

# Kalium-, Magnesium- und Natriumgehalte von Grünlandaufwüchsen

Untersuchungen auf bayerischen Praxisflächen

von DR. MICHAEL DIEPOLDER und SVEN RASCHBACHER: **Im Rahmen des Forschungsprojekts „Ertrags- und Nährstoffmonitoring Grünland Bayern“ der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) wurden auf ca. 150 Praxisflächen u. a. die Kalium-, Magnesium- und Natriumgehalte von insgesamt rund 2 000 Grünlandaufwüchsen gemessen. Untersucht wurde dabei der Einfluss der Nutzungsintensität, ferner der Region und des Wiesentyps auf die Nährstoffgehalte. In Hinblick auf eine Klassifizierung fanden pflanzenbauliche sowie tierische Bedarfsnormen Berücksichtigung. Hierbei wurden bei vielen Aufwüchsen u. a. zu hohe Kaliumgehalte festgestellt. Das Mineralstoffmuster ändert sich im Jahresverlauf teilweise stark. In der Regel werden in der zweiten Vegetationshälfte höhere mittlere Kalium-, Magnesium- und Natriumgehalte gemessen. Die Ergebnisse des sechsjährigen Projekts sind ein Beitrag zur Validierung von Faustzahlen zur Grünlanddüngung.**

Pflanzenbaulichen und betriebswirtschaftlichen Berechnungen in der Grünlandwirtschaft liegen häufig Daten aus Feldversuchen mit speziellen Fragestellungen zu Grunde. Allerdings können Feldversuche im Grünland aus verschiedenen Gründen nur an vergleichsweise wenigen Standorten durchgeführt werden. Zusätzliche Untersuchungen auf Praxisflächen sind daher eine sinnvolle Ergänzung. Beim „Ertrags- und Nährstoffmonitoring bayerischer Grünlandflächen“ wurden insgesamt rund 150 Flächen in unterschiedlichen Regionen Bayerns beprobt. Hierbei erfolgten von 2009 bis 2014 eine aufwendige Ertragsaufnahme aller Jahresaufwüchse mittels manueller Schnittproben sowie die Bestimmung der Mineralstoffgehalte im Erntegut. Zusätzlich wurden auf den Flächen die Humus- und Nährstoffgehalte des Bodens sowie die Pflanzenbestände untersucht.

Bei den bisher veröffentlichten Ergebnissen (siehe „SuB“ 9-10/2016, 11-12/2016, 2-3/2017) standen Aussagen zu mittleren Erträgen und Nährstoffgehalten, insbesondere zu Rohprotein-, Schwefel- und Phosphorgehalten sowie Erkenntnisse zum Arteninventar von Grünlandflächen bei unterschiedlicher Schnittintensität im Focus. Der vorliegende Beitrag, welcher die Nährstoffe Kalium, Magnesium und Natrium behandelt, bildet den vorläufigen Abschluss der Artikelserie in SuB aus diesem Forschungsprojekt.

## Material und Methoden

Auf nach geographischer Lage, Nutzungsintensität und Wiesentyp ausgewählten Flächen wurden mittels genau defi-

nierter Schnittproben (7 x 1 m<sup>2</sup> pro Schlag, Abgrenzung der Fläche durch tragbare Rahmen, Schnitt mit elektrischer Rasenkantenschere mit Höhenbegrenzung, Schnitthöhe fünf bis sechs cm, Schnittzeitpunkt max. zwei bis drei Tage vor der Beerntung durch den Landwirt) die Frisch- und Trockenmasseerträge aller Aufwüchse erhoben. Pro Aufwuchs und Fläche wurden in einer Mischprobe die Mineralstoffgehalte (N, P, K, Mg, Ca, S, Na, Zn) im getrockneten Grüngut nach Methoden der VDLUFA nasschemisch – dabei N nach Dumas – bestimmt. Die Bestimmung des Rohproteingehalts (XP) erfolgte anhand des N-Gehalts (XP = N x 6,25).

Die Daten wurden auf Plausibilität geprüft und unvollständige Datensätze von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. In Anlehnung an Literaturangaben (siehe nachfolgende Ergebnisse und Diskussion) wurde zudem versucht, die K-, Mg- und Na-Gehalte in Hinblick auf pflanzenbauliche und tierische Bedarfsnormen zu klassifizieren.

## Kalium

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchung zeigen für Kali eine wesentlich bessere Versorgung als für Phosphat (Tabelle 1). In Bayern liegen bei Kali knapp 70 Prozent der untersuchten Böden (LfL 2016) in und über der anzustrebenden Gehaltsklasse C. Noch größer war dieser Anteil auf den Monitoringflächen, hier erreichten 80 Prozent die Gehaltsklassen C, D und E. In der Tendenz wurden im Projekt auf intensiv genutzten Flächen höhere Kaliumgehalte im Oberboden gemessen als dies bei niedriger oder mittlerer Intensitätsstufe der Fall

|  | Monitoring<br>Mittel (Median)<br>[mg/100 g Boden] | Prozent in Gehaltsklasse |            |              |              |           |
|--|---|--------------------------|------------|--------------|--------------|-----------|
|  |   | A<br>< 5                 | B<br>5 – 9 | C<br>10 – 20 | D<br>21 – 30 | E<br>> 30 |
| Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> CAL) | 10  | 11 [16]                  | 35 [33]    | 42 [36]      | 9 [10]       | 3 [6]     |
| Kali (K <sub>2</sub> O CAL)                  | 18  | 4 [7]                    | 16 [24]    | 38 [40]      | 24 [16]      | 18 [13]   |
| Magnesium (Mg CaCl <sub>2</sub> )            | 24  | <1 [1]                   | 4 [8]      | 34 [37]      | 37 [29]      | 26 [26]   |

Hinweis: 161 Untersuchungen aus Monitoringflächen; [436.207 Bodenuntersuchungen (2010-2015) bei P, K; 17.350 bei Mg (LfL, 2016)]

▢ Tabelle 1: Ergebnisse der Bodenuntersuchung der Monitoringflächen sowie bayerischer Grünlandflächen [ ]

war (Tabelle 2). In diesem Zusammenhang sollte an dieser Stelle erwähnt werden, dass das Kalium-Ion aufgrund seiner geringen Bindungsstärke und seiner kleinen Hydrathülle sehr rasch von der Pflanze aufgenommen und transportiert wird (Amberger, 1996).

In Tabelle 3 sind die Kaliumgehalte aller Aufwüchse definierten Gehaltsklassen zugeordnet. Die hierbei getroffene Einteilung basiert auf folgenden Überlegungen: Amberger (1996) vermerkt u. a., dass junge, stoffwechselaktive vegetative Pflanzenteile kaliumreicher als ältere sind, Konzentrationen unter 15 g K/kg TM auf einen Mangel in der Pflanze hinweisen, jedoch die Kaliumgehalte durch Düngung bis hin zum Luxuskonsum erhöht werden können. Letzterer dürfte pflanzenbaulich bei Gehalten ab rund 30 g K/kg TM vorliegen, während 20 g K/kg TM als ein Schwellenwert von niedriger zu optimaler Versorgung anzusehen ist (Finck 1979, zit. bei VOIGTLÄNDER und JAKOB 1987; GREINER ET AL. 2010). Aus Sicht der Tierernährung wären in der Gesamtfuttermischung für Milchkühe nur Kaliumgehalte von 10 g/kg TM erforderlich (LfL 2015, Gruber Futterwerttabelle). Nach Schuster (LfL, pers. Mitteilung 2015) wären Werte in Grünlandaufwüchsen von ca. 25 g K/kg TM „ein guter Kompromiss zwischen Pflanzen- und Tierernährung“, jedoch sind Kaliumkonzentrationen über 30 g K/kg TM aus Gründen der Tiergesundheit unerwünscht.

Bei mittel- bis hochintensiv geschnittenem Wirtschaftsgrünland mit drei bis sechs Schnitten pro Jahr wurden nur in sehr wenigen Fällen – insgesamt waren es 12 Prozent der

dort genommenen Proben – Kaliumgehalte unter 20 g/kg TM gemessen. Bezieht man neben pflanzenphysiologischen auch Aspekte der Tierernährung mit ein, so deuten die Untersuchungen auf eine starke Überversorgung des jung geernteten Grünlandfutters mit Kalium hin. Diese Tendenz nimmt mit ansteigender Nutzungsintensität zu. So liegt der Anteil von Proben mit sehr hohen Kaliumgehalten (> 30 g K/kg TM) bei Dreischnitt-Wiesen noch bei 30 Prozent, dagegen bei fünfmal pro Jahr geschnittenen Grünlandbeständen bei etwas über 60 Prozent. Insgesamt wiesen bei mittel- bis hochintensiv geschnittenem Wirtschaftsgrünland, also Flächen mit drei bis sechs Schnitten pro Jahr, 51 Prozent der genommenen Aufwüchse Kaliumgehalte von über 30 Gramm pro Kilogramm Trockenmasse auf.

Generell zeigen die mittleren Kaliumgehalte im Jahresverlauf eine ausgeprägte Dynamik mit einem Maximum beim letzten Aufwuchs und einem Minimum im zweiten bzw. dritten Aufwuchs bei Wiesen mit drei und mehr Schnitten pro Jahr (Tabelle 4).

Insgesamt deutet sich beim Kalium eine große Diskrepanz zwischen gewünschten pflanzenbaulichen bzw. tierischen Bedarfswerten und den in den Proben gemessenen Kaliumgehalten an. Diese Diskrepanz wird auch bei der Betrachtung der mittleren Konzentrationen bei einzelnen Nutzungsintensitäten sowie im Jahresverlauf (Tabelle 4) deutlich. Die mittleren Kaliumgehalte steigen von niedriger zu hoher Intensität signifikant an. Dabei erreichen die mittleren Kaliumgehalte bis auf die Einschnitt-Wiesen stets Werte über

|  | Einheit<br>(n) | Schnitte pro Jahr |            |            |                |
|--|----------------|-------------------|------------|------------|----------------|
|  |                | 1 – 2<br>(80)     | 3<br>(131) | 4<br>(176) | 5 – 6<br>(150) |
| pH-Wert CaCl <sub>2</sub>                    | –              | 6,0               | 6,0        | 5,9        | 5,8            |
| Humusgehalt                                  | % Boden        | 7,0               | 7,4        | 7,5        | 7,9            |
| Gesamt-N                                     | % Boden        | 0,36              | 0,41       | 0,41       | 0,42           |
| Phosphat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> CAL) | mg/100 g Boden | 5                 | 9          | 12         | 12             |
| Kali (K <sub>2</sub> O CAL)                  | mg/100 g Boden | 10                | 17         | 19         | 22             |
| Magnesium (Mg CaCl <sub>2</sub> )            | mg/100 g Boden | 16                | 24         | 26         | 24             |

Hinweis zur Zuordnung: Die Zahl (n) bedeutet, wieviel Jahresernten in dieser Klasse insgesamt enthalten sind. Entsprechend der konkreten Nutzungsintensität einer Fläche in einem Futterjahr wurden die Bodenuntersuchungsergebnisse der Fläche stets der jeweiligen Nutzungsintensitätsstufe zugeordnet. Liegen zum Beispiel von einer Fläche sechs Jahresernten vor, davon eine mit drei, drei mit vier und zwei mit fünf Schnitten pro Jahr, so geht das (einmal ermittelte) Bodenuntersuchungsergebnis entsprechend oft in die jeweilige Nutzungsintensitätsstufe ein.

▢ Tabelle 2: Ergebnisse der Bodenuntersuchung (0 – 10 cm Tiefe; jeweils Median) nach Nutzungsintensitätsstufen

| Nutzungsintensität (Schnitte a-1) | Proben (n) | Anteil in Prozent (gerundet) der Proben je Intensitätsstufe |                           |                               |                     |
|-----------------------------------|------------|---|---------------------------|-------------------------------|---------------------|
|                                   |            | Kalium-Gehalt (g K/kg TM)                                   |                           |                               |                     |
|                                   |            | < 15<br><i>Mangel</i>                                       | 15 – 20<br><i>niedrig</i> | > 20 – ≤ 30<br><i>optimal</i> | ≥ 30<br><i>hoch</i> |
| 1                                 | 16         | 25  | 50                        | 19                            | 6                   |
| 2                                 | 121        | 16  | 31                        | 41                            | 12                  |
| 3                                 | 388        | 5   | 19                        | 45                            | 30                  |
| 4                                 | 692        | 3   | 9                         | 39                            | 48                  |
| 5                                 | 609        | 2   | 5                         | 33                            | 61                  |
| 6                                 | 167        | 1   | 2                         | 26                            | 72                  |
| <b>Mittel</b>                     | -          | <b>4</b>  | <b>11</b>                 | <b>37</b>                     | <b>48</b>           |
| (n)                               | (1993)     | (79)  | (216)                     | (741)                         | (957)               |

▢ Tabelle 3: Eingruppierung der Kalium-Gehalte (alle Aufwüchse) nach Nutzungsintensität

20 g K/kg TM. Sie liegen ab dem Vierschnittbereich speziell bei den im Frühjahr und ab dem Spätsommer geernteten Schnitten sogar häufig deutlich über 30 g K/kg TM. Als Ursachen für die hohen Kaliumgehalte in den Pflanzen werden neben geogenen Faktoren und einer hohen Nutzungsintensität, also der Ernte von jungem, blattreichem Futter, auch ein oft hohes Niveau der organischen und evtl. auch der mineralischen K-Düngung vermutet.

Ein gewisser Einfluss der Grünlandregion zeigte sich insofern, weil die mittleren Kaliumgehalte von Wiesen mit drei- und viermaliger Nutzung im östlichen Mittelgebirgsraum (kalireiches Ausgangsmaterial wie Granitgestein) deutlich höher lagen als im Voralpenland, in den südlichen Hügelländern und in den sommertrockenen Lagen. Ebenfalls wiesen bei diesem Intensitätsbereich kräuterreiche Wiesen im Mittel höhere Kaliumgehalte auf als Weidelgras- bzw. Wiesenfuchsschwanzwiesen.

### Magnesium

Sowohl die gesamt-bayerischen Bodenproben-Ergebnisse als auch die der Monitoringflächen zeigen bei Magnesium eine noch höhere Bodenversorgung als beim Kali (*Tabelle 1*); es liegen weit über 90 Prozent der Werte in den Gehaltsklassen C, D und E. Auch bei extensiv genutzten Wiesen lag der mittlere Magnesiumgehalt mit 16 mg Mg/100 g Boden im mittleren Bereich der Gehaltsklasse C und erreichte bei Wiesen mit höherer Nutzungsintensität sogar den mittleren Bereich der Gehaltsklasse D (*Tabelle 2*).

Die in Tabelle 5 vorgenommene Einteilung der Magnesiumgehalte der Grünland-Aufwüchse basiert auf folgenden Kriterien: Nach AMBERGER (1996) deuten Mg-Gehalte unter 2,0 g/kg TM in grünen Pflanzenteilen auf Mangel hin. In der Gesamtration für Milchkühe sind 1,5 g Mg/kg TM erforderlich (Lfl 2015, Gruber Futterwerttabelle). Um diese Gehalte bei Rationen mit einem höheren Mais-Getreideanteil

| Aufwuchs           | Nutzungsintensität (Schnitte a <sup>-1</sup> ) |                   |             |                   |             |                   |             |                   |             |                   |             |                   |
|--------------------|--|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
|                    | 1  |                   | 2           |                   | 3           |                   | 4           |                   | 5           |                   | 6           |                   |
| 1.                 | 18,3   | ± 5,0             | 20,7        | ± 6,0             | 26,2        | ± 7,8             | 30,7        | ± 7,4             | 33,3        | ± 9,1             | 34,4        | ± 8,3             |
| 2.                 |  |                   | 23,5        | ± 8,8             | 25,7        | ± 7,9             | 27,7        | ± 7,1             | 31,8        | ± 7,6             | 38,2        | ± 9,8             |
| 3.                 |  |                   |             |                   | 27,9        | ± 10,1            | 28,5        | ± 8,3             | 30,2        | ± 8,3             | 31,5        | ± 7,1             |
| 4.                 |  |                   |             |                   |             |                   | 31,2        | ± 8,9             | 32,8        | ± 8,8             | 35,0        | ± 8,8             |
| 5.                 |  |                   |             |                   |             |                   |             |                   | 34,5        | ± 9,1             | 34,5        | ± 9,9             |
| 6.                 |  |                   |             |                   |             |                   |             |                   |             |                   | 39,7        | ± 10,7            |
| Δ <sub>A,1-6</sub> | -  |                   | 2,8         |                   | 2,2         |                   | 3,5         |                   | 4,3         |                   | 8,2         |                   |
| Ø                  | <b>18,3</b>                                    | ± 5,0<br><b>f</b> | <b>21,1</b> | ± 6,7<br><b>e</b> | <b>26,0</b> | ± 6,8<br><b>d</b> | <b>29,0</b> | ± 6,4<br><b>c</b> | <b>32,3</b> | ± 6,1<br><b>b</b> | <b>34,9</b> | ± 6,7<br><b>a</b> |
| n <sup>2)</sup>    | 18   |                   | 62          |                   | 131         |                   | 176         |                   | 122         |                   | 28          |                   |

<sup>1)</sup> Unterschiedliche Buchstaben unter der Standardabweichung bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Nutzungsintensitätsstufen (SNK-Test bei α=0,05). Im Bereich Mittelwert ± s liegen 68 Prozent der Werte.

<sup>2)</sup> Anzahl (n) bedeutet die Anzahl der vollständigen Schnittpflanzen, so lagen z. B. bei Vierschnittwiesen 176 vollständige Ertragsmessungen im sechsjährigen Untersuchungszeitraum (2009 – 2014) vor.

▢ Tabelle 4: Kalium-Gehalte [in g K/kg Trockenmasse (TM)] im Jahresverlauf und im nach Ertragsanteil der Aufwüchse gewichteten Jahresmittel bei unterschiedlicher Nutzungsintensität des Grünlands (Mittel 2009 – 2014; ± Standardabweichung <sup>1)</sup>)

| Nutzungsintensität (Schnitte a <sup>-1</sup> ) | Proben (n) | Anteil in Prozent (gerundet) der Proben je Intensitätsstufe |  |                              |
|--|------------|---|--|------------------------------|
|  |            | Magnesium-Gehalt (g Mg/kg TM)                               |  |                              |
|  |            | ≤ 2,0<br><i>Mangel</i>                                      | > 2,0 – ≤ 2,5<br><i>mittel-optimal</i> | > 2,5<br><i>optimal-hoch</i> |
| 1  | 18         | 50  | 17                                     | 33                           |
| 2  | 122        | 17  | 21                                     | 61                           |
| 3  | 390        | 20  | 25                                     | 56                           |
| 4  | 694        | 15  | 21                                     | 64                           |
| 5  | 609        | 14  | 26                                     | 60                           |
| 6  | 166        | 10  | 26                                     | 64                           |
| <b>Mittel</b>                                  | –          | <b>15</b>   | <b>24</b>                              | <b>61</b>                    |
| (n)  | (1999)     | (308)   | (474)                                  | (1217)                       |

□ Tabelle 5: Eingruppierung der Magnesium-Gehalte (alle Aufwüchse) nach Nutzungsintensität

zu sichern, sollten Grünlandaufwüchse Gehalte von mindestens 2,5 g Mg/kg TM aufweisen (Schuster, LfL, pers. Mitteilung). AMBERGER (1996) nennt mindestens 2 mg Mg/kg im Futter als notwendig, VOIGTLÄNDER und JACOB (1987) geben an, dass im Grünland Gehalte von 2,0-2,5 g Mg/kg TM in der Rinderfütterung vorteilhaft sind, um Weidetetanie vorzubeugen, da bei hohen Protein- und Kaliumgehalten Magnesium im jungem Futter vom Tier schlechter verwertet wird als in älteren Aufwüchsen.

Aus Tabelle 5 geht hervor, dass ab zwei Nutzungen pro Jahr die Magnesiumwerte bei rund 80-90 Prozent der Proben über 2,0 g Mg/kg TM liegen, dabei werden meistens sogar Werte über 2,5 g Mg/kg TM erreicht. Damit sind die Magnesiumgehalte in den Grünschnitten nach oben genannten Kriterien überwiegend als optimal-hoch einzustufen.

Damit lässt sich feststellen, dass beim Kalium und beim Magnesium sowohl im Boden als auch in den Pflanzen meist hohe Gehalte gemessen wurden. Dagegen stehen beim Phosphor die hier gemessenen weitestgehend optimalen bis hohen P-Gehalte in den Aufwüchsen (DIEPOLDER und

RASCHBACHER, 2016) in einem gewissen Gegensatz zu den Ergebnissen der Bodenanalyse (Tabelle 1).

Im Gegensatz zu den Kaliumgehalten (siehe oben) sowie zu den Stickstoff- bzw. Rohprotein-, Phosphor- und Schwefelgehalten (siehe SUB 9-10/2016, 11-12/2016 und 2-3/2017) hatte offensichtlich beim Magnesium die Nutzungsintensität keinen so deutlich gerichteten Einfluss auf die Verteilung der Gehaltsklassen (Tabelle 5) und auch keinen Einfluss auf die durchschnittlichen Jahresmittelwerte (Tabelle 6). Eine gewisse Ausnahme bilden einschnittige Wiesen, wobei hier allerdings nur wenige Proben vorlagen. Im Jahresverlauf liegen die Magnesiumgehalte in der zweiten Vegetationshälfte deutlich höher als bei den Aufwüchsen im Frühjahr bzw. Frühsommer (Tabelle 6).

Nach AMBERGER (1996) ist die Aufnahme von Magnesium-Ionen durch die Pflanze und der Magnesium-Gehalt in der Pflanze geringer als der von Kalium, und es wird die Aufnahme von Magnesium weit mehr als bei anderen Ionen durch Antagonismus mit ein- und zweiwertigen Kationen beeinträchtigt, was in der Praxis öfters zu

| Aufwuchs            | Nutzungsintensität (Schnitte a <sup>-1</sup> ) |                    |             |                    |             |                    |             |                    |             |                    |             |                    |
|---------------------|--|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|
|                     | 1  |                    | 2           |                    | 3           |                    | 4           |                    | 5           |                    | 6           |                    |
| 1.                  | 2,79   | ± 1,45             | 2,50        | ± 0,76             | 2,20        | ± 0,52             | 2,33        | ± 0,66             | 2,23        | ± 0,67             | 2,19        | ± 0,55             |
| 2.                  |  |                    | 3,43        | ± 0,98             | 2,78        | ± 0,73             | 2,83        | ± 0,79             | 2,65        | ± 0,72             | 2,88        | ± 0,74             |
| 3.                  |  |                    |             |                    | 3,27        | ± 1,04             | 3,35        | ± 1,06             | 3,07        | ± 0,76             | 2,82        | ± 0,73             |
| 4.                  |  |                    |             |                    |             |                    | 3,41        | ± 1,06             | 3,23        | ± 0,82             | 3,30        | ± 0,88             |
| 5.                  |  |                    |             |                    |             |                    |             |                    | 3,33        | ± 1,05             | 3,35        | ± 0,86             |
| 6.                  |  |                    |             |                    |             |                    |             |                    |             |                    | 3,15        | ± 0,76             |
| Δ <sub>A. 1-6</sub> | -  |                    | 0,93        |                    | 1,07        |                    | 1,08        |                    | 1,10        |                    | 1,16        |                    |
| Ø                   | <b>2,79</b>                                    | ± 1,45<br><b>a</b> | <b>2,78</b> | ± 0,79<br><b>a</b> | <b>2,61</b> | ± 0,61<br><b>a</b> | <b>2,83</b> | ± 0,68<br><b>a</b> | <b>2,80</b> | ± 0,56<br><b>a</b> | <b>2,82</b> | ± 0,45<br><b>a</b> |
| n                   | 16   |                    | 62          |                    | 131         |                    | 176         |                    | 122         |                    | 28          |                    |

□ Tabelle 6: Magnesium-Gehalte [in g Mg/kg Trockenmasse (TM)] im Jahresverlauf und im nach Ertragsanteil der Aufwüchse gewichteten Jahresmittel bei unterschiedlicher Nutzungsintensität des Grünlands (Mittel 2009 – 2014; ± Standardabweichung)

| Nutzungsintensität (Schnitte a <sup>-1</sup> ) | Proben (n) | Anteil in Prozent (gerundet) der Proben je Intensitätsstufe |             |                    |           |
|--|------------|---|-------------|--------------------|-----------|
|  |            | Natrium-Gehalt (g Na/kg TM)                                 |             |                    |           |
|  |            | ≤ 0,5   | > 0,5 – 1,0 | > 1,0 – 1,5        | > 1,5     |
|  |            | <i>Sehr niedrig bis niedrig (Aspekt Tier)</i>               |             | <i>Ziel Futter</i> |           |
| 1  | 13         | 92  | 8           | 0                  | 0         |
| 2  | 96         | 74  | 16          | 8                  | 2         |
| 3  | 299        | 56  | 20          | 10                 | 14        |
| 4  | 541        | 49  | 21          | 8                  | 22        |
| 5  | 480        | 59  | 18          | 7                  | 17        |
| 6  | 113        | 43  | 27          | 6                  | 23        |
| <b>Mittel</b>                                  | –          | <b>55</b>   | <b>20</b>   | <b>8</b>           | <b>18</b> |
| (n)  | (1542)     | (844)   | (305)       | (122)              | (271)     |

▭ Tabelle 7: Eingruppierung der Natrium-Gehalte (alle Aufwüchse) nach Nutzungsintensität

Mangelercheinungen führen kann. Interessant ist bei dem vorliegenden Datenmaterial jedoch, dass in den Proben trotz einer offensichtlich sehr hohen Kaliumversorgung kaum Magnesiummangel festzustellen war bzw. keine negative Korrelation zwischen beiden Nährstoffen auftrat (HEINZ ET AL., 2016).

Hinsichtlich einer Differenzierung nach Grünlandregionen zeigte sich nur im Vierschnittbereich ein etwas höherer Magnesiumgehalt der östlichen Mittelgebirge und – abgeschwächt – des Voralpenraums gegenüber den südlichen Hügelländern und den sommertrockenen Lagen. Dagegen konnte in den Untersuchungen – im Gegensatz zum Kalium

– bei keiner Intensitätsstufe eine signifikante Differenzierung zwischen unterschiedlichen Wiesentypen abgeleitet werden.

### Natrium

Aus der Literatur ist bekannt, dass Natrium zwar für Säugetiere lebensnotwendig ist, jedoch seine Wirksamkeit bzw. Notwendigkeit als Mikroelement bzw. förderliches Element für den Pflanzenertrag nur für wenige Familien und Gattungen (z. B. bestimmte Halophyten, C4-Pflanzen, sukkulente CAM-Pflanzen) nachgewiesen worden ist, bzw. für C3-Pflanzen Natrium als nicht essentiell gilt (AMBERGER, 1996;

| Aufwuchs         | Nutzungsintensität (Schnitte a <sup>-1</sup> ) |                       |                       |                       |                       |                       |
|------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                  | 1  | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     |
| 1.               | 0,35<br>(0,18 – 0,39)                          | 0,28<br>(0,14 – 0,54) | 0,32<br>(0,14 – 0,73) | 0,41<br>(0,20 – 0,78) | 0,26<br>(0,14 – 0,51) | 0,43<br>(0,17 – 0,77) |
| 2.               |  | 0,29<br>(0,13 – 0,47) | 0,39<br>(0,15 – 0,85) | 0,49<br>(0,19 – 1,19) | 0,35<br>(0,15 – 0,76) | 0,65<br>(0,24 – 1,28) |
| 3.               |  |                       | 0,61<br>(0,25 – 1,39) | 0,57<br>(0,27 – 1,58) | 0,35<br>(0,15 – 0,86) | 0,45<br>(0,25 – 0,93) |
| 4.               |  |                       |                       | 0,72<br>(0,37 – 1,78) | 0,58<br>(0,23 – 1,02) | 0,59<br>(0,11 – 1,64) |
| 5.               |  |                       |                       |                       | 0,58<br>(0,26 – 1,45) | 0,91<br>(0,40 – 2,31) |
| 6.               |  |                       |                       |                       |                       | 0,62<br>(0,26 – 1,74) |
| $\Delta_{A.1-6}$ | –  | 0,01                  | 0,29                  | 0,31                  | 0,32                  | 0,48                  |
| <b>Median</b>    | <b>0,35</b>                                    | <b>0,32</b>           | <b>0,45</b>           | <b>0,62</b>           | <b>0,44</b>           | <b>0,69</b>           |
| Arithm. Mittel   | 0,32 b   | 0,42 ab               | 0,69 ab               | 0,96 a                | 0,85 a                | 0,91 a                |
| (n)              | (13)   | (48)                  | (100)                 | (135)                 | (96)                  | (19)                  |

▭ Tabelle 8: Natrium-Gehalte [in g Na/kg Trockenmasse (TM)] im Jahresverlauf und im nach Ertragsanteil der Aufwüchse gewichteten Jahresmittel bei unterschiedlicher Nutzungsintensität des Grünlands

Bei Aufwüchsen Median 2009 – 2014 und ( ) 50 Prozent-Quantile; beim gewichteten Jahresmittel 2009 – 2014 Median und arithmetisches Mittel; zur weiteren Erläuterung siehe Fließtext

VOIGTLÄNDER und JACOB, 1987). Somit beziehen sich die nachstehend (bzw. in Tabelle 7 und 8) aufgeführten und diskutieren „Zielwerte“ ausschließlich auf Fütterungsaspekte, gleiches gilt für das Na/K-Verhältnis (Tabelle 9).

Ebenfalls ist aus der Literatur bekannt, dass prinzipiell der Na-Gehalt im Futter durch Na-haltige Dünger erhöht werden kann (DIEPOLDER und RASCHBACHER, 2013), wobei allerdings der Grad der möglichen Anreicherung von der Zusammensetzung des Pflanzenbestandes – förderlich sind in erster Linie weidelgrasreiche Bestände – und dem Kationenverhältnis in der Bodenlösung abhängen (VOIGTLÄNDER und JACOB 1987). Hohe Kalzium- und Kaliumgehalte des Bodens erschweren die Natriumaufnahme (VOIGTLÄNDER und JACOB 1987). Meist ist aufgrund (sehr) geringer Na-Gehalte im Grünlandfutter eine Ergänzung mit Viehsalz (NaCl) notwendig, dabei kann jedoch die Salzmenge nicht unbegrenzt erhöht werden. Deshalb ist im hohen Leistungsbereich in der Milchviehhaltung Natrium in Grasprodukten durchaus erwünscht (LfL, Schuster, pers. Mitteilung).

In Tabelle 7 wurden als „Ziel Futter“ Gehalte über 1,5 g Na/kg TM gewählt. Dies deshalb, weil die Gesamtration für Milchkühe ca. 1,5 g Na/kg TM (LfL 2015, Gruber Futterwerttabelle) und nach weiteren Literaturangaben (AMBERGER, 1996; VOIGTLÄNDER und JACOB, 1987) das wirtschaftseigene Futter „Mindestwerte“ in einer Größenordnung ab rund 1,5-2,2 g Na/kg TM enthalten sollte.

Aus Tabelle 7 geht hervor, dass der aus Sicht der Tierernährung wünschenswerte Mindestgehalt von über 1,5 g Na/kg TM in den meisten Fällen nicht erreicht wird; nur 18 Prozent des gesamten Probenmaterials überschreiten diesen Schwellenwert. Selbst bei Grünlandbeständen mit drei und mehr Schnitten pro Jahr werden nur bei 14 bis 23 Prozent der Proben Gehalte über 1,5 g Na/kg TM erzielt. Bei mehr als der Hälfte aller im Monitoring untersuchten Proben werden Natriumgehalte von 0,5 g Na/kg TM nicht überschritten, da-

gegen weist insgesamt nur rund ein Viertel der Proben Natriumkonzentrationen von über 1,0 g Na/kg TM auf.

In Tabelle 8 sind die mittleren Natriumgehalte der Aufwüchse im Jahresverlauf bei unterschiedlichen Nutzungsintensitätsstufen des Grünlands angegeben. Hierbei sind im Gegensatz zu den vorgenannten Nährstoffen jedoch nicht die arithmetischen Mittel (Durchschnitt) und die Standardabweichung, sondern der Median und der Bereich, in welchem 50 Prozent der Einzelwerte (50 Prozent-Quantile) lagen, ausgewiesen. Dies deshalb, weil beim Natrium die Einzelwerte in einem weitaus größeren Maß als bei den anderen Mineralstoffen streuten. Zudem streuten die Einzelwerte nicht gleichmäßig um den Mittelwert, so dass die arithmetischen Mittelwerte durch stark nach oben abweichende Einzelwerte verzerrt werden und meist deutlich höher als der hier aussagekräftigere mittlere Wert (Median) liegen (vergleiche Tabelle 8, unten).

Im Gegensatz zu den Kalium- und Magnesiumgehalten liegen die mittleren Natriumwerte im Grünlandfutter (Tabelle 8) deutlich unter den Orientierungswerten der Milchviehfütterung und bestätigen den für dieses Element bekannten Ergänzungsbedarf über Mineralfutter (Viehsalz).

Im Falle einer drei- bis fünfmaligen Schnittnutzung weisen die Spätsommer- und Herbstaufwüchse höhere Natriumgehalte als die Frühjahrs- bzw. Frühsommernaufwüchse auf. Bei den Erstaufwüchsen liegen bei allen Nutzungsintensitäten die Natriumgehalte am niedrigsten.

Deuteten sich beim Kalium- und Magnesiumgehalt zumindest teilweise signifikante regionale Einflüsse an, so traf dies beim Natriumgehalt nicht zu. Dagegen zeigte sich ein deutlicher Einfluss des Wiesentyps. So lagen die durchschnittlichen Natriumgehalte bei weidelgrasreichen Wiesen mit rund 1,3 bis 1,5 g Na/kg TM deutlich höher als bei anderen Wiesentypen, wo Durchschnittsgehalte von nur rund 0,4 bis 0,75 g Na/kg TM erzielt wurden.

| Nutzungsintensität (Schnitte a <sup>-1</sup> ) | Proben (n) | Anteil in Prozent (gerundet) der Proben je Intensitätsstufe |               |                                     |           |
|--|------------|---|---------------|-------------------------------------|-----------|
|  |            | K:Na-Verhältnis   |               |                                     |           |
|  |            | ≤ 10:1  | 10:1 – ≤ 25:1 | > 25:1 – ≤ 50:1                     | > 50:1    |
|  |            | Für Tierernährung: optimal-akzeptabel                       |               | Für Tierernährung: Unerwünscht weit |           |
| 1  | 12         | 0   | 0             | 42                                  | 58        |
| 2  | 96         | 2   | 11            | 24                                  | 63        |
| 3  | 296        | 8   | 18            | 16                                  | 58        |
| 4  | 539        | 12  | 16            | 18                                  | 55        |
| 5  | 480        | 8   | 12            | 15                                  | 65        |
| 6  | 113        | 7   | 17            | 19                                  | 58        |
| <b>Mittel</b>                                  | –          | <b>9</b>  | <b>15</b>     | <b>17</b>                           | <b>59</b> |
| (n)  | (1 536)    | (136)   | (227)         | (265)                               | (908)     |

□ Tabelle 9: Eingruppierung der Kalium:Natrium-Verhältnisse (alle Aufwüchse) nach Nutzungsintensität

### Das Verhältnis von Natrium zu Kalium

Um bei begrenztem Aufnahmevermögen an Grobfutter und wegen des K:Na-Antagonismus bei der Resorption eine ausreichende Na-Aufnahme hochleistender Tiere zu sichern, wäre aus tierphysiologischen Aspekten ein K:Na-Verhältnis im Grünlandfutter von 10:1 optimal. Dies wird in der Praxis aber kaum erreicht (Schuster, LfL, pers. Mitteilung), was auch die Monitoringdaten belegen (Tabelle 9).

Hingegen gilt ein Verhältnis von deutlich über 25:1 als unerwünscht, wird aber in Praxisbetrieben oft bei weitem überschritten (Schuster und Rühlicke, pers. Mitteilung). So zeigt Tabelle 9, dass K:Na-Verhältnisse bis 25:1 bei weniger als 25 Prozent des gesamten Probenmaterials gemessen wurden. Besonders auffällig ist jedoch, dass bei allen Nutzungsintensitäten das K:Na-Verhältnis im getrockneten Grüngut bei weit über der Hälfte der Futterproben Werte von 50:1 überschreitet.

Zwischen den in den Proben gefundenen Natrium- und Kaliumgehalten bestand zwar kaum beim Erstaufwuchs, jedoch bei den Folgenschnitten eine negative Korrelation. Diese war zwar nicht sehr eng ( $r = \text{ca. } -0,3 \text{ bis } -0,65$ ), weist aber prinzipiell auf eine aus der Literatur bekannte Ionenkonkurrenz hin.

Insgesamt lassen die Werte in Tabelle 9 in Zusammenhang mit den Kaliumgehalten (siehe hier Tabelle 3 und 4) den Schluss zu, dass sich gerade aus tierphysiologischen Aspekten deutliche Anhaltspunkte für eine weitere Optimierung der Kaliumdüngung im (bayerischen) Grünland ergeben.

### Weitere Anmerkungen und Ausblick

Abschließend sei noch angemerkt, dass Mittelwerte zwar wertvolle Hinweise zur Ableitung von Faustzahlen bzw. von Trends liefern können. Jedoch sind Erträge und Inhaltsstoffe im Einzelfall auch starken Streuungen unterworfen, dies auch bei identischer Nutzungsintensität. (siehe Tabellen 4, 6, 8). Übertragen auf die Praxis bedeutet dies, dass für eine exakte Berechnung von Futtermengen – gerade bei leistungsorientierter Milchviehfütterung – regelmäßige Nährstoffanalysen im Betrieb unverzichtbar bleiben. Gleiches gilt übrigens auch für die Ertragsfeststellung, wobei hier dem Einzelbetrieb erst teilweise praktikable Möglichkeiten zur Verfügung stehen – gerade hier besteht Entwicklungsbedarf, auch in Hinblick auf die fachrechtlich korrekte Kalkulation des Düngebedarfs im Grünland.

### Literatur

AMBERGER, A. (1996): Pflanzenernährung, 4. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.  
DIEPOLDER, M., RASCHBACHER, S. (2013): Wirkung von ergänzender Mineraldüngung im Grünland – Versuchs-

ergebnisse auf zwei bayerischen Grünlandstandorten. „Schule und Beratung“, 6-7/2013. 56-61.

DIEPOLDER, M., RASCHBACHER, S. (2016): Phosphorgehalte von Grünlandaufwüchsen auf bayerischen Praxisflächen. „Schule und Beratung“, 11-12/2016. 34-38.

GREINER, B., SCHUPPENIES, R., HERTWIG, F., HOCHBERG, H., RIEHL, G. (2010): Ergebnisse aus zwölfjährigen Phosphor- und Kaliumdüngungsversuchen auf Grünland. VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 66, Kongressband 2010 Kiel, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 157-158.

HEINZ S., RASCHBACHER S., DIEPOLDER, M., KUHN G. (2016): Erweitertes Ertrags- und Nährstoffmonitoring bayerischer Grünlandflächen. Abschlussbericht an das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, März 2016 (unveröffentlicht), 1-107. Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft. Bisherige Veröffentlichungen aus dem abgeschlossenen Projekt als eigenständige Teilbeiträge in „Schule und Beratung“ 9-10/2016, 11-12/2016, 2-3/2017.

LF, BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2015): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Schafe, Ziegen. 38. Auflage 2015. LfL-Information, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan.

LF, BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2016): Bodenuntersuchung pH-Wert, Phosphat, Kali, Magnesium 2010-2015, Bayern-Übersicht untergliedert nach Regierungsbezirken – Grünland. – <http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/032397/index.php>. Zuletzt aufgerufen 10. Februar 2017.

RIEDER, J.B. (1983): Dauergrünland. BLV-Verlagsgesellschaft München, 191 Seiten.

RIEDER, J.B. (1985): Der Einfluss steigender Düngung und steigender Nutzungshäufigkeit auf Ertrag und Qualität unterschiedlicher Grünlandbestände in Bayern – Bericht über das Versuchsvorhaben. In: Pflanzenbauversuche in Bayern. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (Hsg.), Freising, 67 Seiten.

VOIGTLÄNDER, G., JAKOB, H. (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau. Ulmer Verlag Stuttgart.

### DR. MICHAEL DIEPOLDER

#### SVEN RASCHBACHER

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT  
INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHEN LANDBAU, BODENKULTUR  
UND RESSOURCENSCHUTZ

michael.diepolder@lfl.bayern.de

sven.raschbacher@lfl.bayern.de