Martin H. Gerzabek - Andreas Baumgarten - Monika Tulipan - Sigrid Schwarz

Ist die Nährstoffversorgung der Pflanzen noch ausgewogen?

Eine Analyse aufgrund von Bodenuntersuchungsergebnissen und Langzeitversuchen

1. Einleitung

Die Pflanzennährstoffe gehören mit dem Sonnenlicht, dem Wasser und der Luftversorgung (bzw. Kohlendioxid) zu den wichtigsten Grundlagen des Pflanzenwachstums. Sie sind die Basis der Fähigkeit von Böden Erträge zu erzeugen, also der Produktivität, bzw. Ertragsfähigkeit. Neben Wasser, CO2 und Sonnenenergie benötigen die Pflanzen 14 essentielle Nährelemente, darüber hinaus benötigt Mensch und Tier weitere essentielle Elemente wie Cr(III), Se. J, F, V, Ni, Sn, As und Pb. Das heißt, dass die Nährstoffgehalte des Bodens nicht nur nach dem Pflanzenertrag, sondern auch nach der für Mensch und Tier wichtigen Pflanzenqualität beurteilt werden muss. Dabei steht weniger der Gesamtgehalt an Nährstoffen im Vordergrund, sondern deren pflanzenverfügbarer Anteil. Dieser hängt von zahlreichen Standortfaktoren ab, wie z.B. Ton- und Humusgehalt, pH-Wert, Wasser- und Luftversorgung, mikrobielle Aktivität und anderes mehr. Diese Faktoren bedingen nicht nur den momentan verfügbaren Nährstoffpool, sondern auch die Nachlieferung von Nährstoffen in diesen Pool als Funktion der Zeit. Die Gesamtbilanz der pflanzenverfügbaren Nährstoffe wird gesteuert durch die Zufuhren, wie Deposition, Mobilisierung und Düngung und die Verluste durch Ernte, Auswaschung, Abgasung, Erosion und Immobilisierung. Sowohl die Deposition als auch die Auswaschung von Nährstoffen variiert außerordentlich und ist daher individuell zu betrachten.

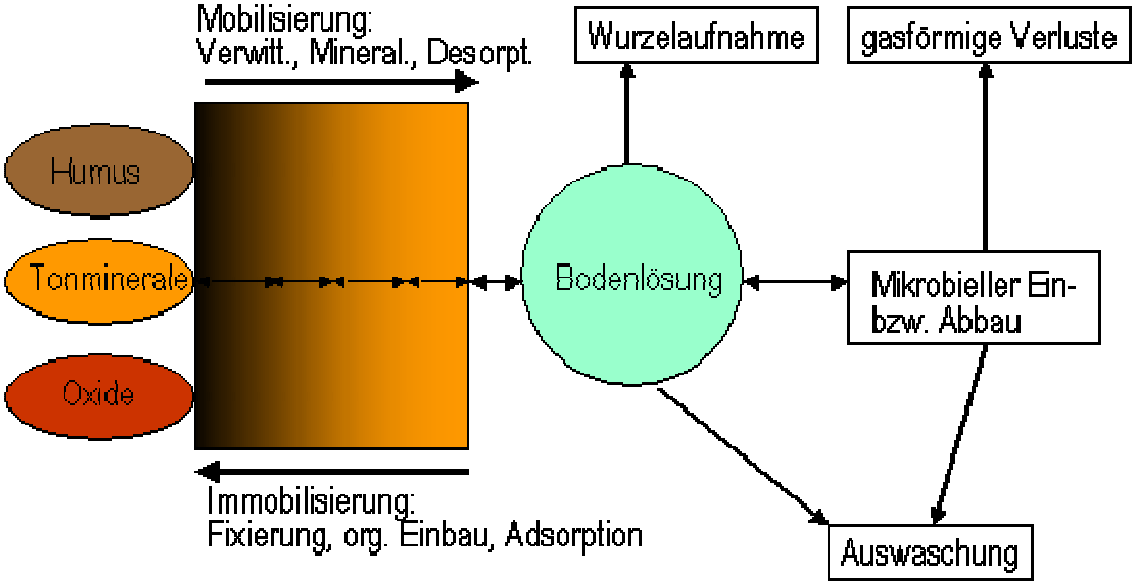

Abbildung 1: **Wichtige Prozesse, die die Nährstoffverfügbarkeit im Boden beeinflussen**

2. Aktuelle Entwicklungen in der mineralischen Düngung und in den Bodengehalten

In Österreich lassen die pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche ausgebrachten Reinnährstoffmengen seit dem 2. Weltkrieg zwei Maxima erkennen, eines vor der ersten Energiekrise Anfang der Siebzigerjahre des vorigen Jahrhunderts und eines am Anfang der Achtzigerjahre. Danach kam es zu einer steten Abnahme der Düngemengen. Jetzt halten wir etwa am Niveau der späten Fünfzigerjahre. Wurden etwa 1965 im Mittel noch 47 kg P_2O_5 pro Hektar ausgebracht, sind es jetzt nur mehr 13 kg, bei K_2O liegen die betreffenden Mengen bei mehr als 50 und 15 kg ha^{-1}. Bei N lag der Höchstwert Anfang der 80er Jahre bei über 60 kg und 2000 bei 36 kg.

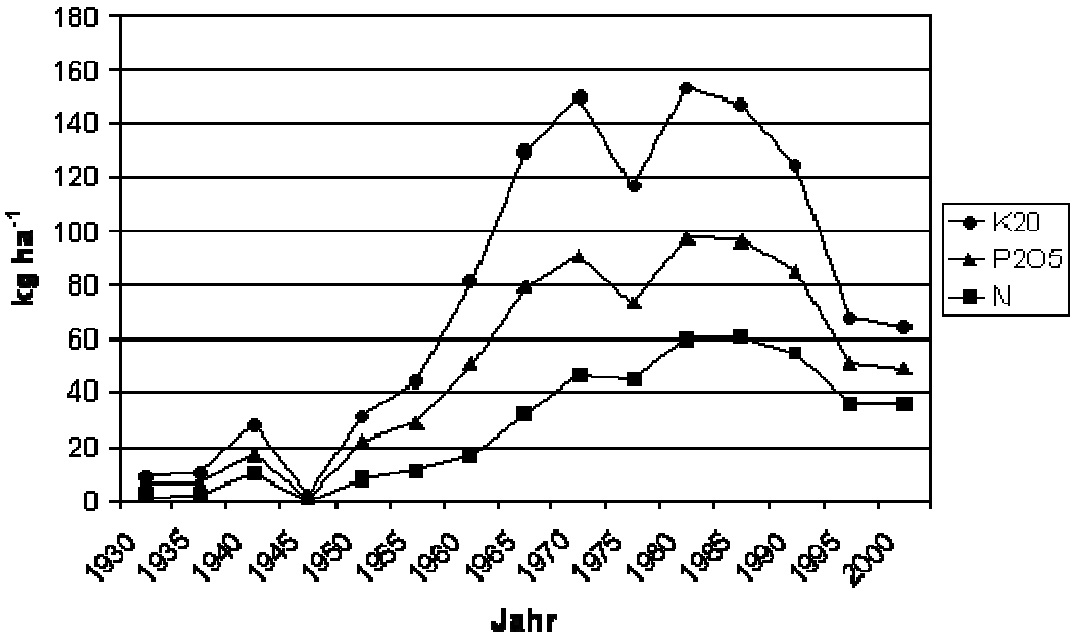

Abbildung 2: **Entwicklung des mineralischen Düngemittelaufkommens in Österreich** (basierend auf den Grünen Berichten des BMLFUW)

Betrachtet man die Ergebnisse der zumeist in den 90er Jahren durchgeführten Bodenzustandsinventuren (im Bodeninformationssystem BORIS des Umweltbundesamtes) und konzentriert man sich auf die „pflanzenverfügbaren“ Kalium- und Phosphorgehalte, so zeigt sich im Falle des Kaliums, dass in den meisten Bundesländern die Versorgung von mehr als 50% der Acker- und Grünlandböden auf einem zumindest ausreichendem Niveau liegt. Im Falle des Phosphors trifft das insbesondere für die Grünlandböden nicht zu. Gerade im Falle der Grünlandböden, die überwiegend Wirtschaftsdünger erhalten, lässt sich dieser Befund allerdings nicht auf die gesunkene Mineraldüngerausbringung zurückführen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Vergleich der Phosphorversorgung (mg P2O5 100 g-1 Boden) in verschiedenen Bundesländern (Quelle: Bodeninformationssystem BORIS des Umweltbundesamtes, gewichtete Mittelwerte (Grünland 0-10 cm, Acker: 0-20 cm) der Basisrasterpunkte der Bodenzustandsinventuren der Bundesländer Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und Tirol). N = 2285

Bundesland	Ackerland		Grünland	
	5%-Perzentil	50%-Perzentil	5%-Perzentil	50%-Perzentil
B	1,10	*7,74*	0,60	4,22
K	1,60	*7,9*	1,63	*6,47*
NÖ	1,80	**13,18**	0,75	3,15
OÖ	3,00	**11,98**	2,00	5,49
St	1,00	*9,49*	1,50	4,00
T	0,92	**14,31**	0,46	2,98

Sehr niedrig; *niedrig*; **ausreichend**

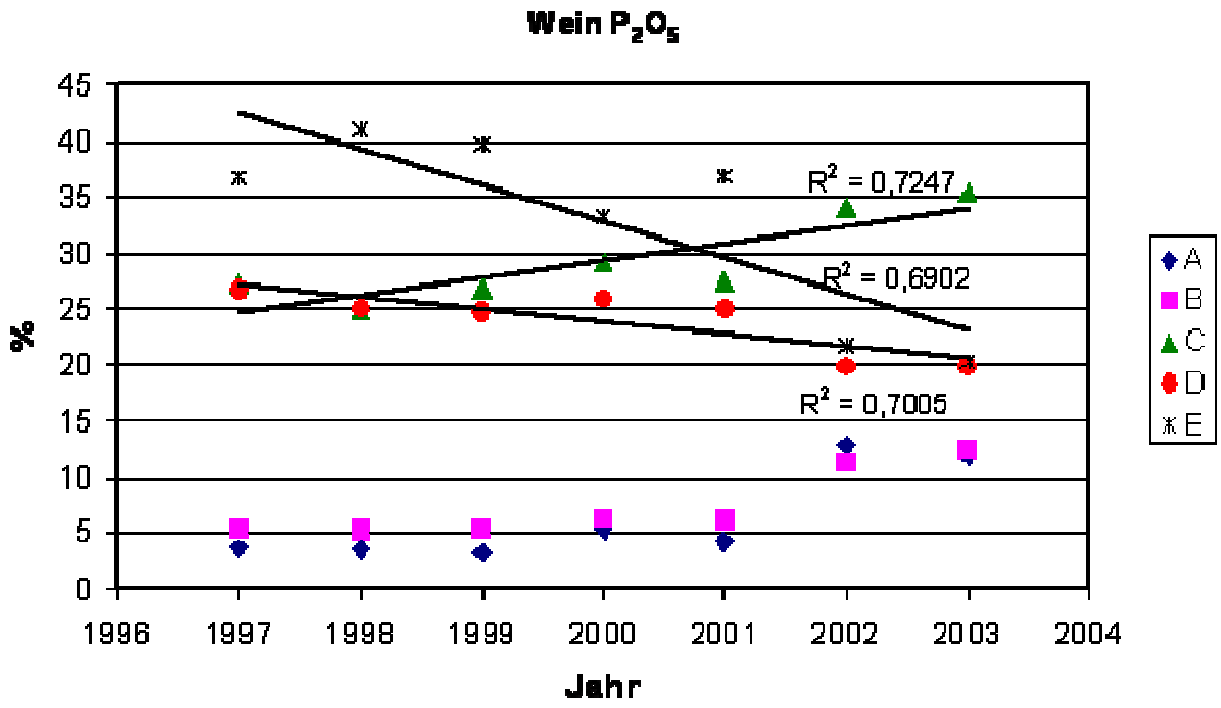

Abbildung 3: **Tendenzen in der Entwicklung der Phosphorversorgung der Weingartenböden Niederösterreichs von 1997 bis 2003. Die Graphik zeigt die prozentuelle Verteilung der untersuchten Bodenproben in den Gehaltsklassen**.

Die Frage der zeitlichen Änderungen der Bodenversorgung mit Makronährstoffen wurde anhand der in NÖ in den Jahren 1997 bis 2003 untersuchten Bodenproben der AGES untersucht. Dabei zeigte sich bei den Ackerböden eine Zunahme der Gehaltsklasse C (ausreichend versorgt) bei Phosphor und eine Abnahme dieser Gehaltsklasse im Falle des Kaliums mit der Zeit. Die Magnesiumgehalte in Ackerböden, sowie die K-, P- und Mg-Gehalte in Grünlandböden zeigten keine signifikanten Tendenzen. In Weingartenböden wurde eine Abnahme der P-Überversorgungsgrade beobachtet, die Gehaltsklasse C

(ausreichend) nahm bei Kalium zu und bei Magnesium ab, in diesem Fall zu Gunsten eines Anstieges der Mg-überversorgten Böden. Die Nährstoffinteraktionen wurden exemplarisch für Kalium und Magnesium anhand eines Probensamples der AGES untersucht. Es zeigte sich, dass die K/Mg-Verhältnisse im Mittel praktisch genau im Optimalbereich zu liegen kommen (0,5 auf $mmol_c$-Basis). Im Einzelnen zeigt sich aber deutlich die Gefahr einer Magnesiumüberversorgung und eines induzierten Kaliummangels bei einer großen Zahl von Standorten.

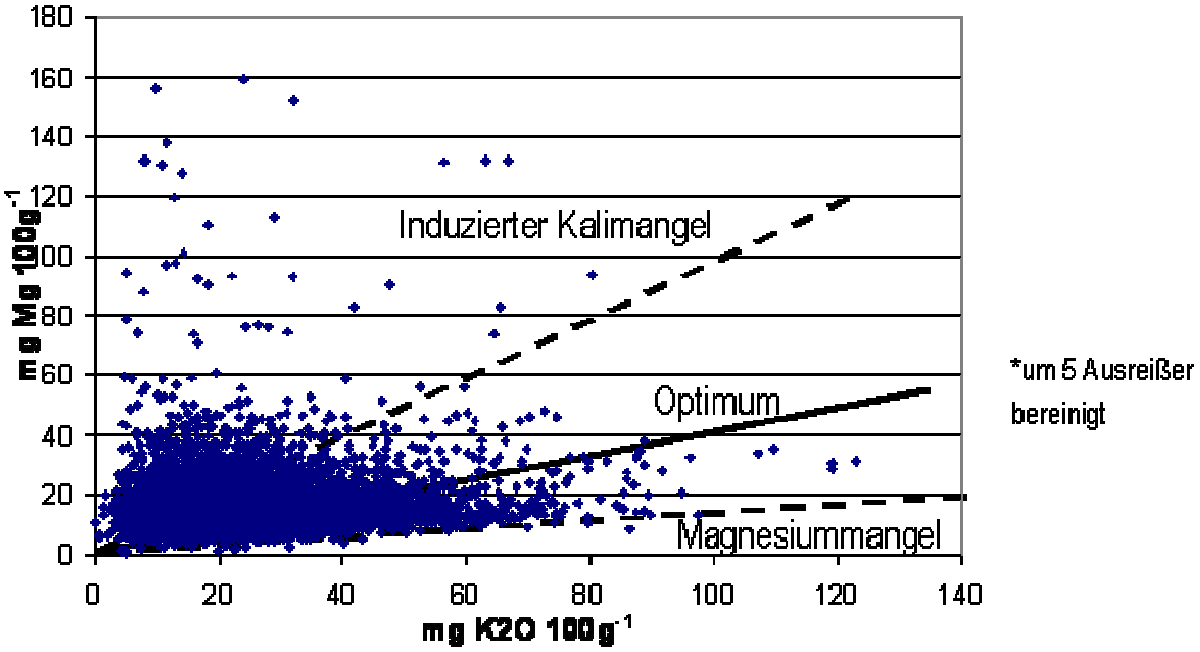

Abbildung 4: **Zusammenhang zwischen Kalium- und Magnesiumversorgung in 7580 Bodenproben aus Niederösterreich und potentielle K- und Mg-Mangelbereiche aufgrund möglicher Wirkungshemmungen.**

(Basis: CAL-Kalium und Mg-Schachtschabel)

3. Exemplarisch - mögliche weitere Problemfelder in der Pflanzenernährung

Während es sich in den intensiv bewirtschafteten Gebieten um Ökosysteme handelt, die durch einen großen Stoffimport und Export (durch die Ausbringung von Düngemitteln und der Abfuhr durch die Ernte) charakterisiert sind, sind naturnähere Bereiche (z.B. Almflächen und Wald) häufig durch einen Mangel an Nährstoffen charakterisiert. Diese „Mangelökosysteme“ behelfen sich dadurch, dass Nährstoffe sehr effizient in einem internen Kreislauf geführt werden. Das bedeutet, dass Nährstoffe, die in abgestorbenen Pflanzenteilen enthalten sind (Laub- und Nadelstreu, abgestorbene Gräser und Kräuter), nach deren Freisetzung in die Bodenlösung rasch wieder von den Pflanzenwurzeln

aufgenommen werden. Dieser Kreislauf kann sich etwa im Falle von Almböden innerhalb weniger cm des obersten Bodenhorizontes abspielen. Die Frage, die sich nun stellt ist, wie solche Ökosysteme mit dem ständigen Eintrag von Stoffen aus der Atmosphäre zurecht kommen und ob dieser Eintrag zu einer Destabilisierung führen kann. Ein prominentes Beispiel dafür ist der Stickstoff. Smidt und Mutsch (1993) geben eine Schwankungsbreite der Stickstoffdeposition von 8 bis 13 kg N ha^{-1} a^{-1} für Regionen oberhalb der klimatischen Waldgrenze der Tiroler Alpen an, was die natürliche N-Nettomineralisation bei weitem übersteigt (Körner 1999). Haunold et al. (1980) zeigte mittels eines ^{15}N-Tracerexperimentes, das in den Jahren 1974 und 1975 im Großglocknermassiv auf 2300 m angelegt wurde, dass der eingebrachte Stickstoff sehr rasch in den obersten Zentimetern des Bodens und in der pflanzlichen Biomasse festgelegt wurde und nach 803 Tagen zwischen 56 und 65% des ausgebrachten Stickstoffs noch immer vorhanden waren. Bei einer Wiederholungsuntersuchung der Versuchsflächen 28 Jahre später zeigte sich, dass im Mittel immer noch 45% des ursprünglich ausgebrachten ^{15}N vorhanden war (Gerzabek et al. 2004) und zwar vor allem in den obersten Bodenhorizonten. Durch Modellrechnungen wurde eine mittlere Aufenthaltsdauer des verbleibenden N mit etwa 95 Jahren abgeschätzt. Die Frage ist nun, was die Konsequenz aus diesem wesentlich über dem natürlichen Background liegendem Stickstoffeintrag im Lichte der offensichtlich enormen Speicherfähigkeit der alpinen Böden dafür – wie auch für andere Elemente - sein könnte.

Ein weiterer wichtiger Pflanzennährstoff, der hier kurz betrachtet werden soll ist der Schwefel. Aufgrund der Abnahme der Schwefeldeposition aus Verbrennungs-Prozessen und dem Rückgang der Verwendung schwefelhältiger Dünger ist in den meisten Fällen bereits mit einer negativen Schwefelbilanz zu rechnen. In einem Langzeitdüngungsversuch in Schweden wurde eine exakte Schwefelbilanz errechnet. Dabei zeigte sich, dass praktisch nur bei organischer Düngung der Schwefelstatus des Bodens gehalten werden konnte, dies aber bei mineralischen Düngungsvarianten und Brache nicht der Fall war (Kirchmann et al., 1996).

Eine weitere Studie befasste sich mit der Frage der Jodversorgung der österreichischen Böden. Diese analytisch aufwändige Studie erbrachte das Ergebnis, dass die österreichischen Böden sichtlich sehr geringe Jodgehalte aufweisen (Shinonaga et al., 2001). Diese liegen im Mittel bei 3,21 mg g^{-1}, bei einem Minimum von 1,08 und einem Maximum von 5,63. Gleichzeitig ist die Pflanzenverfügbarkeit von Jod sehr gering. Es wurden Transferfaktoren von rund 0,0016 für Getreidekörner im Median von 38 Standorten festgestellt. Der Beitrag von Getreide für die Jodversorgung der Bevölkerung ist wahrscheinlich aufgrund dieser Ergebnisse als gering einzustufen.

4. Zusammenfassung

- Die österreichischen Böden sind großteils gut mit Makronährstoffen versorgt.
- Grünlandböden zeigen tendenziell eine Unterversorgung mit Phosphor
- Die Nährstoffversorgung unterliegt (insbesondere in Weingartenböden in NÖ) einer zeitlichen Änderung
- Die Magnesiumgehalte der Böden sind oftmals – verglichen mit den Kaliumgehalten zu hoch (unausgeglichene K/Mg-Verhältnisse)
- Die Schwefelversorgung der Böden ist in Zukunft verstärkt zu beobachten, ebenso die Versorgung mit Mikronährstoffen
- Alpine Böden speichern Stickstoff in einem erhöhten Ausmaß – es stellt sich die Frage der Langzeitstabilität dieser Ökosysteme

5. Literatur

- Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, BMLFUW (2003) Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Weinbau, 1. Auflage, BMLFUW, Wien
- GERZABEK, M.H., G. HABERHAUER, M. STEMMER, S. KLEPSCH and E. HAUNOLD (2004) Fate of nitrogen in an alpine grassland ecosystem. Biogeochemistry, in press.
- HAUNOLD, E., A.GLUDOVATZ UND E. RICHTER (1980) Stickstoffdynamik in einem alpinen Pseudogley unter Curvuletum. In: H. Franz (Ed.) Untersuchungen an alpinen Böden in den Hohen Tauern 1974-1978 - Stoffdynamik und Wasserhaushalt (pp.131-153) Veröffentlichungen des Österreichischen MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern Vol 3, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck
- KIRCHMANN, H., F. PICHLMAYER AND M.H. GERZABEK (1996) Sulfur balances and sulfur-34 abundance in a long-term fertilizer experiment. Soil Science Soc. America J. 60, 174-178
- KÖRNER, C. (1999) Alpine plant life: Functional plant ecology of high mountain ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg
- SHINONAGA, T., M.H. GERZABEK, F. STREBL AND Y. MURAMATSU (2001) Transfer of iodine from soil to cereal grains in agricultural areas of Austria. The Science of the Total Environment 267, 33-40

- SMIDT, S. UND F. MUTSCH (1993) Messungen der nassen Freilanddeposition an alpinen Höhenprofilen. Proceedings of the Intern. Symposium "Stoffeinträge aus der Atmosphäre und Waldbodenbelastung in der Ländern der ARGE ALP und ALPEN ADRIA". GSF-report (Neuherberg – München) 39/93: 21-29

Autoren:

VR Univ.-Prof. DI Dr. Martin H. Gerzabek

Universität für Bodenkultur

Gregor-Mendel-Strasse 33

1180 Wien

E-Mail: martin.gerzabek@boku.ac.at

Dr. Andreas Baumgarten

AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH.

Spargelfeldstrasse 191

1226 Wien

DI Monika Tulipan, DI Sigrid Schwarz

Umweltbundesamt

Spittelauer Lände 5

1090 Wien