

## KEIMVERHALTEN UND WACHSTUM VON ACKERWILDKRÄUTERN ARMER SANDBÖDEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DÜNGUNG UND KALKUNG

Hans-Gerhard Kulp

### ABSTRACT

The typical weed species of the *Teesdalia-Arnoaseridetum* (Tx.1937) *Anthoxanthum puëlii*, *Arnoaseris minima*, *Hypochoeris glabra* and *Scleranthus annuus* have been investigated in pot experiments with addition of lime and NPK-fertilizer. The germination was not significantly affected, but the growth of all species was heavily depressed by lime. The addition of NPK-fertilizer and also the combination of NPK-fertilizer with lime increased the biomass considerably. Hypothetical reasons for the toxic effect of lime on the calcifuge weeds under poor nutritional conditions are discussed.

keywords: *weed species, germination, fertilization*

### EINLEITUNG

Die Intensivierung der Landwirtschaft hat zu einer vielfach dokumentierten Verarmung der Ackerwildkrautvegetation geführt. Auf den Sandböden sind vor allem Säure- und Magerkeitszeiger seltener geworden (MEISEL und HÜBSCHMANN 1976, KULP und PREUSCHHOF 1985). Der Rückgang dieser Artengruppe korreliert mit einem starken Anstieg der Mineraldüngung und Kalkung in den letzten Jahrzehnten (BML 1952, 1987). Die Standortveränderung durch diese beiden Faktoren bewirkt eine Verschiebung der Konkurrenzverhältnisse zuungunsten der Säure- und Magerkeitszeiger.

Ziel dieser Untersuchung ist es zu klären, ob der Konkurrenznachteil auf eine direkte physiologische Schädigung durch Volldünger und/oder Kalkmergel zurückgeführt werden kann. In Gefäßversuchen wurden die Kennarten des *Teesdalia-Arnoaseridetum minima* (Tx.1937), *Arnoaseris minima* und *Anthoxanthum puëlii*, die Differentialart der Assoziation, *Hypochoeris glabra* und die *Aperetalia*-Ordnungscharakterart, *Scleranthus annuus*, untersucht. Die relativ enge Bindung dieser Arten an die Assoziation macht sie zu geeigneten Repräsentanten, an denen die Reaktion auf Düngung und Kalkung autökologisch untersucht werden kann. Beide Faktoren können theoretisch bereits bei der Samenkeimung wirksam werden, aber vor allem die Entwicklung, das Wachstum und die Samenproduktion beeinflussen.

### METHODEN

Die Gefäßversuche wurden in den Jahren 1988 und 1989 unter Freilandbedingungen in den Frühbeetkästen des Biologischen Gartens der Universität Bremen durchgeführt. Als Substrat für die Gefäßversuche wurde ungewaschener Geestsand und Weißtorf im Verhältnis der Volumina von 5:2 gemischt. Die Untersuchung des Substrats ergab folgende Kennwerte (s. Tab. 1 folgende Seite):

**Tab. 1:** Kennwerte des Kultursubstrats

---

pH(CaCl <sub>2</sub> )	:	3,9
N	:	15 mg/100g
P	:	0,61 mg/100g
K	:	1,9 mg/100g
Ca	:	31,83 mg/100g
C	:	0,91 %

---

Das Substrat wurde auf Plastikgefäße (20 cm  $\phi$ , 20 cm hoch) abgefüllt und für die Ca-Varianten noch vor der Einsaat mit Kalkmergel vermischt. Die Versuchsgefäße wurden jeweils im November 1987 und 1988 offen in den Frühbeetkästen aufgestellt. Das Saatgut stammt von Ackerwildkrautfluren in der Umgebung Bremens. Jede Düngevariante umfaßte 10 Gefäße, die mit 10 x 20 Samen eingesät wurden (s.Tab. 2).

**Tab. 2:** Düngevarianten

---

0	:	Sand/Torf Substrat ohne Zusatz (pH 3,9)
Ca	:	Kalkmergel, 129 mg Ca/100 g (pH 6)
Ca/K	:	Kalkmergel und K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (= 146 kg K/ha), (pH 6)
NPK	:	Volldünger (= 140 kg N/ha), (pH 3,9)
Ca/NPK	:	Kalkmergel und Volldünger (pH 6)

---

Die Volldünger und Kaliumgaben wurden in beiden Versuchsjahren am 14.März (50 %), 29.April (20 %) und 1.Juni (30 %), entsprechend den landwirtschaftlichen Empfehlungen im Wintergetreidebau (DLG 1979) verabreicht.

Im Abstand von ca. 4 Wochen wurden die Keimlinge gezählt. Um die intraspezifische Konkurrenz zu vereinheitlichen, wurden die Jungpflanzen auf 3 je Gefäße - etwa in gleichem Abstand zueinander stehend - reduziert.

Zum Zeitpunkt der Ernte des Wintergetreides Ende Juli wurde der Versuch ausgewertet. Für die unterschiedlichen Keimraten innerhalb der Düngevarianten wurde die Standardabweichung berechnet und mit dem t-Test jeweils 2 Mittelwerte der Keimraten miteinander in Beziehung gesetzt.

## ERGEBNISSE

### Keimverhalten

*Arnosaris minima* und *Anthoxanthum puëlii* erwiesen sich als ausgeprägte Kältekeimer, die im Januar bei maximalen Luft-Temperaturen zwischen 10 und 15 °C ( $\phi$  Temp. 4-5 °C) zum ganz überwiegenden Teil keimten (s. Abb. 1). Bei einer Witterung, die dem langjährigen Mittel entspräche, könnte sich die Keimphase auch auf Februar/März verschieben. *Scleranthus annuus* und *Hypochoeris glabra* sind dagegen Wärmekeimer, die im Mai und Juni ihre Keimungsmaxima bei Maximaltemperaturen zwischen 25 und 30 °C ( $\phi$  Temp. 15 °C) haben. Aufgrund der Differenz zwischen Keimzeitpunkt (Januar) und erster Düngergabe (März) war für *Arnosaris* und *Anthoxanthum* keine Beeinflussung der Keimung durch den Volldünger möglich. Nur *Hypochoeris* und *Scleranthus* keimten in dem Zeitraum, in dem auch der Dünger verabreicht wurde.

Bei *Anthoxanthum puëlii* erreichte die 0-Variante mit 77 Keimlingen von 200 Samen die höchste Keimrate (s. Tab. 3) Die Ca-Variante liegt zwar ca. 25 % darunter, die anderen Varianten mit Kalkmergelzusatz zeigen aber keine erhebliche Reduktion der Keimrate. Bei *Hypo-*

*choeris glabra* liegt die NPK-Variante zwar über der 0-Variante, der Unterschied kann aber statistisch nicht ausreichend abgesichert werden, weil die Keimraten in den einzelnen Gefäßen zu stark differieren. Ebenso wenig ist der Unterschied zwischen der 0 und der Ca-Variante absicherbar, so daß kein Einfluß von Kalkmangel auf die Keimung nachgewiesen werden kann. Auch bei *Scleranthus annuus* wies die 0-Variante Anfang Juli die wenigsten (39) und die NPK-Variante die meisten (67) Keimlinge auf. Danach war eine weitere Beobachtung der Keimung nicht mehr möglich, weil die ersten Pflanzen in der NPK-Variante schon wieder aussamten. Die Unterschiede in den Keimraten sind aber weder mit der Düngung noch mit dem Zusatz von Kalkmangel statistisch absicherbar korreliert.

Tab. 3: Keimraten in den Düngevarianten (%)

Düngevarianten	<i>Anthoxanthum puëlii</i>	<i>Arnosseris minima</i>	<i>Hypochoeris glabra</i>	<i>Scleranthus annuus</i>
0	38	29	30	19
Ca	28	34	17	29
Ca/K	36	30	24	23
NPK	32	40	33	33
Ca/NPK	38	35	27	24

### Biomasseproduktion

Alle Versuchsarten zeigen in der Tendenz eine einheitliche Reaktion auf die Düngevarianten (s. Abb. 2):

- Starke Entwicklungshemmung durch den Zusatz von Kalkmangel; das Wachstum der Jungpflanzen stagniert sehr bald und es werden nur wenige Blüten gebildet
- Die Entwicklungshemmung zeigt sich ebenfalls bei kombinierter Kalkmangel/Kaliumdüngung.
- Volldünger steigert die Biomasseproduktion ganz erheblich und erhöht proportional die Zahl der Blüten bzw. Blütenköpfe.
- Kalkmangel hat in Kombination mit Volldünger keine toxische Wirkung, sondern steigert bei *Arnosseris minima* und *Scleranthus annuus* die Biomasse noch einmal gegenüber der NPK-Variante.

### DISKUSSION

#### Keimverhalten

Die Beschränkung von *Arnosseris minima* und *Anthoxanthum puëlii* auf die Wintergetreidegesellschaft ist mit der Bevorzugung niedriger Keimtemperaturen erklärbar. Alle anderen Feldfrüchte werden später im Jahr, d.h. auch bei höheren Bodentemperaturen, bestellt, so daß sich in ihnen die Samen von *Arnosseris* und *Anthoxanthum* nur zu einem sehr geringen Prozentsatz entwickeln können.

*Scleranthus annuus* und *Hypochoeris glabra* können dagegen in unserem Klima den ganzen Sommer über keimen und damit in allen Feldfrüchten auftreten, wenn der Bestand lückig ist, eine entsprechende Erwärmung des Bodens zuläßt und eine ausreichende Bodenfeuchte gegeben ist. LAUER (1953) gibt für *Scleranthus annuus* ebenfalls eine optimale Keimtemperatur von 25-30 °C an und beobachtete ein gleichstarkes Auftreten in Wintergetreide und Hackfrucht und mit geringerer Stetigkeit auch in Sommergetreide.

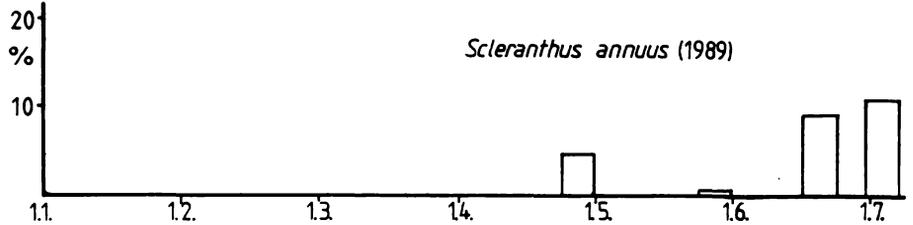
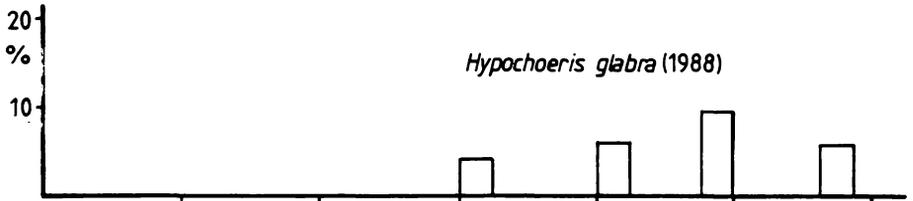
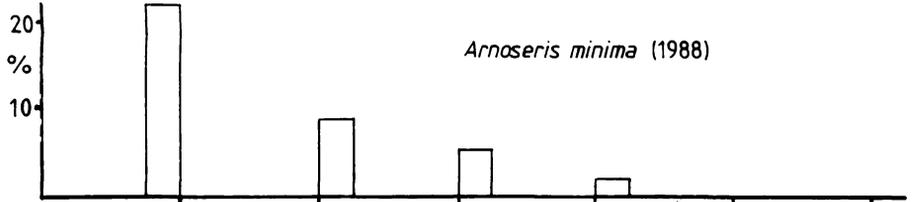
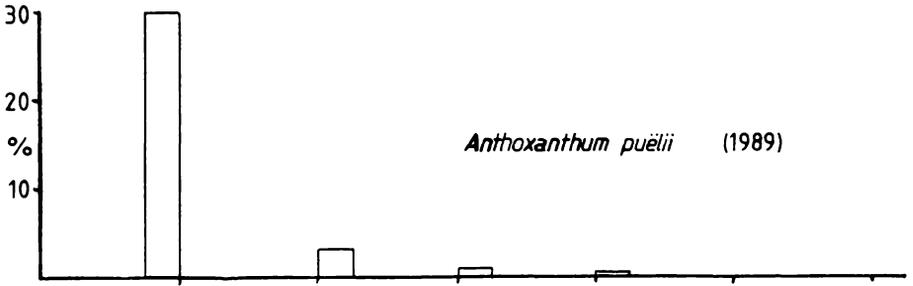
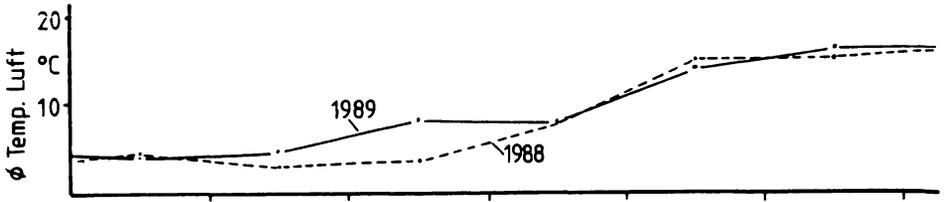


Abb. 1: Keimungsverlauf; prozentuale Keimung von je 200 Samen im monatlichen Abstand vom Saattermin.

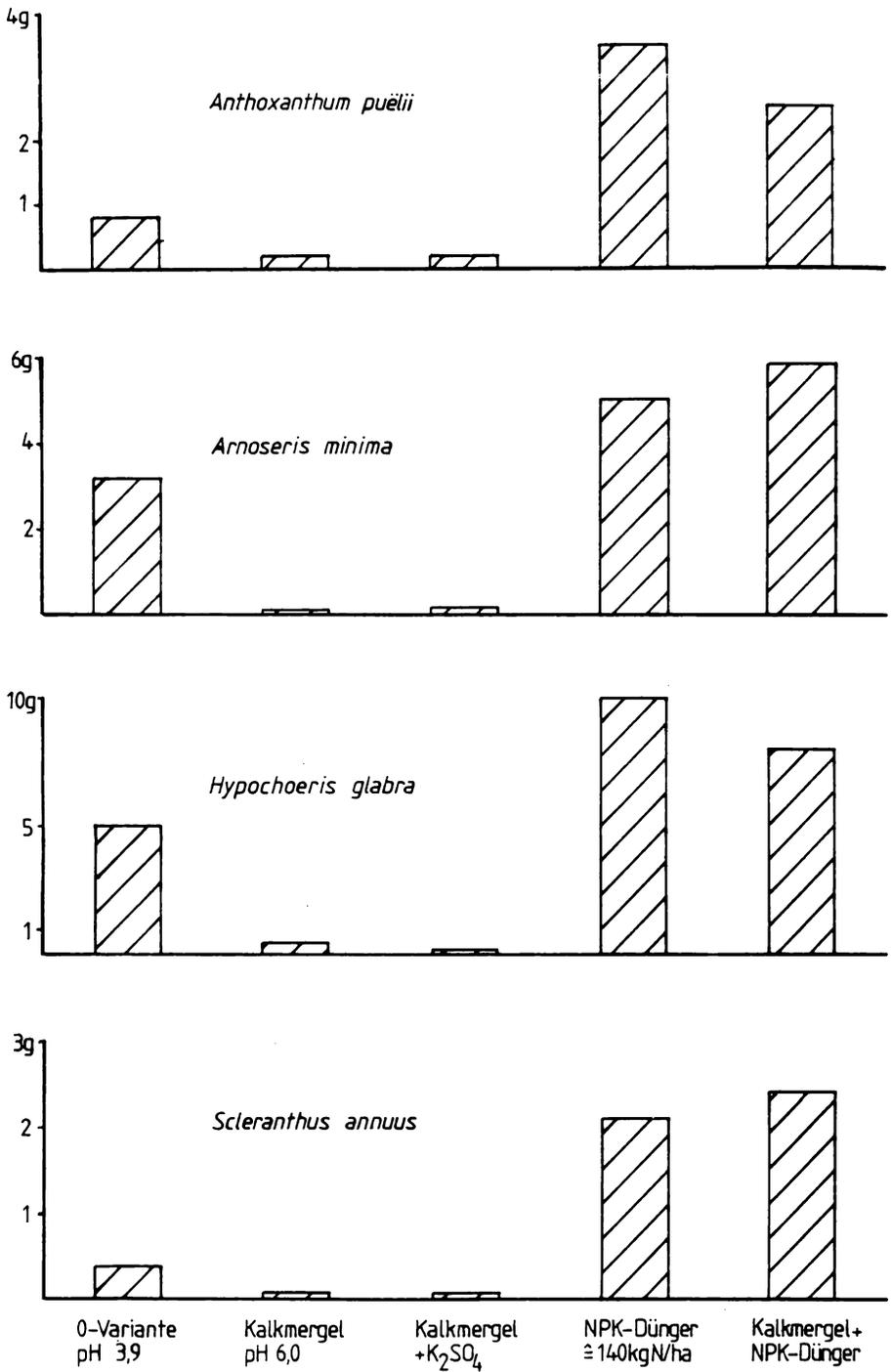


Abb. 2: Oberirdische Biomasse/Pflanze bei verschiedenen Düngezusätzen (ca. 6 Monate nach der Einsaat).

In der Literatur finden sich zahlreiche Hinweise, daß bei vielen Pflanzenarten eine Beeinflussung der Keimung durch Nährsalze möglich ist. Nach RADEMACHER und OÇOLINS (1952) kann Nitrat bei Samen von Lichtkeimern unter ungünstigen Bedingungen wie niedrige Temperaturen oder Dunkelheit deutlich die Keimrate erhöhen. MAYSER (1954; nach WALTER 1963) zeigte, daß die Abhängigkeit der Keimgeschwindigkeit und Keimrate von der Nitrat-Konzentration einer artspezifischen Optimumkurve folgt.

Diese Experimente wurden zum größten Teil unter weitgehend standardisierten Bedingungen durchgeführt, die von den Freilandverhältnissen und somit auch meinen Gefäßversuchen erheblich abweichen. Auf dem Acker wird der Dünger in der Regel als Granulat oberflächlich ausgestreut und dann vom Niederschlag allmählich in den Boden eingewaschen. Dadurch ergeben sich kleinräumig große Unterschiede in den Nährstoffkonzentrationen, die auch zeitlich in Abhängigkeit von Niederschlag, Versickerung und Verdunstung variieren. Gerade in der für die Keimung relevanten obersten Bodenschicht kann die N-Konzentration sehr hoch ansteigen. HAKANSSON (1979b) ermittelte bei einer Felddüngung von 100 kg N/ha in den obersten 5 cm 500 mg N/l Boden oder 35 mmol/l. Da in der obersten Bodenschicht unter Freilandbedingungen gerade auf Sandboden immer wieder Wassermangel auftritt, der die Keimung verhindert oder unterbricht, kann der Stickstoffeffekt auch völlig überlagert werden. Diese Faktordynamik könnte zu der hohen Schwankungsbreite der Keimraten zwischen den einzelnen Versuchsgefäßen innerhalb einer Variante beigetragen haben.

Auch RADEMACHER und OÇOLINS (1952) bezweifeln grundsätzlich, ob die in Laborversuchen in Petrischalen gewonnenen Ergebnisse im Ackerboden überhaupt Gültigkeit haben. Nach ihren Beobachtungen läßt sich die keimungsstimulierende Wirkung von Nährstoffen bei Versuchen mit natürlichem Boden kaum noch nachweisen.

Auch der Zusatz von  $(\text{CaCO}_3)$  zum Keimsubstrat und die damit verbundene Anhebung des Säuregrades von pH 4 auf pH 6 blieb in meinem Versuch ohne eindeutigen Einfluß auf die Keimrate der getesteten Arten.

HESSE (1923) hatte durch 20-minütiges Einlegen von Samen in starke Säuren und anschließendem Abwaschen eine Keimstimulation erreicht. Die ökologische Relevanz dieses Ergebnisses ist aber sehr fraglich. RADEMACHER und OÇOLINS (1952) stellten keinen Einfluß unterschiedlicher pH-Werte (5 - 7,2) auf die Keimung fest. Auch ein erhöhter Ca-Gehalt blieb bei ihnen ohne Wirkung.

Der Keimerfolg der Ackerwildkräuter wird unter Freiland- und Feldbedingungen - wenn überhaupt - wohl nur unterschwellig durch die landwirtschaftliche Düngung beeinflusst.

## Biomasseentwicklung

Die auffällige Entwicklungshemmung durch Kalkmergel wurde auch von STEELE (1955) beobachtet. Er untersuchte ebenfalls calcifuge Arten, die im *Teesdalia-Armoseridetum* auftreten, auf ihre Reaktion gegenüber abgestuften pH-Werten und verschiedenen Ca- und Mg-Zusätzen. *Spergula arvensis*, *Spergularia rubra* und *Teesdalia nudicaulis* zeigten, wie in meinem Versuch in der  $(\text{CaCO}_3)$ -Variante (pH 7,9), eine erhebliche Entwicklungshemmung gegenüber der 0-Variante (pH 4,8). Die Hemmung trat aber weder durchgängig in den anderen Varianten mit hohem pH-Wert noch generell bei hohem Ca-Angebot auf, so daß keine einfache kausale Erklärung gegeben werden konnte. Die hemmende Wirkung des Kalkmergels soll hier mit mehreren Erklärungsansätzen diskutiert werden.

Leicht meßbar ist die Anhebung des pH-Wertes von 3,7 auf 6. Dadurch verringert sich die Verfügbarkeit des Eisens im Boden. Nach GRIME und HODGSON (1969) sind kalkmeidende Pflanzen darauf eingestellt, die aus normalerweise saurem Milieu reichlich aufgenommenen Metallionen zu komplexieren. Wachsen sie in neutralem Milieu, dann fallen sie das nur noch spärlich gelöste Eisen vollständig aus und erleiden einen Eisenmangel. Dieser Mangel bewirkt nach BAUMEISTER und ERNST (1978) eine Hemmung des Wurzelwachstums, nach KINZEL (1982) eine Hemmung der Chlorophyll-Synthese, die zum Vergilben der Pflanzen führt (Chlorose). Letzteres Phänomen war bei den Versuchspflanzen nicht zu beobachten, vielleicht weil die Mangelsituation bereits von der Keimung an bestand, nicht erst nachträglich auftrat und kein Chlorophyllabbau in ursprünglich gesunden Blättern stattfand. In den Ver-

suchsergebnissen zeigt sich die Hemmung aber trotz erhöhten pH-Wertes nicht in der Ca/NPK-Variante, obwohl hier kein Eisen gedüngt wurde und deshalb ebenfalls Fe-Mangel herrschen müßte. Der Fe-Mangel könnte durch Volldünger sogar noch verschärft werden, da in stark phosphathaltigen Nährlösungen bei neutralem pH Eisenphosphate ausfallen (TUBAIL 1974; nach KINZEL 1982). Wegen dieser Widersprüche muß die Interpretation des Kalkeffekts als Eisenmangelkrankheit verworfen werden.

Eine andere Erklärung kann in der verringerten Verfügbarkeit des Kaliums gesucht werden. Durch die pH-Erhöhung wird Kalium fester im Boden gebunden (SIMARD et al. 1988). Da keine selektive Aufnahme von Kalium stattfindet, aber Kalzium-Ionen im Überschuß in der Bodenlösung vorliegen, entsteht ein Kaliummangel. Diesen Zusammenhang hat EHRENBERG bereits 1919 als Kalk-Kali-Gesetz beschrieben (BAUMEISTER und ERNST 1978).

Um diese Hypothese zu überprüfen, wurde eine Kalkmergel-Variante mit Kaliumsulfat in den Versuch mit aufgenommen. Wäre bei den Versuchspflanzen das Ehrenbergsche Kalk-Kali-Gesetz gültig gewesen, hätte in dieser neuen Variante die Hemmung eliminiert sein und in etwa die Biomasse der 0-Variante erreicht werden müssen. Die Hemmung blieb aber bei allen Arten auch bei Kalium-Zusatz erhalten, so daß auch diese Erklärung verworfen werden muß.

Die Ursache für den Kalkeffekt könnte auch auf zellulärer Ebene liegen, da nach GHOSBAL und SALSAC (1979; nach KINZEL 1982)  $Ca^{++}$ -Ionen eine unmittelbar toxische Wirkung im Zellstoffwechsel haben können. Kalzium kann die Permeabilität von Plasmalemma oder Organellenmembranen verändern oder als Konkurrent von Mn und Mg als Co-Faktor verschiedener Enzyme auftreten. Dies gilt nur bei Oxalatbildnern, die normalerweise  $Ca^{++}$  im Zellsaft ausfallen, aber bei Ca-Überschuß und gleichzeitigem Nährstoffmangel nicht ausreichend Oxalat produzieren können. *Scleranthus annuus* gehört vermutlich zu den Oxalatbildnern, da diese Eigenschaft bei den *Caryophyllaceen* weit verbreitet ist. Ob dies auch für die anderen Arten gilt, ist meines Wissens noch nicht untersucht. Bei *Anthoxanthum puëlii* ist dies unwahrscheinlich, da *Poaceen*, *Juncaceen* und *Cyperaceen* über wesentlich selektivere Aufnahmesysteme für Ionen aus der Bodenlösung verfügen als andere Pflanzenfamilien und sich effektiv gegenüber hohem Ca-Gehalt des Bodens abschirmen können (KINZEL 1982). Auch diese Interpretation der Wuchshemmung durch Kalkmergel auf zellulärer Ebene bleibt also unbefriedigend. Wesentlich eindeutiger als die Reaktion auf Kalkmergel ist die starke Wachstumsförderung durch den Volldünger.

ELLENBERG (1982) geht davon aus, daß die meisten Arten unter Ausschluß von Konkurrenz positiv auf N-Düngung reagieren. Diese Förderung muß aber im Sinne einer artspezifischen Optimumkurve verstanden werden, in der es oberhalb des Optimums auch eine latent und schließlich akut toxisch wirkende Nährsalzkonzentration gibt (BAUMEISTER und ERNST 1978, SVENSSON und WIGREN 1982). Die als Magerkeitszeiger bekannten Arten sind bei praxisüblicher Düngung physiologisch durchaus nitrophil. Ihre Reaktion auf Kalkmergel unter nährstoffarmen Bedingungen weist sie als physiologisch calciphob aus. Sie sind an die sauren und nährstoffarmen Sandböden angepaßt und können nicht auf nährstoffarmen aber kalkreichen Standorten existieren. Bei zusätzlicher Mineral-Düngung verliert der Kalk allerdings an Wirkung auf den Stoffwechsel, so daß die Pflanzen auch auf neutralen und kalkreichen Böden erfolgreich gedeihen. Die physiologische Grundlage dieses Phänomens bleibt vorläufig ungeklärt.

## LITERATUR

- BUNDESMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, ERNÄHRUNG UND FORSTEN (Hrsg.), 1952: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der BRD. - Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, ERNÄHRUNG UND FORSTEN (Hrsg.), 1987: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der BRD. - Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.
- BAUMEISTER W., ERNST W., 1978: Mineralstoffe und Pflanzenwachstum. - Fischer, Stuttgart, N.Y., 3. Aufl.

- DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT (Hrsg.), 1979: Winterroggen aktuell. - DLG-Verlag, Frankfurt a/M.
- ELLENBERG H., 1982: Vegetation Mitteleuropas und der Alpen in ökologischer Sicht. - Ulmer, Stuttgart., 3. Aufl.
- GRIME J.P., HODGSON J.G., 1969: An investigation of the ecological significance of lime chlorosis by means of large-scale comparative experiments. - Brit. Ecol. Society Symp. 9: 67-99.
- HAKANSSON S., 1979: Influence of sowing depth and environmental factors in seedbed on weed and cereal plant emergence and competition. - EWRS Symp. Mainz: 173-180.
- HESSE O., 1923: Über die keimungsauslösende Wirkung chemischer Stoffe auf lichtempfindliche Samen. - Ber. deut. bot. Ges., Berlin 41: 316-32.
- KINZEL H., 1982: Pflanzenökologie und Mineralstoffwechsel. - Ulmer, Stuttgart.
- KULP H.G., PREUSCHHOF B., 1985: Untersuchung zum Rückgang von Ackerwildkräutern im Raum Bremen. - Verhdlg. d. Ges. f. Ökologie, Bd. XIII: 698-692.
- LAUER E., 1953: Über die Keimtemperaturen von Ackerwildkräutern und deren Einfluß auf die Zusammensetzung der Unkrautgesellschaften. - Flora 140, 551-595.
- MEISEL K., HÜBSCHMANN V., 1976: Veränderungen der Acker- und Grünlandvegetation im nordwestdeutschem Flachland in jüngerer Zeit. - Schriftr. Vegetationsk. 10, Bad Godesberg: 109-124.
- RADEMACHER B., OCOLINS J., 1952: Einfluß der Getreidekonkurrenz und des Nährstoffgehalts im Keimsubstrat auf Keimung und Jugendentwicklung verschiedener Unkräuter. - Angewandte Botanik 26: 69-94.
- SIMARD R.R., EVANS L.J., BATES T.E., 1988: The effects of additions of CaCO<sub>3</sub> and P on the soil solution chemistry of a podzolic soil. - Can. J. Soil Sci. 68: 41-52.
- STEELE B., 1955: Soil pH and base status as factors in the distribution of calcicols. - J. Ecol. 43: 120-132.
- SVENSSON R., WIGREN M., 1982: Competition, nutrient and herbicide experiments illustrating the decline of some weeds. - Sven. Bot. Tidskr. 76: 241-258.
- WALTER H., 1963: Über die Stickstoffansprüche der Ruderalpflanzen. - Mittl. flor. soz. Arb. gem. N.F.10: 56-69.

#### ADRESSE

Hans-Gerhard Kulp  
 Universität Bremen  
 Fachbereich 2  
 Postfach 330440  
 D-W-2800 Bremen 33

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [19\\_2\\_1990](#)

Autor(en)/Author(s): Kulp Hans-Gerhard

Artikel/Article: [Keimverhalten und Wachstum von Ackerwildkräutern armer Sandböden in Abhängigkeit von Düngung und Kalkung 506-513](#)