short term. *Soil Use Manage.* 23 (Suppl. 1), 154–164.
- Schlegel P. & Kessler J., 2015. Mineralstoffe und Vitamine. In: *Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch)*, Kapitel 4, Hrsg. Agroscope, Posieux. Zugang: <http://www.agroscope.ch>
- Schlegel P., Wyss U., Arrigo Y. & Hess H.-D., 2016. Mineral concentrations of fresh herbage from mixed grassland as influenced by botanical composition, harvest time and growth stage. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 219, 226–233.
- Sieber R., 2011. Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten schweizerischer Herkunft. *ALP Science* Nr. 538, Agroscope, Bern. 40 S.
- Smith G. S., 1985. Critical leaf concentrations for deficiencies of nitrogen, potassium, phosphorus, sulphur, and magnesium in perennial ryegrass. *New Phytol.* 101, 393–409.
- Stamm C., Flühler H., Gächter R., Leuenberger J. & Wunderli H., 1998. Preferential transport of phosphorus in drained grassland soils. *J. Environ. Qual.* 27, 515–522.
- Stroia C., 2007. Etude de fonctionnement de l'écosystème prairial en conditions de nutrition N et P sub limitantes. Application au diagnostic de nutrition. Thèse de doctorat Nn°2446, Institut National Polytechnique de Toulouse.
- Suter D., Rosenberg E., Mosimann E. & Frick R., 2017. Standardmischungen für den Futterbau. Revision 2017–2020. *Agrarforschung Schweiz* 8 (1), 1–16.
- Thalmann H., 1985. Wirkung belüfteter und unbelüfteter Rindergülle unter Schnitt und Beweidung auf Dauergrünland. Diss. Technische Universität München.
- Thomet P., Stettler M., Hadorn M. & Mosimann E., 2008. Pâturages: production pilotée par la fumure azotée. *Rev. suisse Agric.* 40 (1), 41–45.
- Troxler J., Ryser J. P. & Jeangros B., 2008. Influence des déjections bovines sur un gazon de graminées cultivé en lysimètres. *Rev. suisse Agric.* 40 (6), 259–265.
- Unkovich M. J., Baldock J. & Peoples M. B., 2010. Prospects and problems of simple linear models for estimating symbiotic N₂ fixation by crop and pasture legumes. *Plant Soil* 329, 75–89.
- Whitehead D. C., 2000. Nutrient elements in grassland: soil-plant-animal relationships. CAB International, Wallingford. 369 S.
- White-Leech R., Liu K., Sollenberger L.E., Woodard K.R. & Interrante S.M., 2013. Excreta deposition on grassland patches. I. Forage harvested, nutritive value, and nitrogen recovery. *Crop Sci.* 53, 688–695.
- Williams P. H. & Haynes R. J., 1994. Comparison of initial wetting pattern, nutrient concentrations in soil solution and the fate of 15N labelled urine in sheep and cattle urine patch areas of pasture soil. *Plant Soil* 162, 49–59.
- Williams P. H. & Haynes R. J., 1995. Effect of sheep, deer and cattle dung on herbage production and soil nutrient content. *Grass Forage Sci.* 50, 263–271.
- Wyss U. & Kessler J., 2002. L'intensité d'exploitation des prairies influence la teneur en minéraux de l'herbe. *Rev. suisse Agric.* 9, 292–297.
- Zimmermann M., Koch B., Kessler W. & Besson J. M., 1997. Der Güllezeitpunkt entscheidet über die N-Wirkung. *Agrarforsch.* 4 (3), 133–136.

12. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1a Beziehung zwischen Höhenlage (m ü. M.) und potenziellem durchschnittlichem Ertrag (dt TS/ha) nach Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität.	9/4
Tabelle 1b Beispiele für die Schätzung des jährlich geernteten Ertrags nach Nutzungsart, Bewirtschaftungsintensität und Höhenlage, berechnet mit den in Tabelle 1a angegebenen Gleichungen.	9/5
Tabelle 2 Gehalt an Mengenelementen in Graslandbeständen mit ausgewogener botanischer Zusammensetzung, nach Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität.	9/6
Tabelle 3a Richtwerte für den jährlichen Nährstoffentzug und Düngungsempfehlungen für N, P, K und Mg in kg pro dt Trockensubstanzertrag, nach Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität des Graslands.	9/6
Tabelle 3b Beispiele für die empfohlenen N-, P-, K- und Mg-Düngermengen in kg pro ha und Jahr nach Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität, berechnet gemäss den Düngungsempfehlungen von Tabelle 3a für die Durchschnittserträge in Tabelle 1b.	9/8
Tabelle 4 Verhältnis zwischen der Düngungsempfehlung und dem Nährstoffentzug für P, K und Mg, nach Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität des Graslands.	9/9
Tabelle 5 Rücklieferungen von P, K und Mg pro einzelne Weidenutzung, die für gelegentlich als Weide genutzte Parzellen (Mähweide) von den Düngungsempfehlungen für gedüngte Wiesen abzuziehen sind.	9/9
Tabelle 6 Jährlicher Entzug von N, P, K und Mg und Düngungsempfehlungen für Gräser-Leguminosen-Mischungen als Zwischenfrucht, bei Sommersaaten von Kunstwiesen (Äugstlen) sowie für die Produktion von Gräser- und Futterleguminosensamen.	9/10
Tabelle 7 Für Grasland empfohlene Stickstoffgaben pro Aufwuchs nach Wiesentyp und Nutzungsart.	9/11
Tabelle 8 Düngungsempfehlungen auf der Grundlage des Phosphor- bzw. Kalium-ernährungsindex.	9/15

13. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Intensitätsstufen im Futterbau in Abhängigkeit der Nutzungshäufigkeit und des Düngungsniveaus (insbesondere Stickstoffdüngung).	9/3
Abbildung 2 Die in den Tabellen 1a und 1b aufgeführten Ertragswerte berücksichtigen die Feldverluste (Anwelken, Bodentrocknung), aber nicht die Lagerungsverluste (im Silo, am Heustock).	9/7
Abbildung 3 Wenn die Standortbedingungen für die Gräser, die viel Stickstoff verwerten können, ungünstig sind, wird die Vermehrung von grobstängeligen stickstoffliebenden Pflanzen (hier <i>Heracleum sphondylium</i> L.) durch eine hohe Stickstoffdüngung gefördert.	9/10
Abbildung 4 Veranschaulichung der Wirkung der Düngung einer Mähwiese auf Ertrag und Gehalt an N, P, K und Mg. Die dargestellten Ergebnisse wurden nach neun Jahren unterschiedlicher Düngung gemessen. Dieser Düngungsversuch wurde in einer intensiv bewirtschafteten, von Italienischem Raigras (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.) dominierten Naturwiese in Hohenrain (610 m ü. M., 1100 mm jährliche Niederschlagsmenge) durchgeführt.	9/12

14. Anhang

Anhang zu Tabelle 2 | Gehalt an P_2O_5 und K_2O in Graslandbeständen mit ausgewogener botanischer Zusammensetzung, je nach Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität (gemäss Agroscope 2017b, unter Berücksichtigung des entsprechend späteren Nutzungsstadiums bei abnehmender Bewirtschaftungsintensität).

Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität	Gehalt an Mengenelementen (kg/dt Trockensubstanz)			
	P_2O_5		K_2O	
	Ø ¹	Intervall ²	Ø ¹	Intervall ²
Wiese				
intensiv	0,82	0,71–0,96	3,6	3,0–4,1
mittel intensiv	0,76	0,64–0,89	3,3	2,8–3,7
wenig intensiv	0,64	0,53–0,78	2,5	2,0–3,1
extensiv	0,53	0,41–0,64	1,7	1,2–2,2
Weide				
intensiv	0,89	0,78–1,03	3,7	3,3–4,3
mittel intensiv	0,82	0,71–0,96	3,5	3,0–4,1
wenig intensiv	0,71	0,60–0,85	3,0	2,5–3,5
extensiv	0,62	0,50–0,76	2,4	1,9–2,9

¹ Gehalt im Durchschnitt des ersten Aufwuchses und der nachfolgenden Aufwüchse, gewichtet nach dem Anteil des ersten Aufwuchses am Jahresertrag.

² Die Intervalle zeigen die Bandbreite häufig gemessener Werte.

