

Bestimmende Faktoren des Mg-Haushaltes von Böden in der Bundesrepublik Deutschland

K. H. Papenfuß / E. Schlichting

Institut für Bodenkunde und Standortslehre der Universität (LH) Hohenheim, Stuttgart

1. Das Mg-Angebot ist gleich dem Produkt aus den Bodenvorräten und ihrer Verfügbarkeit, hängt also potentiell gleichermaßen von beiden Faktoren ab.

2. Das nordwestdeutsche Altmoränenengebiet ist durch litho- und pedogen geringe Vorräte in Sandpodsohlen charakterisiert, während im Hügel- und Bergland auch

tonige Böden mit lithogen relativ geringen Reserven auftreten.

3. Die Mg-Bindung durch quellende Tonminerale mindert die Aufnahme durch Pflanzen kaum, die Auswaschung dagegen wohl beträchtlich.

Die ökologischen Bestimmungsgründe für die Versorgung von Pflanzen (mithin von Tieren und Menschen) mit Mineralstoffen lassen sich in folgender Gleichungskette darstellen:

Versorgung = Aufnahme : Bedarf
 Aufnahme = Angebot : Antagonismen
 Angebot = Vorrat \times Verfügbarkeit \rightarrow
 = Mobilisierung – Immobilisierung
 Vorrat = Ausgangsmaterial – Verwitterungsverluste + Zuführen

Hier werden nicht die physiologischen Termen in den beiden ersten Zeilen, sondern nur die pedo- und lithologischen in den beiden letzten behandelt.

Ausgangsmaterial sind Gesteine, deren Mg-Gehalte vom Mittel der Erdkruste (18,7‰) infolge der unterschiedlichen Löslichkeit verschiedener Minerale in Schmelzen bzw. Lösungen \pm stark abweichen. Das Schema der Abbildung 1 läßt erkennen, daß Sedimentgesteine selbst gleichen Typs sich darin noch wesentlich unterscheiden können.

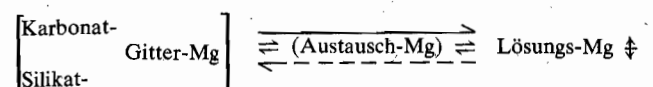
Verwitterungsverluste = Löslichkeit \times Sickerwasser \times Dauer

besagt, daß diese proportional sind: a) der Menge und Labilität der Lieferminerale (gesteinsabhängig, Labilität allgemein mit dem Mg-Gehalt steigend), der Bodenversauerung und umgekehrt dem Ausmaß der Sorption (bodenabhängig, siehe unten); b) der klimatisch bedingten Durchfeuchtung und umgekehrt der bodenabhängigen Wasserspeicherung sowie c) dem Alter der Böden (= Gesteinsalter *nur* in sehr jungen Landschaften!). Den verschiedenen Umwandlungsgraden von Gesteinen entsprechen jeweils bestimmte Bodentypen.

Die Zuführen durch Düngung variieren sehr kleinflächig (sind daher hier nicht zu behandeln); die mit Meeresnähe und Regenmenge steigenden Zuführen durch Nieder-

schläge sind ökologisch um so bedeutsamer, je ärmer und je weiter umgewandelt das Gestein ist.

Die verfügbarkeitsbestimmenden Mobilisierungs- und Immobilisierungsreaktionen hängen wie die Verwitterungsverluste ab von Menge und Art der Lieferminerale und Sorbenten (insbesondere kationenaustauschenden Humusstoffen und Tonmineralen mit mineralspezifisch um die Faktoren 2 bis 20 unterschiedlicher Austauschkapazität), vom Vorrat an um die Austauschplätze konkurrierenden Kationen (insbesondere des bei tiefen pH fest haftenden und damit die reale Austauschkapazität beträchtlich mindernden H^+ und Al^{3+}) sowie vom Wassergehalt (also von der Witterung) und von der Anlieferung mobilisierender Stoffwechselprodukte (also vom Wuchs selbst). Die Beziehung



(worin \uparrow = Aufnahme und \downarrow = Auswaschung) kann also kleinräumig und kurzfristig stark variieren, so daß eine Verknüpfung mit Standorteinheiten problematisch ist.

Eine regionale Aussage über die Mg-Versorgung muß sich daher auf Vorräte und Angebote bei mittlerer Verfügbarkeit beschränken. Schon ein Blick auf eine petrographische (hilfsweise eine geologische) Karte läßt erkennen, daß in unserem Gebiet (\pm verfestigte) Sedimente vorherrschen, auf deren Böden auch die landwirtschaftliche und insbesondere die ackerbauliche Nutzung konzentriert ist. In der Übersicht (Tab. 1) sind als „typisch“ die weitest entwickelten (je weiter, desto mehr rechts stehend) und verbreiteten Böden aufgeführt und für „verfügbares“ Mg die auf Untersuchungen verschiedener Autoren [2, 4, 6, 7] basierenden mittleren Gehalte von Böden der angegebenen Landschaften, zwei Werte bei Vorliegen normalverteilter Gehaltsgruppen in Böden aus Gesteinen gleichen Typs, aber unterschiedlicher geo-

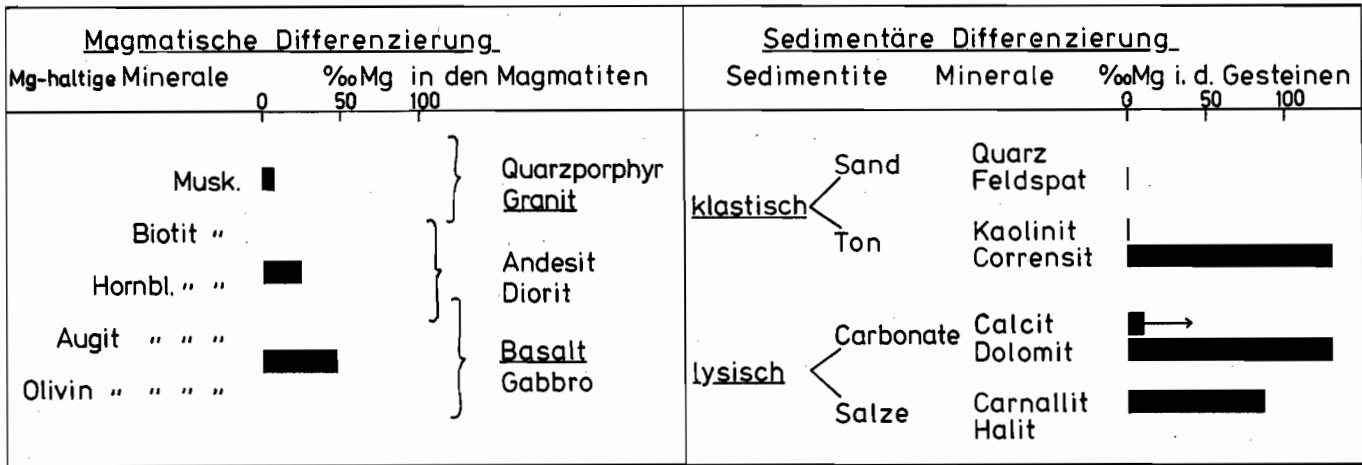


Abbildung 1 Magmatische und sedimentäre Differenzierung der Gesteine

Tabelle 1 Mg-Gehalt verschiedener Landschaften und Böden

Landschaft	Gesteine	Typische Böden	Mg _{la} mg/100 g
Küsten- und Flußebenen	Marschen- und Auenschlicke	Marsch- und Auenböden	2
Altmoränen	Geschiebesande Geschiebemergel	Podsole* Pseudogleye	2 8
Jungmoränen	Geschiebesande Geschiebemergel	Rostbraunerden Parabraunerden	5 10
Gäue und tr. Börden f.	Lösse Lösse	Parabraunerden Pseudogleye	15 10
Hügel- und Bergland Berghänge	Fließ erden sandig lehmig mergelig	Podsolbraunerden Braunerden Mergelrendzinen	7 13 15
Bergflächen	Sandsteine Tongestein Mergelgestein Kalkgestein	Be-Podsole Pelosole* Pg-Pelosole* Terra fusca*	5/12 10/24 9/32 7/40
Mittelgebirge	Schiefer Granite Basalte	Pg-Braunerden Po-Braunerden Ranker Braunerden	11 4 40

* = Mangelrisiko Be = Braunerde Pg = Pseudogley Po = Podsol

Tabelle 2 Mg-Fractionen und Mineralbestand von a) Pelosol aus km₁-Mergeltonstein, b) Pg-Pelosol aus m_n-Mergeltonstein, c) Br-Pelosol aus lε-Schiefertonstein, d) Pg-Pelosol aus α-Schiefertonstein

a) cm	pH	Mg _t sil	carb	Mg _a	a % v.t.	Tonmin.	c) cm	pH	Mg _t sil	carb	Mg _a	a % v.t.	Tonmin.
-12	5,8	27	0	1,9	7,0	J-CIM-Cl	-6	5,3	4,6	0	,3	6,5	JM-K-J
30	7,1	49	10	1,5	2,5		22	5,0	4,2	0	,2	4,8	
50	7,1	55	12	1,6	2,4		60	7,1	7,9	0	,06	,8	
72	7,2	53	18	1,3	1,8	J-CIM-Cl	80	7,3	8,6	0	,03	,3	JM-J-K
b) -6	4,0	10	-	0,7	6,3	J-Cl*-JM-M	d) -11	3,5	3,1	0	,04	1,3	K-JM-Cl*-V
20	4,8	11	-	0,9	8,1		38	3,5	3,4	0	,06	1,8	
36	6,5	24	0,3	1,4	5,8		70	3,3	3,7	0	,25	6,8	
52	7,3	47	22	1,6	2,3	J-Cl-JM	107	3,4	5,4	0	,5	8,8	
							120	5,4	6,8	0	,65	9,6	K-JM-V-Cl*

	a)	b)	c)	d)
Verwitterungsverlust kg/m ²	11,5	26,1	1,84	3,22
% v. urspr.	22,3	49,6	27,6	34,1

t = total, a = austauschbar
K = Kaolinit, J = Illit, M = Montmorillonit, Cl = Chlorit (* = Al), V = Vermiculit

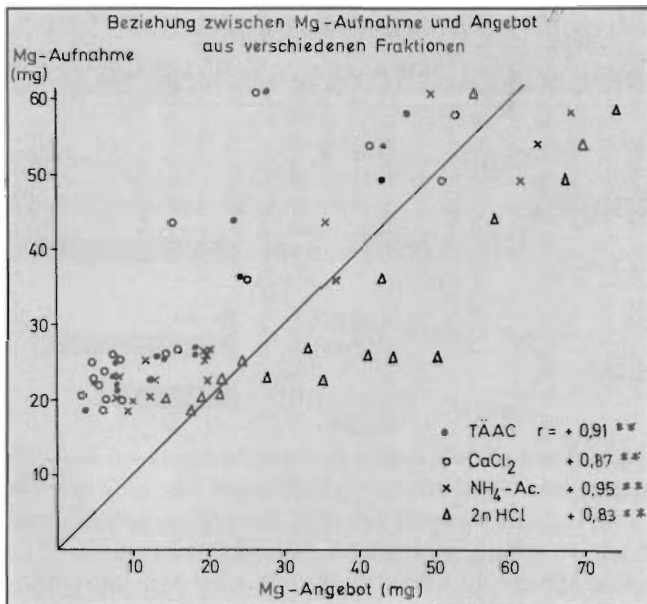


Abbildung 2 Beziehung zwischen Mg-Aufnahme und Angebot aus verschiedenen Fraktionen

logischer Formation. Umgekehrt kann man Gehalte von Böden aus Gesteinen verschiedener Landschaften nicht nach der geologischen Formation bündeln, weil sie sich beträchtlich in der Fazies, d. h. dem Gesteinstyp, unterscheiden können; z. B. weisen Böden aus s_0 -Sedimenten in Thüringen [4] im Mittel 30 und im Schwarzwald [2] ca. 7 mg $Mg_{1a}/100$ g auf.

Geht man von üblichen „Grenzzahlen“ aus (Sande = 3,5, Lehme = 7, Tone = 14 mg $Mg_{1a}/100$ g Boden), so erweisen sich insbesondere die nordwestdeutschen Podsole als arm, offenbar wegen geringer Vorräte in dieser mit skandinavischem Gesteinsschutt belieferten und weitgehend verarmten Altmoränenlandschaft. Während Tonböden im nordwestdeutschen Flachland allgemein Mg-reich sind, treten im mittel- und süddeutschen Hügel- und Bergland verbreitet solche mit Mangelrisiko auf. Das kann zurückzuführen sein auf a) geringere Vorräte infolge andersartigen Mineralbestandes im Ausgangsmaterial oder höherer Verwitterungsverluste im kühlfeuchten Gebiet oder b) geringere Verfügbarkeit infolge stabilerer Lieferminerale oder wirksamerer Sorbenten.

Für die kausale Deutung sind in Tabelle 2 entsprechende Daten (nach [3]) für vier ausweislich ihrer pH-Abfolgen unterschiedlich weit entwickelte Pelosole aus verschiedenen Tongesteinen gleicher (a und b) sowie verschiedener (a+b, c und d) geologischer Formation unter Wald aufgeführt.

Die Daten lassen erkennen, daß die Ausgangsgesteine (jeweils unterste Lage) dieser Tonböden je nach Dominanz bestimmter Tonminerale und Art der Karbonate (a und b dolomitisches, c und d kalzitisch) recht unterschiedliche Mg-Gehalte aufweisen und daß die Vorräte absolut stärker bei reicherem Gestein (zuerst auf Kosten des Karbonat-Mg), relativ aber ähnlich stark bei ärmerem Gestein durch Verwitterung abnehmen. Mit der Verwitterung nimmt die Verfügbarkeit (gemessen an den „a % v.t.“-Werten) zunächst zu, was die zum Oberboden sin-

kenden Vorräte kompensiert, dann aber noch deutlicher ab als die auf immer stabilere Minerale konzentrierten Vorräte, so daß sich bei ärmerem Gestein die Gehalte an Austausch-Mg den Grenzzahlen für Lehme oder gar Sande nähern. Rechnet man die bisherigen Verwitterungsverluste auf die mutmaßliche Dauer der Bodenbildung um (in diesem Falle ca. 15 000 Jahre), so ergibt sich eine jährliche Mobilisierung von ca. 1 bis 2 kg Mg/ha, mithin eine der atmosphärischen Zufuhr ähnliche Menge.

Es stellt sich nun noch die Frage, ob Mg durch Sorption an alle Minerale verfügbar wird (bei Nachlieferung aus Reserven) bzw. es bleibt (bei Bindung aus Lösung) oder ob ein Teil ökologisch gesehen noch bzw. schon zum Güter-Mg zu rechnen ist. Da Dolomit in Böden nicht regeneriert wird, könnte das nur die Bindung in den Zwischenschichten quellfähiger Tonminerale nach

[Mg. Chlorit] \rightleftharpoons (Mg. Montmorillonit) \rightleftharpoons Mg in Lösung

betreffen. Dann müßte die Aufnahme durch Pflanzen enger mit dem durch große Kationen (z. B. Triäthylammonium = TÄA) nur von Mineraloberflächen austauschbaren Mg korreliert sein als mit dem gesamten (z. B. durch NH_4^+) austauschbaren Mg. Ergebnisse entsprechender Untersuchungen an Böden unterschiedlichen Mineralbestandes zeigt Abbildung 2 (aus [8]).

Aus ihr geht hervor, daß die Mg-Aufnahme bei geringem Angebot selbst über das Austausch-Mg weit hinausgeht und erst bei hohem Angebot nicht alles Zwischenschicht-Mg (= NH_4 -Azetat-Mg - TÄACl-Mg) erfaßt. Die Zwischenschichtbindung ist also eher ein überschußverhindernder als ein mangelauslösender Vorgang. Entsprechend ist die ökologische Funktion der in illit/montmorillonit- und dolomithaltigen Böden nachgewiesenen Bildung sekundärer Chlorite [1, 5] eine Minderung der Verwitterungsverluste reicher Böden. Ob die Zwischenschichtbindung sich in besonderen Stressituationen witterungsbedingter oder antagonistischer Art ungünstig auf die Mg-Versorgung auswirkt, bedarf jedoch noch der Klärung.

Literatur

- [1] Brümmer G.: Untersuchungen zur Genese der Marschen. Diss., Kiel 1968
- [2] Brugger G.: Untersuchungen über das Magnesium in den vom Landbau genutzten Böden in Südwestdeutschland. Diss., Hohenheim 1959
- [3] Khader S.: N-Tonmineralbestand und -umwandlung in Pelosolen und ihre Bedeutung für deren Kalium- und Magnesiumhaushalt. Diss., Hohenheim 1966
- [4] Michael G., G. Schilling: Über den Magnesiumversorgungsgrad mitteldeutscher Ackerböden. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 79, 31-50 (1957)
- [5] Papenfuß K.-H.: Der Tonmineralbestand von südwestdeutschen Kalk- und Tongesteinen und seine Veränderung durch die Bodenbildung. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 4, 263-270 (1965)
- [6] Schlichting E., J. Sunkel: Nährstoffgehalte und Düngewirkung in einigen Böden Württembergs. Landw. Forsch. 24, 170-192 (1971)
- [7] Schroeder D., S. Zahirrolslam: Die Magnesium-Vorräte schleswig-holsteinischer Böden. Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk. 100, 207-215 (1963)
- [8] Shadfan H.: Mg-Chloritbildung und ihre Bedeutung für den Mg-Haushalt von Böden. Diss., Hohenheim 1976

Für die Verfasser: Dr. K. H. Papenfuß, Institut für Bodenkunde und Standortlehre der Universität Hohenheim, Postfach 106/4300, 7000 Stuttgart 70