



Wilfried Zorn · Gerhard Marks
Hubert Heß · Werner Bergmann

Handbuch zur visuellen Diagnose von Ernährungs- störungen bei Kulturpflanzen

3. Auflage



Springer Spektrum

Handbuch zur visuellen Diagnose von Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen

Wilfried Zorn • Gerhard Marks
Hubert Heß • Werner Bergmann

Handbuch zur visuellen Diagnose von Ernährungs- störungen bei Kulturpflanzen

3., korr. Auflage

 Springer Spektrum

Wilfried Zorn, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena
Gerhard Marks, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena
Hubert Heß, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena
Werner Bergmann, Jena

ISBN 978-3-662-49144-7 ISBN 978-3-662-49145-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-49145-4

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2006, 2013, 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Planung: Stefanie Wolf

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist Teil von Springer Nature
Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg

Vorwort zur 2. Auflage

Die 1. Auflage des „Handbuches zur visuellen Diagnose von Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen“ ist bei einem breiten Anwenderkreis aus Beratung, Praxis und Ausbildung auf großes Interesse gestoßen. Nachdem die 1. Auflage vergriffen war, wurde von Springer Spektrum Verlag und Autoren eine überarbeitete Auflage vorgesehen. Der Text der hiermit vorgelegten 2. Auflage ist im Vergleich zur 1. Auflage im Wesentlichen unverändert geblieben. Die Überarbeitung betraf in erster Linie die Verbesserung der Qualität der Farbaufnahmen. Eine Vielzahl von Fotos wurde durch Neuaufnahmen ersetzt und die Qualität der verbliebenen Bilder wesentlich verbessert. Die visuelle Diagnose, das Erkennen und das Unterscheiden von Ernährungsstörungen werden dadurch erleichtert.

Jena, im Oktober 2012

Die Verfasser: W. Zorn
G. Marks
H. Heß
W. Bergmann

Vorwort zur 1. Auflage

Das Handbuch zur visuellen Diagnose von Ernährungsstörungen bei Pflanzen ist als Ergänzung zu dem ständig aktualisierten Internetbeitrag „VISUPLANT®“ (www.tll.de/visuplant) gedacht. Einem breit gefächerten Anwenderkreis, den unmittelbar in der Praxis Tätigen der Land- und Forstwirtschaft, des Garten-, Obst- und Weinbaus, des Pflanzen- und Umweltschutzes sowie der Landeskultur soll damit die Möglichkeit gegeben werden, die Beurteilung von aufgetretenen Schadsymptomen an Pflanzen im Freiland, unmittelbar „vor Ort“ im Feldbestand vorzunehmen. Es soll dazu dienen, ohne technische Hilfsmittel ausgedehnte oder auch nur örtlich begrenzte abiotische Schadsymptome bei Pflanzen, bedingt durch Ernährungsstörungen, aufzuklären und von biotischen Pflanzenschäden abzugrenzen, um nachfolgend die Ursachen für das Auftreten von Ernährungsstörungen durch gezielte Boden- und Pflanzenanalysen zu ermitteln.

Darüber hinaus kann und soll das Handbuch Lehrern, Studenten und Mitarbeitern in landwirtschaftlichen, phytopathologischen und ökologisch orientierten Forschungs- und Untersuchungsanstalten als griffbereite Informationsquelle und als Nachschlagewerk dienen.

Jena, im März 2006

Die Verfasser: W. Zorn
G. Marks
H. Heß
W. Bergmann

Glossar

Anthozyane.....	rote bis blauviolette Farbstoffe
apikal.....	Vegetationskegel betreffend
Apikaldominanz.....	vorherrschendes Spitzenwachstum
Chlorose.....	Blattvergilben infolge Chlorophyllrückgang
Durchrieseln der Gescheine.....	schlechte Befruchtung der Traubenanlagen von Weinreben
Dikotyle.....	zweikeimblättrige Pflanzen
Gramineen.....	Getreidepflanzen
Hyperchlorophyllierung.....	überhohe Chlorophyllanreicherung
Interkostalflächen.....	Blattflächen zwischen Blattadern
Internodien.....	Stängelteile zwischen Blattansätzen
Läsion.....	Verletzung
Makronährstoffe.....	N, P, K, Mg, S, Ca
Marmorierung.....	fleckenweise Chlorophyllzusammenballung
Meristem.....	Bildungsgewebe
Mikronährstoffe.....	B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn
Monokotyle.....	einkeimblättrige Pflanzen
Nekrose.....	abgestorbenes Pflanzengewebe
Phloem.....	Stoffleitungsgewebe
Starrtracht.....	nährstoffmangelbedingte starre Blatt- bzw. Pflanzenhaltung
Sukkulenz.....	Pflanzenhabitus saftig, fleischig
Terminalknospe.....	Vegetationspunkt, Vegetationskegel
Welketracht.....	Welkeerscheinung, auch durch Trockenheit bedingt
xeromorph.....	Erscheinungsbild wie bei Pflanzen von Trockenstandorten
Xylem.....	Wasserleitungsgewebe

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	5
2.	Erkennen von Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen	7
2.1	Allgemeine Bemerkungen.....	7
2.2	Umweltfaktoren als Auslöser von mineralstoffbedingten Schadsymptomen	8
2.3	Auswirkungen mineralstoffbedingter Ernährungsstörungen bei Kultur- und Wildpflanzen.....	10
2.4	Mineralstoffmangel ähnliche Symptome und Faktoren, die eine visuelle Diagnose von Mineralstoffmangel und -überschuss erschweren.....	11
2.5	“Multiple“ Schadsymptome	12
2.6	Ernährungsstörungen infolge sehr hoher oder sehr niedriger Boden-pH-Werte bzw. nach pH-Verschiebungen.....	12
2.7	Allgemeine Regeln und wichtige Hinweise zum Erkennen von Schadsymptomen	14
3.	Einfacher Schlüssel zur Bestimmung von Nährstoffmangelsymptomen bei Kulturpflanzen	16
4.	Ergänzende Hinweise zum Auftreten von Nährstoffmangelsymptomen	23
4.1	Stickstoffmangel.....	23
4.2	Phosphormangel	24
4.3	Magnesiummangel	26
4.4	Kaliummangel	28
4.5	Manganmangel	30
4.6	Eisenmangel	32
4.7	Schwefelmangel.....	34
4.8	Kupfermangel	36
4.9	Calciummangel	38
4.10	Bormangel	40
4.11	Molybdänmangel	42
4.12	Zinkmangel	44
5.	Erkennen von Schadsymptomen ausgelöst durch Mineralstoffüberschuss	46
5.1	Überschusssymptome, induziert durch mineralische Pflanzennährstoffe	47
5.1.1	Makronährstoffe	47
5.1.2	Mikronährstoffe	48
5.2	Überschuss- bzw. Schadsymptome, induziert durch Schwermetalle und andere Elemente	50

6.	Entnahme von Boden- und Pflanzenproben zur Analyse als Ergänzung zur visuellen Diagnose	52
7.	Grundsätze für das Beheben von Ernährungsstörungen	54
7.1	Beheben von Nährstoffmangel	54
7.1.1	Beheben von akutem Nährstoffmangel während der Vegetation	55
7.1.2	Düngung der Folgefrüchte nach dem Auftreten von akuten Ernährungsstörungen	57
7.2	Beheben von Nährstoff- oder Schwermetallüberschuss.....	58
8.	Weiterführende Literatur	61
9.	Bildteil	63
10.	Farbbilder-Autorennachweis	361
11.	Sachwortverzeichnis	362
12.	Bildverzeichnis nach Pflanzenarten und Ernährungsstörungen	365

1. Einleitung

Seit den ersten Hinweisen von GRIS um 1844/47 (s. Kühn, 1972), dass bei Pflanzen charakteristische Veränderungen auftreten, wenn sie mit einem mineralischen Pflanzennährstoff ungenügend versorgt sind, wird die visuelle Diagnose zum Erkennen von Ernährungsstörungen bei Kultur- und Wildpflanzen als ein einfaches und unentbehrliches Hilfsmittel derer angesehen, die in Lehre und Forschung sowie vor allem in der Praxis mit Ernährungsstörungen der Pflanzen konfrontiert werden. Seit den Anfängen der modernen Agrikulturchemie ist daher das Studium der mineralstoffbedingten Mangel- und Überschusssymptome ein jeweils mehr oder weniger intensiv bearbeitetes Forschungsgebiet im Zusammenhang mit dem Einfluss und den Auswirkungen essenzieller und auch nicht lebensnotwendiger Mineralstoffe auf Wachstum, Entwicklung, Ertrag und Qualität der Pflanzen.

Trotz der seit vielen Jahrzehnten empfohlenen und durchgeführten Düngungsmaßnahmen (organisch und mineralisch) zur ausreichenden Ernährung der Pflanzen treten immer wieder Schadsymptome bei Pflanzen auf, die durch Mangel oder Überschuss an essenziellen Pflanzennährstoffen induziert werden. Desgleichen können bei zu hohen Bodengehalten oder Immissionsbelastungen von nicht lebensnotwendigen Mineralstoffen Pflanzenschädigungen mit Ertrags- und Qualitätsminderungen beobachtet werden. Überhöhte Mineralstoff-, insbesondere Schwermetallgehalte sind außerdem im Hinblick auf Erkrankungen und Beschwerden bei Menschen und Tieren relevant.

Oft ist es der Mensch, nicht frei von Irrtum und Fehlern, der zu wenig oder zu viel, einseitig und "unharmonisch" düngt, belastete Düngemittel oder Kultursubstrate im Gartenbau anwendet bzw. mit schlechter Streuqualität Düngemittel ausbringt und damit Nährstoffmangel oder -überschuss induziert. Insbesondere im intensiven Gemüseanbau mit hohen erforderlichen Düngergaben treten in dieser Hinsicht häufig noch Fehler und entsprechende Pflanzenschädigungen auf.

Das Erkennen von Ernährungsstörungen als Ursache oder Folgeerscheinung für das Auftreten von Krankheiten und Beschwerden verschiedener Art bei Menschen und Tieren durch den Arzt und Veterinärmediziner sowie Ernährungswissenschaftler ist von erheblicher Bedeutung. Ebenso wichtig ist das Erkennen der Zusammenhänge einer unzureichenden, überhöhten oder disharmonischen Mineralstoffaufnahme der Pflanzen für das Auftreten abiotischer visuell erkennbarer Schadsymptome und ihre Abgrenzung von phytopathogenen und anderen Pflanzenschädigungen durch Pflanzen-, Garten- und Obstbauer, Forstwirte, Düngungsspezialisten, Phytopathologen, landwirtschaftliche Beratungsdienste, Ökologen und Pflanzenernährungswissenschaftler sowie Pflanzenbaulehrer und -studenten.

Wie der Arzt aus pathologischen und funktionellen Veränderungen bzw. Störungen Rückschlüsse auf die anzuwendende Therapie zieht, ist auch in der Pflanzenproduktion der richtige Einsatz der für optimale Ernährungsbedingungen notwendigen Pflanzennährstoffe als geplante oder Korrekturmaßnahme nur dann möglich, wenn die funktionellen und pathologischen Auswirkungen einer unzureichenden oder gestörten Mineralstoffernährung der Pflanzen bekannt sind. Bei einjährigen Pflanzen ist vor allem eine gute Kenntnis der mineralstoffbedingten Schadsymptome im Anfangsstadium bzw. während früher Entwicklungsstadien notwendig, um rechtzeitig mit einer gezielten Blattausgleichsdüngung den Ernährungszustand der Pflanzen verbessern zu können.

Wie in der Medizin die Symptomdiagnose ohne vorhergehende analytische Untersuchungen ihre Bedeutung hat, vermittelt in gleicher Weise die visuelle Pflanzendiagnose erste Hinweise zum Erkennen von Ernährungsstörungen bei Pflanzen, deren Ursachen vielfältiger Natur sein können, die dann durch entsprechende analytische Untersuchungen aufzuklären sind.

Was die Ausbildung von Mangel- und Überschusssymptomen anbetrifft, so werden diese nicht durch Mangel oder Überschuss der einzelnen Elemente an sich induziert, sondern durch eine Störung der Stoffwechselfunktionen der Pflanzen in Bezug auf das System- und/oder Produktwachstum und auf Grund der Wirksamkeit der Elemente als Bestandteil von Enzymen sowie als Aktivatoren, Katalysatoren oder Inhibitoren von Stoffwechselprozessen. Erst ausgelöste, mehr oder weniger gestörte Stoffwechselprozesse führen über Veränderungen von Pflanzeninhaltsstoffen, Zell- und Gewebsschädigungen oder -zerstörungen zur Ausbildung charakteristischer Symptome bzw. zum Absterben von Pflanzenteilen oder der gesamten Pflanzen. Auf diese stoffwechselphysiologischen Aspekte als Ursache für das Auftreten mineralstoffbedingter Schadsymptome näher einzugehen, würde jedoch im Rahmen dieses Handbuchs zu weit führen, so dass auf einschlägige Literatur verwiesen werden muss (Mengel, 1991; Bergmann, 1993; Marschner, 1995; Schilling, 2000).

“Ohne Mineralstoffe ist kein Leben von Pflanzen, Tieren und Menschen möglich! Ein unzureichender oder unausgewogener Mineralstoffhaushalt muss daher zwangsläufig bei Pflanzen, Tieren und Menschen zu Beschwerden, Leistungsminierungen und Erkrankungen führen.“

(Prof. W. Bergmann, 1965)

2. Erkennen von Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen

2.1. Allgemeine Bemerkungen

Mineralstoffbedingte Mangel- und Überschusssymptome bei Kulturpflanzen mit mehr oder weniger ausgeprägten Wachstums-, Ertrags- und Qualitätsminderungen treten nach wie vor in Abhängigkeit von verschiedenen standort- oder anbaubedingten Umständen auf. Sie sind daher im Pflanzen-, Garten- und Obstbau sowie in der Forstwirtschaft auch in Gegenwart und Zukunft von Interesse. Überhöhte Mineralstoffgehalte, insbesondere Schwermetallgehalte von Nahrungs- und Futterpflanzen sind außerdem aus medizinischen und veterinärmedizinischen Gründen relevant.

Die visuelle Pflanzendiagnose hat daher in gleicher Weise wie in der Medizin die Diagnose des Arztes ohne analytische Untersuchungen ihre Bedeutung. Voraussetzung ist jedoch hier wie dort eine gute Kenntnis der Ursachen für die auftretenden Schadsymptome, vor allem im Anfangsstadium der Symptombildung, soll die Ernährungssituation wirkungsvoll verbessert werden. Insbesondere sind bei einjährigen Pflanzen therapeutische Maßnahmen nur dann noch lohnend, wenn man die Schadsymptome im Verlauf früher Wachstumsstadien erkennt.

Einerseits führt eine unzureichende Ernährung der Pflanzen mit einem oder gleichzeitig auch mehreren lebensnotwendigen Mineralstoffen zu Störungen des Wachstums über latenten, nicht sichtbarem Mangel, bis zu visuellen Schadsymptomen, verbunden mit Ertrags- und Qualitätsminderungen der Ernteprodukte.

Andererseits kann aber auch ein Überschuss an lebensnotwendigen Mineralstoffen das Wachstum der Pflanzen bis zur Ausbildung von Schadsymptomen sowie Ertrags- und vor allem Qualitätsminderungen ebenso schädigen wie eine zu hohe Aufnahme an nicht lebensnotwendigen Mineralstoffen auf natürlich oder anthropogen belasteten Standorten.

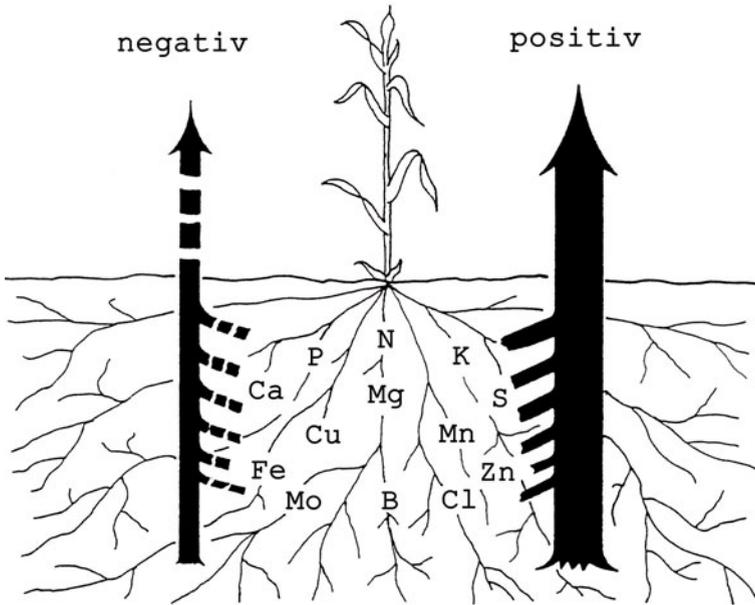
Außerdem muss darauf hingewiesen werden, dass phytopathogene (tierische Schädlinge, Pilze, Bakterien, Viren), umweltbedingte (niedrigere Temperaturen, Trockenheit, Staunässe, Wind, schlechte Bodenstruktur etc.) und anthropogene (Herbizid- und Pflanzenschutzmittelspritzungen, Wuchsstoff- und Wachstumsregleranwendungen, Blattverbrennungen durch Düngungsschäden, Rindenbeschädigungen bei Bäumen, Industrieabgase, Autoabgase, Flugstaub, Klärschlämme, Auftausalze, salzhaltiges Bewässerungswasser etc.) Einflüsse ähnliche Symptome induzieren können wie Mineralstoffmangel oder -überschuss, die das Erkennen von mineralstoffbedingten Symptomen erschweren können. Deshalb sind Hinweise zum Erkennen von Ernährungsstörungen mit Hilfe der visuellen Pflanzendiagnose als rückschauende Auskunft über eine unzureichende bzw. ausreichende Versorgung oder auch eine Belastung der Pflanzen mit Mineralstoffen von bleibendem Interesse. Im Anschluss an die Symptomdiagnose sind durch gezielte Pflanzen- und Bodenuntersuchungen sowie Berücksichtigung der Witterungsbedingungen die Ursachen aufzuklären und zu beheben, die zur Ernährungsstörung der Pflanzen geführt haben.

2.2. Umweltfaktoren als Auslöser von mineralstoffbedingten Schadsymptomen

Wenn sich an Pflanzen Nährstoffmangelsymptome bemerkbar machen, braucht der betreffende Bodennährstoff nicht in jedem Fall in ungenügenden pflanzenverfügbaren Mengen vorzuliegen. So können z. B. Trockenheit, Kälte, zu hohe Beregnungsgaben bzw. Niederschläge, CO₂-Anreicherungen im Boden, Mäusefraß an den Wurzeln, Nematodenbefall, mechanische Verletzungen an den Wurzeln und dem Leitgewebe, verschiedene durch Insekten, Pilze, Bakterien und Viren bedingte biotische Schädigungen durch Hemmung der Mineralstoffaufnahme und -verlagerung diesen oder jenen Mineralstoffmangel induzieren. Licht, Temperatur, die Wasserversorgung der Pflanzen sowie die Luftfeuchtigkeit beeinflussen nicht nur das Wachstum der Pflanzen, sondern auch die Aufnahme und Wirkungsweise der Mineralstoffe sowie den Nährstoffbedarf in der Zeiteinheit (schnell wachsende Pflanzen mit hohem Ertragsniveau haben einen höheren Bedarf). So konnte z. B. in Versuchen gezeigt werden, dass die gleichen Pflanzen, die bei hoher Lichteinwirkung Zn-Mangelsymptome ausbildeten, unter mehr schattigen Wachstumsbedingungen ohne Mangelsymptome wuchsen. Bei Dauerregen oder kontinuierlichen Beregnungsgaben während längerer Trockenperioden können z. B. K-Ionen aus Blättern ausgewaschen werden, bis zum Auftreten von K-Mangelsymptomen. Ähnlich wirken "saure Niederschläge" sowie Belastungen der Blätter mit Ozon und Photooxidanzien, wie z. B. bei den ehemals weit verbreiteten, meist mit Mg- und K-Mangel verbundenen "neuartigen Waldschäden". Bormangel tritt in vielen Fällen erst nach längeren Trockenperioden auf, da Bor in gleicher Weise wie Calcium mit dem Transpirationsstrom aufgenommen und in der Pflanze verlagert wird. In Gewächshäusern mit hoher Luftfeuchte und verminderter Transpiration sind B- und Ca-Mangel häufiger als unter Freilandbedingungen anzutreffen, wie zum Beispiel Blütenendfäule bei Tomaten (Abb. 292, 296). Umgekehrt kommt Magnesiummangel nach nassen Frühjahren häufiger vor als nach trockenen.

Weitere Hinweise dazu siehe u. a. bei Bergmann (1993).

In [Übersicht 1](#) werden wichtige Einflussfaktoren auf die Nährstoffaufnahme der Pflanzen dargestellt.



- hohe Luftfeuchtigkeit und verminderte Transpiration
- Bodenverdichtung
- Bodenverschlammungen
- Pflugsohlen
- zu niedriger und zu hoher pH-Wert
- Wasserstau
- trockener Boden
- kalter Boden
- CO₂-, Bikarbonatanreicherung
- O₂-Mangel
- gehemmtes Wurzelwachstum
- Mäusefraß, Nematodenbefall und andere phytopathogene Schädigungen der Wurzeln und der Leitgefäße

- hohe Transpiration der Pflanzen
- gute Bodenstruktur und O₂-Versorgung der Wurzeln
- optimale Humusversorgung des Bodens
- aktives Bodenleben
- optimaler pH-Wert
- feuchter Boden
- warmer Boden
- intensive Bodendurchwurzelung und tiefreichende Wurzel ausbreitung

Übersicht 1: Beeinflussung der Nährstoffaufnahme der Pflanzen durch Standortfaktoren (aus Bergmann, 1993)

2.3 Auswirkungen mineralstoffbedingter Ernährungsstörungen bei Kultur- und Wildpflanzen

Ernährungsbedingte Störungen des normalen Ablaufs von Wachstum und Entwicklung der Pflanzen, die allgemein als “Mangel- oder Überschusssymptome“ bezeichnet werden, können sich in Abhängigkeit von der Schwere des Mangels oder Überschusses, der Funktion des Elementes im Stoffwechsel und dem Auftreten im Verlauf der Entwicklung der Pflanzen in vielfältiger Weise ausprägen und bemerkbar machen.

Mineralstoffbedingte Wachstumsanomalien können praktisch an allen Organen der Pflanzen, wie Blättern, Stängeln, Blüten, Früchten, Samen und auch an den Wurzeln auftreten. Je nach der Funktion des betreffenden Mineralstoffes im Stoffwechselablauf der Pflanzen und seiner Translokation sowie Redistribution innerhalb der Pflanzen sind diese oder jene Organe der Pflanzen zuerst am stärksten betroffen, wodurch oftmals, wie z. B. bei Fe und Mn oder Mg und Mn, erst eine Unterscheidung in Bezug auf den induzierten Mangel durch das betreffende Element möglich ist. Frühe Symptomausbildungen durch mineralstoffbedingte Ernährungsstörungen führen stets zu mehr oder weniger starken Ertragsminderungen, z. T. zu Totalschäden. Treten dagegen, oft bedingt durch Witterungseinflüsse, sichtbare Schadsymptome erst in einem späteren Entwicklungsstadium oder erst kurz vor der Ernte der Pflanzen auf, dann ist meist nur mit geringen Ertrags- und/oder Qualitätsminderungen zu rechnen, die dann häufig nicht als mineralstoffbedingte Schadeinwirkungen erkannt werden.

Bei Wachstumsanomalien und dem Auftreten von Schadsymptomen auf Grund von Ernährungsstörungen der Pflanzen unterscheidet man:

- leichte Ertragsminderungen ohne und mit sichtbaren Symptomen;
- geringes Wachstum der gesamten Pflanzen bis zu Zwergwuchs;
- Änderungen des normalen Pflanzenhabitus (z. B. Starrtracht, Welketracht);
- Trieb- und Zweigverkürzungen durch gehemmtes Internodienwachstum, in Extremfällen mit rosettenartiger oder büschelförmiger Anhäufung der Blätter an den Trieb- und Zweigenden;
- Kleinblättrigkeit;
- differenziertes Auftreten von charakteristischen Chlorosen an älteren, mittleren oder jüngeren Blättern, wie:
 - Tüpfelchlorosen und Fleckenchlorosen;
 - Streifenchlorosen;
 - Netzwerkchlorosen (Chlorosen zwischen den feinen Adern bei Dikotylen)
 - chlorotische Marmorierung und Verfärbung;
 - großflächige Interkostalchlorosen;
 - Blattrandchlorosen;
 - Totalchlorosen der Blätter;
- Auftreten von “Verbrennungen“ oder von “Vertrocknungen“ in Form von Nekrosen mit und ohne vorhergehende Chloroseerscheinungen;
- spezifische Blattsymptome, die zu verschiedenen Entwicklungsstadien der Pflanzen erscheinen, wie Verformung, Verkrüppelung, ganz allgemein Missgestaltung der Blätter, besonders der jüngsten, z. T. mit reduzierten Blattspreiten;
- Verkahlung der Zweige von der Spitze oder auch von der Basis ausgehend;

- Eintrocknen und Verdorren von Zweigenden bei Holzgewächsen (**“Spitzen-dürre“**);
- Absterben der Spross- und Vegetationspunkte, z. T. verbunden mit seitlichen Neuaustrieben und erneutem Absterben (**“Storchennestbildung“** bei Nadelbäumen);
- makro- und/oder mikroskopisch erkennbare Gewebeanomalien;
- Verlängerung der vegetativen Phase, verbunden mit Reifeverzögerung, gelegentlich auch Verkürzung;
- Missbildung oder auch Nichtausbildung der generativen Organe;
- Veränderungen in der inneren Beschaffenheit der Früchte oder der für den Konsum geernteten Pflanzenteile ohne auffällige äußere Merkmale, d. h. Qualitätsminderungen verschiedenster Art;
- Missgestaltung der Früchte;
- gehemmte Fruchtausbildung, Ausbildung tauber Früchte oder totaler Ausfall der reproduktiven Phase;
- totales Absterben der Pflanzen bei sehr starkem Mangel oder auch Überschuss an einem oder mehreren Elementen;
- vollständige Wachstumshemmung und bereits Absterben im Keimlings- oder Keimpflanzenstadium;
- morphologische Veränderungen an den Wurzeln (Verlängerungen, Verkürzungen, erhöhte Seitenwurzelbildung, Verdickung der Wurzelspitzen, struppiges Aussehen, gelbe, braune, schwarze Verfärbungen und Verschleimungen).

2.4. Mineralstoffmangel ähnliche Symptome und Faktoren, die eine visuelle Diagnose von Mineralstoffmangel und -überschuss erschweren

Stoffwechselstörungen der Pflanzen, die nicht auf Mineralstoffmangel oder -überschuss beruhen, können ebenfalls zur Ausbildung von Schadsymptomen führen, die den durch Mineralstoffe induzierten mehr oder weniger ähnlich sind. So kann es z. B. durch unterbrochene Blatthauptadern bei Mais und Baumblättern zu einem Assimilatstau mit Zuckeranreicherung und Purpurfärbung der Blätter wie bei P-Mangel kommen.

Verschiedene abiotische und phytopathogene Faktoren, die auf Grund ähnlicher Symptomausbildungen die visuelle Diagnose von Ernährungsstörungen der Pflanzen erschweren, werden nachfolgend aufgeführt:

- Witterungsverhältnisse, wie z. B. niedrige Temperaturen und Frost, Trockenheit (z. B. Vertrocknen der Blattränder wie bei K-Mangel), anhaltende Windeinflüsse, die ebenfalls zur Austrocknung von Blatträndern führen können;
- ungünstige Bodenverhältnisse, Staunässe, Bodenverdichtung, zu locker gelagerter Boden;
- tierische Schädlinge, wie Nematoden, Drahtwürmer, andere Wurzel- und Stängelschädlinge, Mücken, Wurzelfliegen, Rüsselkäfer, Blattläuse, Rote Spinne;
- Pilz- und Bakterienkrankheiten, wie z. B. Streifenkrankheit der Blätter, Wurzel und Fußkrankheiten, Obstbaumkrebs, Botrytisbefall, Blattfallkrankheit der Beerensträucher, Rhizoctoniabefall, Kartoffel- und andere Virosen;
- mechanische Verletzungen und andere Schäden, wie z. B. Beschädigung der Rinde von Bäumen, Spritzschäden;

- Schädigungen, wie Blattverbrennungen durch Düngemittel;
- Schadstoffimmissionen, wie z. B. durch Zement- und andere Stäube, Chlor-, Fluor- und andere gasförmige Immissionen;
- Schädigung durch Anwendung von Herbiziden, Fungiziden, Insektiziden und Wachstumsreglern.

Die Diagnose von Nährstoffmangel- und -überschusssymptomen als rückschauende Auskunft über Ernährungsstörungen bei Pflanzen erfordert daher, dass die durch Insekten, Pilze, Bakterien, Trockenheit sowie die genannten anderen Faktoren entstehenden Symptome bekannt sind, damit Verwechslungen weitgehend ausgeschlossen werden können. Nähere Hinweise dazu siehe u. a. bei Bergmann (1993).

2.5. "Multiple" Schadsymptome

Unter dem Begriff "Multiple Schadsymptome", die eine visuelle Diagnose erheblich erschweren können, fasst man nicht nur "Mischsymptome" durch Mangel oder Überschuss mehrerer Elemente zusammen, sondern man spricht auch dann von "multiplen" Symptomen wenn auf dem gleichen Standort verschiedene Mangel- oder Überschusssymptome unabhängig voneinander bei verschiedenen Pflanzenarten auftreten, je nachdem, auf welchen Mangel die eine oder andere Pflanzenart als spezifische Indikatorpflanze anspricht. So kann z. B. auf einem B-, Mn- und Mg-armen Standort B-Mangel nur bei Zuckerrüben, Roten Rüben und Kohlrüben, Mn-Mangel nur bei Zuckerrüben, Roten Rüben sowie schwach bei Kartoffeln und Mg-Mangel bei Kartoffeln, Lein und Kohlrüben in ausgeprägter Form auftreten (s. Bergmann, 1993). Bei "multiplen" Symptomen, die gleichzeitig an der gleichen Pflanzenart entstehen, wie z. B. Mn- und B-Mangel, Mn- und Cu-Mangel, Mo- und Fe-Mangel, Fe- und Mn-Mangel, Fe- und Zn-Mangel, K- und Mg-Mangel oder N- und P-Mangel dominieren häufig die Symptome der Elemente, deren Gehalt sich am stärksten im Minimum befindet. Wird das betreffende Element zugeführt, dann treten die Symptome der anderen Elemente umso stärker in Erscheinung.

2.6. Ernährungsstörungen infolge sehr hoher oder sehr niedriger Boden-pH-Werte bzw. nach pH-Verschiebungen infolge von Bewirtschaftungsmaßnahmen

Niedrige oder hohe Boden-pH-Werte sowie starke Verschiebungen der Boden-pH-Werte, vor allem durch Düngungsmaßnahmen nach beiden Seiten können über Nährstofffestlegungen oder -freisetzungen zur Ausbildung von Mangel- und/oder Überschusssymptomen führen.

So findet man einerseits auf sauren bzw. versauerten Böden eine reduzierte Verfügbarkeit und Aufnahme, verbunden mit Mangel an P, K, Mg, S und/oder Mo, und andererseits Al^{3+} -, Mn^{2+} -, z. T. Fe- und andere Schwermetalltoxizität, vor allem bei pH-Werten $< 5,0$ auf Mineralböden. Ohne nähere Analysen der Symptome, oft Mischsymptome, spricht man dann von so genannten "Säureschäden", obwohl der niedrige pH-Wert an sich, von Extremwerten abgesehen ($< 4,0 - 5,0$), nicht zu entsprechenden Schäden führt, wenn es zu keinem Unter- oder Überangebot an bestimmten Elementen kommt. Vor allem reagieren Gemüsepflanzen empfindlich auf stärkere pH-Wert-Verschiebungen im Boden.

Optimales Pflanzenwachstum ohne Schadsymptome oder auch nur latentem Mangel und die effektive Nutzung der angewandten Düngermengen ist daher auf sauren bzw. versauerten Böden nur in Verbindung mit entsprechenden Kalkgaben möglich, wenn keine "säuretoleranten Pflanzenarten oder -sorten" angebaut werden.

Auf Kalkböden bzw. bei Überkalkung von Böden (vor allem sind in dieser Hinsicht leichte, tonarme Sandböden gefährdet) treten häufig Schadsymptome von Mangel an P, Fe, Mn, B, Zn und/oder Cu auf, da diese Elemente bei hohen pH-Werten weniger verfügbar sind. Insbesondere bewirken starke Aufkalkungen saurer Böden über pH 6,5/7,0 häufig Ertragsminderungen infolge Mangel an den genannten Mikronährstoffen.

Andererseits ist bei hohen pH-Werten die Mo-Verfügbarkeit sehr hoch, so dass bei Mo-Mangel auf sauren Böden oft schon eine Aufkalkung für eine ausreichende Mo-Versorgung der Pflanzen ausreicht. Auf manchen Böden, z. B. sauren Schieferverwitterungsböden mit hier nicht verfügbaren, aber relativ hohen Mo-Gehalten, kann es nach einer Aufkalkung leicht zu einer erhöhten Mo-Aufnahme der Pflanzen und hinsichtlich Futterpflanzen zu Mo-Toxizität bei Tieren ("Molybdenose") kommen, die durch ausreichende Cu-Gaben vermindert werden kann. Ähnlich wie Molybdän wird auch Selen, das auf sauren Böden schwer verfügbar ist, auf Kalkböden bzw. nach Aufkalkungen verstärkt von den Pflanzen aufgenommen. Sehr hohe Se-Gehalte in Futterpflanzen, wie in manchen Gebieten der USA, können ebenfalls zu Tiererkrankungen, bekannt unter "Alkali disease" führen.

Neben dem "Gesamtboden-pH-Wert" spielen Änderungen der "Rhizosphären-pH-Werte" der angebauten Pflanzenarten und -sorten in Abhängigkeit von Düngungsmaßnahmen (z. B. NH_4^+ - oder NO_3^- -Düngung) eine nicht unerhebliche Rolle. Unterschiede zum pH-Wert des Gesamtbodens bis zu 2,0 und mehr pH-Einheiten beeinflussen die Nährstoffaufnahme der Pflanzen erheblich. Diese Wirkung betrifft insbesondere die Elemente, deren Verfügbarkeit stark pH-abhängig ist, wie z. B. die erhöhte P-Aufnahme aus Ca-Phosphaten bei NH_4 -Düngung oder verschiedene Mikronährstoffe und Schwermetalle.

Hinsichtlich der Nährstoffverfügbarkeit im Rhizosphärenbereich spielt außerdem die "Reduktionskapazität der Wurzeln" sowie die Zusammensetzung und Menge ihrer Wurzelausscheidungen (organische, chelatisierende und reduzierende Substanzen) sowie die Mikrobenaktivitäten im Rhizosphärenbereich eine Rolle.

"Ein Landwirt, der ohne Kenntnis des pH-Wertes und des Kalkzustandes seinen Boden düngt, gleicht einem Schiffer der ohne Kompass auf den Weltmeeren fährt."

(Prof. Hudig; Holland, 20er Jahre des 20. Jahrhundert)

Ausführliche Angaben zu dem genannten Fragenkomplex siehe u. a. bei Bergmann (1993).

Abbildungen:

Landwirtschaftliche Pflanzenarten	S. 163 ff.
Gärtnerische Pflanzenarten	S. 168
Forstpflanzen	S. 169

2.7. Allgemeine Regeln und wichtige Hinweise zum Erkennen von Schadsymptomen

Als eine allgemeine Regel gilt: virusbedingte chlorotische Flecken haben scharf abgesetzte Begrenzungen und sind häufig durch mehr eckige Formen gekennzeichnet, während durch Nährstoffmangel bedingte chlorotische Flecken einen mehr allmählich verlaufenden Farbübergang aufweisen.

Eine Ausnahme bilden die scharf abgesetzten grünen Adern in gelbgrünen, zitronengelben bis gelbweißen Blättern, die bei Fe-Mangel auftreten.

Wichtige Unterscheidungsmerkmale:

Nährstoffmangelsymptome: **allgemein symmetrisch;**

phytopathogene Symptome: **meist asymmetrisch, irregulär;**

Ein wichtiger Grundsatz besteht darin, dass die für einen Nährstoffmangel typischen Symptome mehr am Anfang der Symptomausbildung entstehen und daher am besten als Diagnosemerkmale geeignet sind, was eine ständige Beobachtung des Pflanzenbestandes erfordert. Aber auch in diesem Fall gibt es Ausnahmen, wie z. B. bei Cu-Mangel von Getreide oder B-Mangel bei Rüben, die im fortgeschrittenen Stadium im Allgemeinen leichter zu identifizieren sind. Weiter ist zu beachten, dass Nährstoffmangel- oder -überschusssymptome weniger an einzelnen Pflanzen allein auftreten, sondern eher flächenmäßig ausgedehnt (Ausnahme: häufig in Baumbeständen).

Bei der visuellen Diagnose von Schadsymptomen unter Praxisbedingungen sollte man grundsätzlich so vorgehen:

- man überprüft zunächst an der gesamten Pflanze, möglichst einschließlich der Wurzeln, oder am gesamten Pflanzenbestand, ob phytopathogene Schädigungen durch Insekten, Pilze, Bakterien oder Viren vorliegen. Erkennbar, aber nicht in allen Fällen, sind diese Schadbilder an ihrer asymmetrischen Ausbildung;
- sind phytopathogene Faktoren auszuschließen, ist festzustellen, ob Herbizide, Wachstumsregler oder Pflanzenschutzmittel eingesetzt worden sind;
- ist dies auch nicht der Fall, ermittelt man, ob Immissionsschäden vorliegen, erkundigt sich nach der Ackerbau- und Düngungspraxis sowie nach den Ergebnissen der Bodenuntersuchung;
- des Weiteren informiert man sich über die Witterungsbedingungen der vorhergehenden Tage und Wochen;
- bestehen dann immer noch Zweifel, muss die unmittelbare agrochemische Boden- und Pflanzenanalyse zu Rate gezogen werden; möglicherweise auch die Untersuchung physikalischer Standortfaktoren, wie z. B. Ermittlung von Bodenverdichtungen, Staunässe, Bodenartenunterschiede etc.

Schließlich sollte man sich auch nach möglichen Gründen für das Auftreten und die Ausbildung von ernährungsbedingten Schadsymptomen fragen, die vielfältiger Natur sein können:

- gravierende Düngungsfehler, Auswaschung, unzureichende oder erhöhte Nachlieferung, Fixierung etc. von Pflanzennährstoffen und unkontrollierter Eintrag nicht essenzieller Elemente oder
- gestörte Aufnahme auf Grund von Ionenantagonismen ($K \leftrightarrow Mg$, $K \leftrightarrow B$, $P \leftrightarrow Zn$ usw.) oder infolge von Trockenheit, O_2 -Mangel im Boden bzw. Nährsubstrat, mangelnder Krumentiefe etc.

Erschwert wird die visuelle Diagnose von Ernährungsstörungen auch dadurch, dass die aus Hydro- und Sandkulturen bekannten Schadsymptome mit den unter Freilandbedingungen auftretenden Schadsymptomen nicht immer ganz übereinstimmen, wie z. B. bei Mangan (nähere Hinweise dazu siehe u. a. bei Bergmann, 1993).

Mit fortschreitender Ausprägung visueller Schadsymptome werden immer mehr Zell- und Gewebepartien geschädigt, wodurch mit einer Zunahme von Symptombildungen gerechnet werden muss, die dann als **“Sekundärsymptome“** bezeichnet werden, im Gegensatz zu den **“Primärsymptomen“**, die sich unmittelbar als Folge eines Mangels oder Überschusses ausbilden. Schließlich kann es zu einer Symptombildung kommen, die in der Literatur als **“Symptom-Syndrom“** bezeichnet wird, das häufig durch zusätzliche phytopathogene Infektionen der geschwächten Pflanze noch erweitert und dann für Diagnosen erschwert werden kann. Bei der Identifizierung von Mangel- und Überschusssymptomen muss man daher stets beachten:

- in welchem Entwicklungsstadium sich die Pflanzen befinden;
- welche Pflanzenteile (Insertionshöhe) zuerst befallen werden;
- befinden sich die Symptome im Anfangsstadium oder in einem fortgeschrittenen Stadium;
- ob bereits Sekundärinfektionen durch Mikroorganismen mit beteiligt sind; und
- inwieweit die Umweltfaktoren im weitesten Sinne des Wortes vor und während der ernährungsbedingten Schadsymptombildung günstig oder ungünstig einzustufen sind.

Gemeinsam mit der agrochemischen Boden- und Pflanzenanalyse bildet somit die visuelle Diagnose von ernährungsbedingten Schadsymptomen als einfaches Hilfsmittel unter Praxisbedingungen ein allumfassendes Kontrollsystem zum Erkennen, zur Aufklärung und zur Vermeidung von mineralstoffbedingten Ernährungsstörungen bei Kultur- und Wildpflanzen.

3. Einfacher Schlüssel zur Bestimmung von Nährstoffmangelsymptomen bei Kulturpflanzen

Die Ausbildung von Nährstoffmangelsymptomen erfolgt entsprechend der Funktion der einzelnen Elemente im Stoffwechsel der Pflanzen. Da Aufnahme, Verlagerung und Funktion der einzelnen essenziellen Mineralstoffe verschieden sind, ergeben sich bei Mangel an diesem oder jenem Element gewisse charakteristische Symptome, die vereinfacht und verallgemeinert zu einer rasch überschaubaren Diagnosehilfe, einer Art **“Pfadanalyse“**, zusammengefasst werden können. Ein derartiger **“Diagnoseschlüssel“**, der als Hilfsmittel unter Praxisbedingungen gedacht ist, kann allerdings die detaillierten Symptombeschreibungen für die einzelnen Pflanzenarten nicht ersetzen. Eingehende Symptombeschreibungen u. a. bei Bergmann (1993).

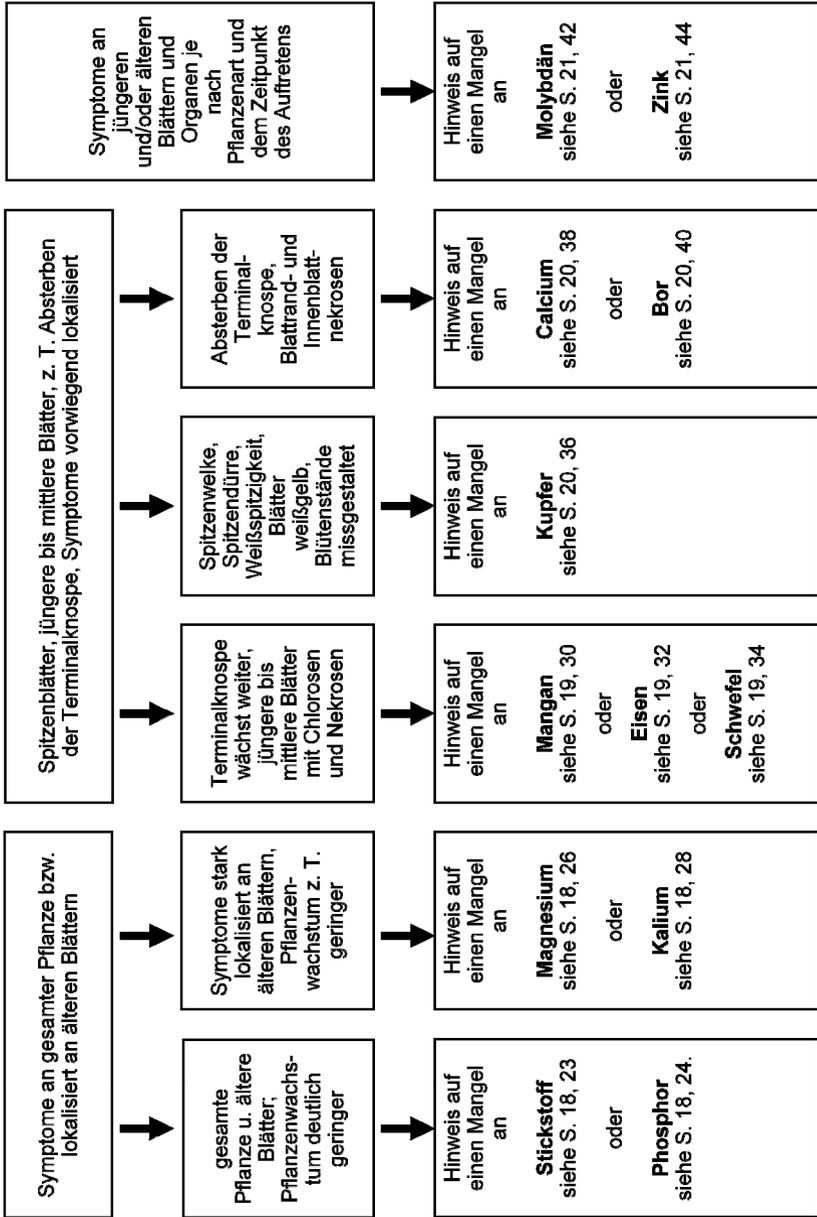
Im nachfolgenden Diagnoseschlüssel werden unterschieden:

- A Symptome am ausgeprägtesten an den älteren Blättern,**
- B Symptome vorwiegend an jüngeren Blättern, Organen und Knospen,**
- C Je nach Pflanzenart und dem Zeitpunkt des Auftretens von Mangel, Symptome an jüngeren und/oder älteren Blättern bzw. Organen,**

Innerhalb der drei Gruppen erfolgen entsprechende Untergruppierungen sowie die Beschreibung möglicher pflanzenartbedingter Abweichungen und Abstufungen.

(ergänzende ausführliche Symptombeschreibung ab S. 23)

Orientierendes Diagnoseschema zum Erkennen der Ursachen von Nährstoffmangel



A Ältere bzw. Basalblätter der Pflanzen am stärksten betroffen; Symptome lokalisiert oder verallgemeinert; Gesamtpflanzenwachstum verändert

	Mangel an:
Symptome über die gesamte Pflanze verbreitet; Verfärbung hell- oder dunkelgrün; Basalblätter am stärksten betroffen mit Gelb-, Braun- oder Rotfärbungen, Nekrosen und Vertrocknung; Starrtracht; Pflanzen klein;	
Pflanzen hellgrün bis gelbgrün; Basalblätter von Spitzen ausgehend gelb, vertrocknen mit hellbrauner Färbung; Stängel kurz und dünn; bei Getreide geringe Bestockung;	Stickstoff (N) siehe auch S. 23
Pflanzen dunkel- bis blaugrün; Stängel, Blattstiele und Adern oft rot bis purpurfarben; untere Blätter z. T. gelbbraunrot, vertrocknen mit grünbrauner, z. T. schwarz getönter Färbung; Stängel kurz und dünn; bei Getreide geringe Bestockung; bei Äpfeln schmutzig purpurne und bronzene Färbung;	Phosphor (P) siehe auch S. 24 f.
Symptome meistens lokalisiert; chlorotische Fleckenbildung mit oder ohne Nekrosen bzw. abgestorbene Zonen an den Basalblättern; mit oder ohne Absterben der Basalblätter;	
<p><u>Gramineen:</u> perlschnurartige Chlorophyllschoppung längs der Adern an älteren Blättern, z. T. rötlich bis purpurfarben (Mais); manchmal absterbende Zonen innerhalb der Chlorosestreifen; Gelbwerden bis Vertrocknen der Blätter von der Blattspitze ausgehend;</p> <p><u>Dikotyle Pflanzen:</u> gelbgrüne bis gelbe Interkostalchlorosen (z. T. auch rotviolette Färbung) der älteren Blätter, z. T. mit nachfolgenden Nekrosen; Blattnerven mit breitem, grünem Saum; Blattränder häufig noch grün; Spitzen und Ränder aufwärts gewölbt; Stängel häufig dünn;</p> <p><u>Nadelbäume:</u> Gelbwerden der Nadeln;</p>	Magnesium (Mg) siehe auch S. 26 f.
<p>Welketracht; weiße bis weißbraune Punktierung entlang des Blattrandes, sonst meist von Blattspitze und Blattrand ausgehende Chlorosen mit nachfolgenden braunen, graubraunen, rötlichbraunen bis dunkelbraunen Nekrosen, zunächst fleckenartig, später zusammenfließend flächenartig; ältere Blätter vertrocknen mit gelbbrauner bis brauner Verfärbung; Blattränder auf- oder abwärts gebogen; häufig massenhaftes Absterben der älteren Blätter; bei Kartoffelknollen “Blau- oder Schwarzfleckigkeit“</p> <p><u>Nadelbäume:</u> rote bis rotbraune Verfärbung der Nadeln;</p>	Kalium (K) siehe auch S. 28 f.

B Jüngere oder Spitzenblätter, z. T. mittlere Blätter stärker betroffen; z. T. Absterben des Vegetationspunktes; Symptome vorwiegend lokalisiert

	Mangel an:
Terminalknospe wächst gewöhnlich weiter; Welken bzw. Chlorose der jüngeren oder Knospenblätter mit oder ohne Nekrosen; Adern hell- oder dunkelgrün;	
Junge Blätter nicht verwelkt; Chlorosen mit oder ohne Nekrosen über Basalteil oder das ganze Blatt verteilt;	
<p><u>Gramineen</u>: Streifen- bis Fleckenchlorosen, häufig in grau-braune Flecken mit z. T. dunklerer Umrahmung übergehend an jüngeren bis mittleren Blättern, die bei stärkerem Mangel zusammenfließen; z. T. Abknicken der Blattspreiten, meist im unteren Teil; Blattspitzen anfangs normal grün; schlaff herabhängend;</p> <p><u>Dikotyle Pflanzen</u>: netz- oder mosaikartige Interkostalchlorosen mit grün gesäumten Hauptadern der jüngeren bis mittleren Blätter; jüngste Blätter zunächst olivgrün; auch die kleinsten Adern bleiben meist grün; später Fleckennekrosen, die z. T. perforieren; Tüpfelchlorosen und -nekrosen; geringe Wurzel-ausbildung;</p>	Mangan (Mn) siehe auch S. 30 f.
Jüngste Blätter zeigen Chlorosen, meist ohne Nekrosen; Adern entweder hell- oder dunkelgrün; z. T. Adern ebenfalls chlorotisch;	
Gelbgrüne, dann zitronengelbe bis gelbweiße Interkostalchlorosen mit scharf abgesetzten grünen Hauptadern; bei starkem Mangel auch Adern chlorotisch und braune Nekrosen auf den Blattflächen;	Eisen (Fe) siehe auch S. 32 f.
Blätter einschließlich der Hauptadern hellgrün bis gelbgrün und gelb; Blattadern oftmals heller als die Blattspreite; Pflanze hellgrüner; Starrtracht, ähnlich wie bei N-Mangel; Spross kurz und zart; bei starkem Mangel rötlich bis purpurfarbene Farbtöne und infolge Anthocyananreicherung blauviolette Farbtöne, besonders an Blattrippen;	Schwefel (S) siehe auch S. 34 f.

<p><u>Gramineen</u>: Blätter erscheinen welk und sterben meist unter Weißverfärbung, Rollen bzw. Verdrehen und Abknicken ab; starke Bestockung der im Basalteil grünen Pflanzen; Ährenbildung stark gehemmt; taube, weiß verfärbte Ähren;</p> <p><u>Dikotyle Pflanzen</u>: Junge Blätter welk und z. T. missgestaltet; Interkostalfelder hellgelb mit gelbweißen bis braungelben Nekrosen; Blütenstände missgestaltet; Vertrocknen und Verkahlen der Zweigenden;</p> <p><u>Nadelbäume</u>: spiralisches Verdrehen der endständigen Nadeln und Abbiegen der Zweige und Sprossspitze (“Pendulaform“)</p>	<p>Kupfer (Cu) siehe auch S. 36 f.</p>
<p>Nach dem Erscheinen von Verformungen an den jüngsten Blättern, von der Spitze oder vom Basalende beginnend, Absterben der Terminalknospen;</p>	
<p>Junge Blätter der Spitzentriebe haken- bzw. krallenförmig an der Spitze abgebogen; Eintrocknen und Aufreißen der Blattspreite, beginnend an Spitzen und Rändern mit hell- bis weißgrüner, z. T. auch graubrauner Verfärbung; Stängel knicken unterhalb der Blüten- oder Sprossspitze ab; “Blütenendfäule“ bei Früchten; “Stippigkeit“ bei Äpfeln; “Blattrand- und Innenblattnekrosen“ bei Gemüsepflanzen;</p>	<p>Calcium (Ca) siehe auch S. 38 f.</p>
<p>Verdicken der Endknospe; hellgrüne Verfärbung der jungen Blätter der Terminalknospe; Blätter verformt, missgestaltet, verdreht und verkümmert, häufig verdickt, starr und spröde; verkürzte Internodien; gestauchter Spross; Stängel und Terminalknospen sowie Vegetationspunkte sterben unter Braun- und Schwarzwerden ab “Herz- und Trockenfäule“; in Stängeln und Strünken hohle Stellen; bei Obstbäumen “Blütenwelke“, “Hexenbesenbildung“; bei Nadelbäumen “Storchennestbildung“;</p>	<p>Bor (B) siehe auch S. 40 f.</p>

C Je nach Pflanzenart und dem Zeitpunkt des Auftretens von Mangelsymptomen an jüngeren und/oder älteren Blättern bzw. Organen

	Mangel an:
<p>N-Mangel ähnliche Symptome bei Leguminosen; blassgrüne oder gelbfleckige Blätter bei anderen Kulturpflanzen; Blattspitzen und Blattränder mit Nekrosen nach hohen N-Gaben; Graugrün- bis Blaugrünfärbung von Blattflächen bei Brassica-Arten; gescheckte und an den Rändern aufgerollte, gekräuselte Blätter mit reduzierter Blattspreite; chlorotische und nekrotische Flecken; Mittelrippen wachsen oft allein mit stark reduzierten oder ohne Blattspreiten; “Peitschenstiel“- oder “whiptail“-Erkrankung bei Blumenkohl; Vegetationspunkt stirbt unter Verdrehen der Herzblätter ab; “Klemmherzigkeit“ bei Blumenkohl; Symptome überwiegend an jüngeren Blättern;</p>	<p>Molybdän (Mo) siehe auch S. 42 f.</p>
<p>Chlorotische, sich schnell vergrößernde Flecken mit kleinen oder größeren abgestorbenen Zonen (Aufhellen bis zu weißer Farbe); grüner Saum entlang den Adern, von den älteren Blättern ausgehend und sich über die ganze Pflanze ausbreitend, allgemein auf die Interkostalfelder begrenzt; jüngere Blätter meist dick, spröde und sehr klein sowie blassgrün bis gelbweiß bei Mais; Spross gestaucht (“Zwergwuchs“) mit büschelartig angeordneten Blättern (“Rosettenbildung“) Dikotyle Pflanzen mit kurzen Internodien; gestauchter Spross;</p>	<p>Zink (Zn) siehe auch S. 44 f.</p>

4. Ergänzende Hinweise zum Auftreten von Nährstoffmangelsymptomen

4.1. Stickstoffmangel

- Die große Bedeutung des Stickstoffs für Wachstum, Entwicklung und Ertragsbildung der Pflanzen führt dazu, dass sich N-Mangelsymptome sehr schnell und eindeutig durch Reduzierung der Wachstumsrate und einen durch Phytohormone gesteuerten Chlorophyllabbau bemerkbar machen;
- infolge leichter N-Verlagerung äußert sich N-Mangel zuerst an älteren Blättern und Pflanzenteilen in ausgeprägter Form durch Chlorophyllabbau und Vergilbungen sowie Absterbeerscheinungen;
- Reduzierung des Wachstums; Pflanzen bleiben klein im Wuchs (**“Zwergwuchs“**) und erscheinen blassgrün; geringes Trieb- und Dickenwachstum der Stängel sowie gehemmte Bestockung bei Getreide; Blätter sind kleiner als normal ohne Formveränderung; charakteristischer **“Starrtracht-Habitus“** mit leicht aufgerichteten Blattspitzen;
- Ähren- und Blütenanlagen der Pflanzen reduziert und damit auch die Erträge;
- Vergilbung der älteren Blätter bei Gramineen mit **“V-Form“** der grünen Blattränder ([Abb. 15](#)) und Ausbildung von Blattrandnekrosen bis zum Vertrocknen der älteren Blätter mit gelbbrauner bis brauner Verfärbung;
- teilweise orangerote, rötliche bis purpurrote Verfärbungen durch Anthocyanbildung infolge von Kohlenhydratüberschuss;
- N-Mangelpflanzen haben häufig einen xeromorphen Habitus, wie z. B. Hochmoorpflanzen infolge N-Mangel auf diesen Standorten;
- Wurzeln im Verhältnis zum Spross sehr lang mit geringer Seitenwurzelbildung.

Verfügbarkeit von **Stickstoff** in Abhängigkeit vom pH-Wert:



Abbildungen:

Landwirtschaftliche Pflanzenarten S. 65 ff.

Gärtnerische Pflanzenarten S. 75 ff.

Forstpflanzen S. 81 f.

Beheben von Stickstoffmangel S. 55 ff.

4.2. Phosphormangel

- da die Diffusions- und Nachlieferungsrate von Phosphationen an die Pflanzenwurzeln und damit deren Aufnahme erheblich von verschiedenen Standortfaktoren beeinflusst wird, können P-Mangelsymptome häufig auch auf "ausreichend" mit Phosphat versorgten Böden auftreten, zumindest vorübergehend im Jugendstadium der Pflanzen. So können niedrige Temperaturen und/oder Trockenheit P-Mangel induzieren. Bodenversauerung von Mineralböden führt über Al^{3+} -Toxizität und P-Festlegungen zur Ausbildung von P-Mangelsymptomen. Überkalkung von Böden, insbesondere von leichten Böden, begünstigt durch Calciumphosphatfestlegung ebenfalls das Auftreten von P-Mangel. Auch Bodenverdichtungen und -verschlammungen können bei Pflanzen P-Mangel induzieren;
- P-Mangelpflanzen können, wenn man die Wachstumshemmungen übersieht, aufgrund dunkelgrüner Färbung leicht den Eindruck einer überreichlichen N-Ernährung erwecken, besonders bei fehlender Vergleichsmöglichkeit (Freiland);
- P-Mangelsymptome werden zuerst an den älteren Blättern sichtbar, während neu gebildete Blätter gesund aussehen, allerdings ohne normale Größe zu erreichen;
- neben gehemmtem Wachstum der Pflanzen ist für P-, ähnlich wie für N-Mangel der "**Starrtracht-Habitus**" charakteristisch, allerdings mit dunkelgrüner bis blaugrüner Färbung der Blätter infolge eines erhöhten Chlorophyllgehaltes pro Flächeneinheit ("**Hyperchlorophyllierung**") und etwas nach unten gebogenen Blattspitzen;
- durch verstärkte Anthocyanbildung kommt es zu rötlichen, rotvioletten und purpurfarbenen Farbtönen der Blätter, bei Getreide vor allem der Blattscheiden und Stängel, z. T. auch der Ähren; häufig findet man auch bronzefarbene Farbtöne;
- bei anhaltendem, starkem P-Mangel Bildung von braunen bis dunkelbraunen nekrotischen Flecken auf den älteren Blättern, dunkelbraune Blattrandnekrosen und Absterben der älteren Blätter; bei Ackerbohnen, Kartoffeln und Rüben ist die Farbe dieser Flecken und Randzonen schwarzbraun bis schwarz;
- bei Leguminosen kommt es allerdings zu Blattaufhellungen, da bei sehr starkem P-Mangel die Aktivität der Knöllchenbakterien gehemmt und als Folge davon die N-Ernährung der Pflanzen reduziert ist;
- die Stängel der P-Mangelpflanzen sind kurz und dünn; die Pflanzen sind kleiner als normal und gleichen Schattenpflanzen; die Blüten sind klein, kümmerlich und häufig missgestaltet;
- bei Getreide ist die Bestockung reduziert, was zu lückenhaften Beständen führt;
- bei Rüben und anderen Arten ist der Feldaufgang mehr oder weniger lückenhaft;
- Maispflanzen bilden im Jugendstadium bei trocken/kühlen Witterungsbedingungen auch auf ausreichend mit P versorgten Böden charakteristische, purpurfarbene Mangelsymptome an älteren Blättern aus;

- P-Mangel verzögert die Reife und bewirkt unregelmäßig ausgebildete Kornreihen z. B. bei Mais;
- Brassica-Arten haben häufig bläulich-grüne Blätter mit stumpfer, matter Purpurfärbung, vor allem auf der Unterseite, z. T. rötlich aufgehellte; bei Blumenkohl zeigt der Kopf stark violette Farbtöne;
- überwinternde Pflanzen besitzen nur eine geringe Winterhärte;
- bei Apfelbäumen schmutzig purpurne und bronzene Färbung der Blätter;
- bei Laub- und Nadelbäumen führt die verstärkte Anthocyanbildung zu schmutzig- bis blaugrünen oder auch rötlichen bis rotvioletten Verfärbungen der Nadeln;
- in den Laubblättern der Bäume entwickeln sich graubraune bis rotviolette Flecken in den Interkostalflächen und am Rand;
- bei Kiefer und z. T. auch bei Fichte sind die älteren Nadeln rosa-violett, violettbraun bis rötlich verfärbt mit Nekrosen an den unteren Nadeln, die sich nach oben ausbreiten; die kurzen Nadeln sind nach dem Absterben braun; bei Fichte und Lärche findet man auch grau- bis bräunlich-blaugrün verfärbte Nadeln; die Verfärbungen treten gegen Ende des Sommers besonders stark an den Nadelspitzen auf;
- die Wurzeln der P-Mangelpflanzen bilden nur wenige Seitenwurzeln aus und sind rötlich-braun verfärbt.



Abbildungen:	
Landwirtschaftliche Pflanzenarten	S. 86 ff.
Gärtnerische Pflanzenarten	S. 95 ff.
Forstpflanzen	S. 98
Beheben von Phosphormangel	S. 55 ff.

4.3. Magnesiummangel

- Mg-Mangel tritt vor allem auf diluvialen, stark ausgewaschenen und sauren Böden mit geringer Kationenaustauschkapazität (z. B. Podsolböden) auf, außerdem bei einem zu hohen K/Mg- und/oder Ca/Mg-Verhältnis im Boden und in den Pflanzen;
- auf sauren Böden kann selbst bei ausreichenden Mg-Gehalten durch hohe verfügbare Mn^{2+} - und insbesondere Al^{3+} -Ionen die Mg-Aufnahme der Pflanzen reduziert und das Auftreten von Mg-Mangelsymptomen begünstigt oder ausgelöst werden;
- bei Getreide kommt es infolge lokaler, scheinbarer Chlorophyllzusammenballungen zunächst längs der Blattnerven der älteren Blätter zu **“perlschnurartigen Marmorierungen“** (**“Tigerung“**) bei sonst noch grünen Blattspreiten; z. T. rötliche bis purpurne Verfärbungen (Mais) und absterbende Zonen innerhalb der Chlorosestreifen, bei anhaltendem Mg-Mangel vergilbt das ganze Blatt und stirbt unter Braunwerden ab;

(Hinweis: Die Marmorierung ist besonders gut zu erkennen, wenn man das Blatt gegen das Licht hält);

- infolge guter Mg-Verlagerung beginnt Mg-Mangel an den älteren Blättern. Man unterscheidet bei dikotylen Pflanzen zwei Formen:
 - ▶ Auftreten von chlorotischen, zunehmend größeren Flecken in den Interkostalflächen, von Blattspitze und -rand sich keilförmig zur Mittelrippe ausbreitend (häufig bei Tabak, Sellerie, Rüben) sowie
 - ▶ Auftreten von Chlorosen fischgrätenartig längs der Mittelrippe oder fächerförmig zwischen den Adern ausgebildet, die längere Zeit bis zur fortschreitenden Vergilbung des ganzen Blattes erhalten bleiben, oder sich keilförmig zum Rand ausbreiten (Kartoffeln, Leguminosen, Obstbäume, Wein, Tomaten), die Blattränder bleiben häufig noch grün; Spitzen und Ränder oft aufwärts gewölbt;
- bei Obstbäumen können auch im noch grünen Blatt längs der Hauptader fischgrätenartig angeordnete Nekrosen ohne vorhergehende Chlorosen auftreten; nachfolgend vergilben die Blätter unter Beibehaltung der braunen bis schwärzlichen Nekroseflecken;
- ältere durch Mg-Mangel geschädigte Blätter werden bei Obstbäumen gewöhnlich abgeworfen, so dass es zur so genannten **“Pinselkrankheit“** der Bäume kommt; hierbei verbleiben nur noch an den Spitzen der Langtriebe einige rosettenartig angeordnete Blätter (Verkahlen der Zweige);
- fruchtttragende Triebe bei Obstbäumen zeigen zuerst bzw. verstärkt Mg-Mangelsymptome (Einlagerung von Mg in Obstkerne und Nüsse);
- Blüten oder Früchte werden selbst bei stärkerem Mg-Mangel zunächst nicht oder nur wenig geschädigt, da Mg^{2+} aus den Blättern verstärkt in Blüten, Samen und Früchte eingelagert wird;

- bei Reben bewirkt ein gestörtes K/Mg-Verhältnis der Blätter über 13 die **“Stiel-lähme der Trauben“**, bei der an Stielen und Stielverzweigungen scharf begrenzte dunkel- bis schwarzbraune, eingesunkene nekrotische Flecken erscheinen und das Absterben der Trauben verursachen können;
- bei Nadelbäumen kommt es zur **“Gelb- oder Goldspitzigkeit“** der älteren Nadeljahrgänge (bekannt als **“neuartige Waldschäden“** durch sauren Regen); bei starkem Mangel vergilben alle Nadeln und die Bäume sterben ab, in Neuanpflanzungen kommt es oft zu Totalvergilbungen aller Nadeln;
- hohe Lichtintensitäten verstärken das Auftreten von Mg-Mangelsymptomen;
- auf Mg-Mangelstandorten zeigen dem Licht ausgesetzte Nadeln von Waldbäumen häufig typische Mg-Mangelsymptome (Vergilben der Nadeln durch Anreicherung schädlicher O₂- und H₂O₂-Radikale), während die durch Zweigüberdeckungen beschatteten Nadeln grün bleiben;
- auf sauren Böden tritt Mg-Mangel häufig zusammen mit Mn-Überschuss und/oder P-Mangel auf, wodurch es zu **“multiplen“** Symptomausbildungen (**“Säureschäden“**) kommt, die eine visuelle Diagnose erschweren können;
- Mg-Mangelpflanzen bilden lange Wurzeln mit wenigen Seitenwurzeln aus.



Abbildungen:	
Landwirtschaftliche Pflanzenarten	S. 170 ff.
Gärtnerische Pflanzenarten	S. 181 ff.
Forstpflanzen	S. 192 ff.
Beheben von Magnesiummangel	S. 55 ff.

4.4. Kaliummangel

- K-Mangel tritt in erster Linie auf leichten, meist sauren Böden mit geringer Kationenaustauschkapazität oder auf Böden mit hohen Gehalten an Dreischicht-Tonmineralen auf (K-Fixierung);
- hohe bis sehr hohe Boden-Mg-Gehalte führen ebenfalls zur Ausbildung von K-Mangel;
- im Jugendstadium führen längere Trockenperioden, insbesondere auf lehm- und tonreichen Böden, vorübergehend zur Ausbildung von K-Mangelsymptomen;
- bereits ohne sichtbare Mangelsymptome erkennt man mit Kalium unterversorgte Pflanzen an ihrer im Vergleich zu ausreichend mit K ernährten Pflanzen größeren Neigung zu Welkeerscheinungen, die insbesondere an trockenen, warmen und sonnigen Tagen auftreten;
- ein typisches Symptom für K-Mangel ist die charakteristische **“Welketracht“** (Abb. 175), bei Rüben, Getreide, Flachs und anderen Arten auch **“Flaggentypus“** oder **“Trauerform“** genannt, mit herabhängenden oder nach unten gebogenen Blättern im Gegensatz zum Starrtracht-Habitus bei N- und P-Mangel;
- ganz allgemein gelten Blattrandnekrosen nach vorhergehenden Chlorosen der älteren Blätter als ein universelles Diagnosemerkmal für K-Mangel; die Symptome dürfen allerdings nicht mit Salz- oder Spritzschäden, Schäden durch lang anhaltende Trockenheit bzw. Pilzbefall verwechselt werden;
- verzögertes Wachstum, verminderte Internodienstreckung, gedrungene Wuchsform sind charakteristisch für K-Mangel;
- jüngere Blätter sind kleiner, gewöhnlich normal grün, oft dunkel- bis blaugrün, häufig mit metallisch-bronzenem Anflug;
- Blattspreiten erscheinen oft wellig und nach unten bzw. rückwärts gebogen, wie z. B. **“Sichelform“** bei Pfirsich (Abb. 236);
- auffallend sichtbare Mangelsymptome beginnen an den älteren Blättern mit Randchlorosen und -nekrosen bei Monokotylen als **“umgekehrtes V“** im Gegensatz zum N-Mangel (Abb. 163);
- bei Dikotylen (z. B. Klee, Luzerne u. a.) beginnen K-Mangelsymptome oft mit weißen bis gelbbraunen, stecknadelkopfgroßen Läsionen (**“Weißfleckigkeit“**) entlang des Blattrandes, die allmählich zusammenfließen;
- hohe Lichtintensität beschleunigt die Symptomausbildung;
- ältere Blätter sterben mit fortschreitender Symptomausbildung über die gesamte Blattspreite unter Braunwerden ab (**“Blattrand- und Blattverbrennungen“**); die Chlorosen beginnen meist von Blattspitze und Blattrand aus und gehen nachfolgend in braune, graubraune, rötlichbraune bis dunkelbraune Nekrosen über, die zunächst fleckenartig erscheinen, aber später flächenartig zusammenfließen;

- Interkostalfelder oft nach oben gewölbt mit bronzeartigen Farbtönungen jüngerer bläulichgrüner Blätter;
- Blattränder sind auf- oder abwärtsgebogen; häufig auch massenhaftes Absterben der älteren Blätter;
- im fortgeschrittenen Stadium sind K- und Mg-Mangelsymptome oft nur schwer voneinander zu unterscheiden (Unterscheidungsmerkmal: bei K-Mangel sind die Blattspreiten kleiner als bei Mg-Mangel);
- in Kartoffelknollen mit K-Gehalten meist < 2,0 % in der TM treten **“Blau- oder Schwarzfleckigkeit“** (Abb. 172) und **“Hohlherzigkeit“** auf;
- an Obstbäumen macht sich K-Mangel infolge verstärkter Auslagerung in die Früchte zuerst an den fruchtragenden Trieben bemerkbar, die Früchte sind klein, die Blätter bleiben nach dem Absterben noch längere Zeit hängen;
- bei Laubbäumen hellen sich die Blattränder auf mit nachfolgenden braunen bis braunroten, fleckigen bis zusammenhängenden Spitzen- und Randnekrosen mit z. T. chlorotischen Aufhellungen zwischen den Adern; die Symptome greifen von den älteren auf die jüngeren Blätter über (Symptome nicht verwechseln mit **“Streusalzschäden“**);
- bei Nadelbäumen gelbliche bis braune und rotbraune Verfärbungen der Nadeln, beginnend an den Nadelspitzen bis zum Verdorren der älteren Nadeln (**“Rot- oder Rotbraunspitzigkeit“**);
- die Wurzeln von K-Mangelpflanzen sind lang, gelblich und schleimig, mit wenigen Seitenwurzeln.



Abbildungen:

Landwirtschaftliche Pflanzenarten	S. 114 ff.
Gärtnerische Pflanzenarten	S. 127 ff.
Forstpflanzen	S. 141 ff.
Beheben von Kaliummangel	S. 55 ff.

4.5. Manganmangel

- Mn-Mangel kommt am häufigsten auf Böden mit hohen pH-Werten vor, insbesondere auf leichteren Böden nach starken Aufkalkungen; betroffen sind weiterhin kalkhaltige humose Sandböden sowie Niedermoorböden (pH-Werte über 6,5);
- Lehm- und Tonböden haben häufig hohe Mn-Gehalte, die trotz hoher Gesamtboden-pH-Werte infolge Absenkung der Rhizosphären-pH-Werte, vorwiegend durch Düngungsmaßnahmen, eine ausreichende Mn-Aufnahme der Pflanzen ermöglichen;
- lockerer Boden, hohe Boden-K- und Mg-Gehalte sowie anhaltende Trockenheit fördern das Auftreten von Mn-Mangel;
- im Vergleich zu den eindeutigen Symptomen bei Fe- und Mg-Mangel haben Mn-Mangelsymptome bei den verschiedenen Pflanzenarten einen weniger einheitlichen Charakter;
- Mn-Chlorosen an jüngeren, mehr basalwärts orientierten Blättern beginnen im Allgemeinen mehr tüpfelförmig in den aderfernen Gewebepartien der Interkostalflächen zwischen den kleinen Adern, bei Gramineen perlchnurartige, streifenartige Chloroseflecken zwischen den Blattnerven;
- bei Gramineen beginnen die Streifen- bis Fleckenchlorosen im Blattmittelteil der jüngeren bis mittleren Blätter, häufig in graubraune Flecken mit z. T. dunklerer Umrahmung übergehend, die bei stärkerem Mangel zusammenfließen (**“Dörrfleckenkrankheit“**, Abb. 726);
- z. T. Abknicken der Blattspreiten, meist im unteren Teil;
- Blattspitzen häufig normal grün, zumindest anfangs, und schlaff herabhängend;
- Dikotyle Pflanzen zeigen netz- oder mosaikartige Interkostalchlorosen mit grünschäumten Hauptadern (**“nadelbaumähnlich“**) in den jüngeren bis mittleren Blättern;
- die jüngsten Blätter sind zunächst olivgrün; auch die kleinsten Adern bleiben meist grün;
- später Fleckennekrosen, die z. T. perforieren; Tüpfelchlorosen und -nekrosen;
- mit fortschreitendem Mangel flächenartiges Ausdehnen der Chloroseflecken mit Verbleib eines mehr oder weniger breiten grünen Saumes entlang den Hauptadern (**“nadelbaumähnliches Adermuster“** bei Dikotylen, z. T. ähnliche Symptome wie bei Mg-Mangel);
- die Mn-Mangelzellen schrumpfen zusammen und sterben mit weißbrauner, brauner bis schwarzbrauner Verfärbung ab;
- starker Mn-Mangel führt bald zum Absterben der Blätter mit Wachstumshemmungen, verminderter Blüten- und Fruchtbildung sowie spärlichem Blatt- und Wurzelwachstum;

- in den Samen von Leguminosen (z. B. Erbsen, Bohnen) treten oft ohne deutliche äußerlich sichtbare Zeichen von Mn-Mangel an den Pflanzen braune, rotbraune bis schwarzbraune Flecken auf (**“Braunherzigkeit“** der Erbsen, **“Marschfleckigkeit“** der Bohnen, die häufig auf Marschböden mit hohen pH-Werten vorkommen);
- bei Obstbäumen treten blassgrüne bis stumpfgelbe Interkostalchlorosen mit breitem, grünem Rand entlang den Adern an den jüngeren bis mittleren vollentwickelten Blättern auf; bei starkem Mangel sind die Blätter etwas kleiner;
- bei Laubbäumen erscheinen Tüpfel-, Netzwerk- oder nadelbaumähnliche Chlorosen mehr an etwas älteren, völlig ausgewachsenen Blättern, während die jüngsten Blätter noch grün, meist hell- bis olivgrün sind;
- Nadelbäume zeigen blassgrüne bis gelbgrüne Verfärbungen der jüngeren Nadeln bzw. der Nadeln an den neuen Austrieben;
- Unterscheidung von Mg-, Zn-, Fe- und Mn-Mangel: Bei Mg- und Zn-Mangel treten die Interkostalchlorosen an den ältesten Blättern und bei Fe-Mangel mit stets scharf abgesetzten Adern an den jüngsten Blättern auf, während die Mn-Mangelsymptome meist zuerst an den jüngeren bis mittleren Blättern zu beobachten sind.
- Mn-Mangelpflanzen weisen eine geringe Wurzelbildung auf, oft mit bräunlicher Verfärbung.



Abbildungen:

Landwirtschaftliche Pflanzenarten	S. 293 ff.
Gärtnerische Pflanzenarten	S. 305 ff.
Forstpflanzen	S. 314 f.
Beheben von Manganmangel	S. 55 ff.

4.6. Eisenmangel

- Fe-Mangel wird als die vor über 150 Jahren zuerst beschriebene und als “klassisch“ bezeichnete Nährstoffmangelkrankheit angesehen, die gewöhnlich bei ausreichenden, aber nicht aktiv werdenden Fe-Gehalten der Blätter je nach Auftreten unter verschiedenen Umweltbedingungen mit unterschiedlichen Termini in der Literatur bezeichnet wird: “**Kalkchlorose**“, “**Schlechtwetterchlorose**“, “**Verdichtungschlorose**“, “**Überlastungschlorose**“, “**Gelblaubigkeit**“ bei Obstbäumen und Weinreben;
- Hauptursachen für das Auftreten von Fe-Mangel sind eine Sauerstoffverknappung in der Wurzelzone, Bikarbonatanreicherungen in der Rhizosphäre und häufig ein zu hohes P/Fe- oder Cu/Fe-Verhältnis in den Blättern;
- bedingt durch kaltes, nasses Wetter mit geringer Lichteinstrahlung (bei hoher Bodendurchfeuchtung und Kälte ist mehr CO₂ im Bodenwasser gelöst) treten bei nachfolgender warmer und das Sprosswachstum begünstigender Witterung vorwiegend auf kalkreichen Böden bevorzugt Fe-Mangelsymptome auf, besonders bei Sträuchern und Bäumen (“**Schlechtwetterchlorose**“);
- das Auftreten von Fe-Mangel in Dauerkulturen kann daher auf dem gleichen Standort in Abhängigkeit vom Wetter von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich sein;
- man unterscheidet zwischen “**echtem Fe-Mangel**“ (zu geringe Fe-Gehalte der Blätter) und “**induzierten Fe-Mangelchlorosen**“ (mit ausreichenden und häufig erhöhten Fe-Gehalten der Blätter in inaktiver Fe(III)-Form) bzw. “**primärem und sekundärem Fe-Mangel**“; “echter Fe-Mangel“ kommt unter praktischen Bedingungen auf Fe-armen Hochmoorböden bzw. daraus hergestellten Kultursubstraten ohne Fe-Düngung vor;
- Fe-Mangelsymptome sind unverwechselbar mit zunehmender Vergilbung der jüngsten Blätter mit scharf abgesetzten grünen Adern bzw. Blattnerven bei Gramineen zu erkennen, so dass die visuelle Symptomdiagnose das beste Erkennungsmerkmal für Fe-Mangel ist;
- bei starkem bis sehr starkem Mangel auch Adern chlorotisch und, vom Rand beginnend, braune Nekrosen auf den Blattflächen;
- unter anhaltendem Mangel basale Ausbreitung der Chlorosen bis zu totaler Ausbreitung auf alle Blätter (besonders bei Obstbäumen);
- bei Obstbäumen treten die Fe-Mangelsymptome häufig erst ab dem 3. bis 5. Jahr nach der Pflanzung oder erst an älteren Bäumen auf, wenn die Wurzeln in sauerstoffärmere Bodentiefen vordringen;
- Stängel sind bei nahezu normalem Längenwachstum dünner als normal;
- als Folge von starkem bis sehr starkem Fe-Mangel können bei Bäumen alle Blätter vergilben und vertrocknen sowie abfallen, häufig im Juli/August, so dass es zum “**Sommersterben**“ der Bäume kommen kann;

- nach andauerndem Fe-Mangel der Bäume über mehrere Jahre wird auf Grund eines gestörten Energie- und Gesamtstoffwechsels die Frost- und Winterhärte vermindert, so dass es zum **“Wintersterben“** der Bäume kommt;
- bei Erdbeeren erscheinen die jüngsten bis jüngeren Blätter gelb bis gelbweiß mit scharf abgesetzten Adern; die Zähnung des Randes der älteren Blätter stirbt unter Braunfärbung ab; bei anhaltendem Fe-Mangel sind auch die Adern der jüngsten Blätter chlorotisch;
- bei Nadelbäumen sind die jüngsten Nadeln gelb verfärbt;
- Fe-Mangel wird gewöhnlich durch Blattdüngung mit Fe-Chelaten behandelt, wobei allerdings die bereits ausgewachsenen vergilbten Blätter nur noch fleckenartig ergrünen (Abb. 677) im Gegensatz zu den noch im Wachstum begriffenen Blättern;
- Fe-Bodendüngung ist bei induziertem bzw. sekundärem Fe-Mangel meist nicht sinnvoll, da gedüngtes Fe schnell inaktiviert wird;
- die Beseitigung der Bodenfaktoren, die zu Fe-Mangel führen (Sauerstoffmangel, Bikarbonatanreicherungen, zu hohe pH-Werte und Vermeidung zu hoher Boden-P-Gehalte) ist die beste Methode zur Verhinderung von Fe-Mangel; Fe-Mangel kann nach wie vor als die am schwersten zu behebbende Nährstoffmangelkrankheit angesehen werden;
- Fe-Mangelpflanzen bilden kurze braun verfärbte Wurzeln mit vielen Seitenwurzeln aus.



Abbildungen:

Landwirtschaftliche Pflanzenarten S. 270 ff.

Gärtnerische Pflanzenarten S. 273 ff.

Forstpflanzen S. 291 f.

Beheben von Eisenmangel S. 55 ff.

4.7. Schwefelmangel

- unter Praxisbedingungen ist der Schwefelmangel in erster Linie in industriereifen ländlichen Gebieten ohne SO₂-Immissionen und bei zunehmendem Einsatz schwefelarmer Düngemittel zu beobachten;
- der in der Gegenwart häufig auftretende S-Mangel bei Kulturpflanzen beruht auf der starken Reduzierung der SO₂-Immissionen in den vergangenen 10 bis 20 Jahren, die ehemals über die so genannten sauren Niederschläge zu den verbreiteten **„neuartigen Waldschäden“** (vorwiegend Mg-Mangel) in den europäischen Wäldern und anderswo führten;
- mit S-Mangel ist auf gefährdeten Standorten besonders in Verbindung mit hohen N-Düngergaben (**gestörte N/S-Verhältnisse**) zu rechnen;
- S-Mangel tritt insbesondere auf durchlässigen, sandigen, skelettreichen und flachgründigen Böden in Gebieten mit geringen SO₂-Immissionen und hohen Niederschlägen auf, da SO₄²⁻-Ionen leicht mit dem Sickerwasser aus dem Wurzelbereich der Pflanzen ausgewaschen werden; ein gehemmtes Wurzelwachstum, z. B. infolge von Bodenverdichtungen, kann die Ausbildung von S-Mangel fördern;
- ohne nennenswerte Symptome tritt latenter S-Mangel gewöhnlich bei zu hohen N/S-Verhältnissen auf, wie überhaupt das N/S-Verhältnis der Pflanzen im Hinblick auf einen ausgewogenen Haushalt an S- und N-haltigen Aminosäuren zur Proteinbildung von entscheidender Bedeutung für S- bzw. N-Mangel ist und bei der Beurteilung des S- und N-Bedarfes stärker berücksichtigt werden sollte;
- S-Mangelpflanzen sind gewöhnlich kleiner als normal gewachsene Pflanzen und haben wie N-Mangelpflanzen ein **„starrtrachtähnliches Aussehen“**;
- die Blätter von S-Mangelpflanzen sind kleiner und schmaler, die im Längenwachstum gehemmten Sprosse sind dünn;
- S-Mangelpflanzen gleichen in der Verfärbung häufig N-Mangelpflanzen, wobei im Gegensatz zum beginnenden N-Mangel die S-Mangelsymptome zunächst durch Vergilben der jüngeren Blätter erscheinen; die älteren Blätter sterben bei S-Mangel im Gegensatz zu N-Mangel nicht ab;
- bei S-Mangel verfärben sich die jüngsten Blätter von blassgrün in verschiedenen Farbstufen bis zur völligen Gelbfärbung unter Einschluss der Adern mit z. T. rötlichen bis purpurnen Farbtönen bei starkem Mangel (Anthocyanbildung infolge Kohlenhydratstau); die beginnenden Chlorosen sind zunächst z. T. auf schmale Streifen um die Adern begrenzt und dehnen sich im weiteren Verlauf entlang der Adern auf das gesamte Blatt aus;
- bei manchen Pflanzen, wie z. B. Raps, der einen hohen S-Bedarf hat, zeigen die Blattrippen, z. T. auch Zonen der Blattspreiten infolge Anthocyananreicherungen blauviolette Farbtöne;
- infolge von Kohlenhydratanreicherungen bilden S-Mangelpflanzen reichlich Festigungsgewebe aus, wodurch die Trockensubstanzgehalte gegenüber normal gewachsenen Pflanzen erhöht sind;

- auf Böden mit erhöhten Cl-Gehalten (z. B. KCl-Düngung) nehmen Pflanzen bei S-Mangel verstärkt Cl-Ionen auf, so dass die Blätter dicker und saftreicher werden und die Pflanzen mit kürzeren Internodien sukkulenten Pflanzen gleichen;
- starker anhaltender S-Mangel kann auf Blattspreiten und -stielen zu braunen Nekrosen führen;
- Auftreten von rötlichen bis purpurnen Verfärbungen bei starkem Mangel;
- bei Raps und anderen Kruziferen führt S-Mangel zu **“Sitzenbleiben“**, **“Starrtracht“** und **“gelbweißen Blüten“**; "löffelartigen" Blattmissbildungen (**“Löffelbildung“**); Rapsschoten sind meist kleiner und mit wenigen Körnern;
- bei Gramineen Vergilben der Pflanzen, beginnend an den jüngeren Blättern; geringe Bestockung, gehemmtes Wachstum, Starrtracht, Verzögerung der Ähren-, Rispen-, Kolben- und Blütenbildung; Nekrosen bei starkem Mangel; bei Mais z. T. rötliche Farbtöne;
- bei Obstbäumen Gelbwerden der Blattbasis und Mittelrippe mit nachfolgender Ausdehnung der Chlorose entlang der Adern zur Blattspitze;
- an Nadelbäumen sind die kurzen Nadeln gelbgrün bis weißbläulich verfärbt; die Bäume sterben bald ab;
- S-Mangelpflanzen bilden viele reich verzweigte, weiße Wurzeln aus.



Abbildungen:

Landwirtschaftliche Pflanzenarten	S. 100 ff.
Gärtnerische Pflanzenarten	S. 109 ff.
Beheben von Schwefelmangel	S. 55 ff.

4.8. Kupfermangel

- Cu-Mangel findet man häufig auf Böden mit hohem Humusgehalt (Anmoor- und Moorböden, stark humose Sande), da Cu von den Humusstoffen des Bodens sehr stark sorptiv und komplex gebunden wird; je höher der Gehalt der Böden an organischer Substanz (bes. Moorböden), desto größer ist die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Cu-Mangel. Schon im 19. Jahrhundert war Cu-Mangel ohne Kenntnis der Ursachen unter dem Namen **“Heidemoorkrankheit“** oder **“Urbarmachungskrankheit“** in verschiedenen Gebieten Europas bekannt;
- Cu-Mangelsymptome machen sich zuerst an den jüngeren, stoffwechselaktiven Blättern und Organen bemerkbar;
- unter Cu-Mangel ist das generative Wachstum bzw. die generative Entwicklungsphase der Pflanzen und damit deren Samenproduktion stärker gefährdet als die vegetative Wachstumsphase, so dass der Ertrag vegetativer Pflanzenteile von Cu-Mangelpflanzen (bei Getreide hohe Nachschosserbildung ohne Ähren) höher sein kann als bei ausreichend mit Cu ernährten;
- bei Getreide wird die Anzahl der Blütenanlagen vermindert und es kommt zur **“Pollensterilität“** mit schartiger Ähren- und Kornausbildung (z. T. einzelne große Körner);
- an Dikotylen, vor allem bei Bäumen, bilden sich vor dem Auftreten von Mangelsymptomen (missgestaltete junge Blätter) und dem Absterben der jüngsten, kaum entfaltenen Blätter und Triebspitzen häufig erst ungewöhnlich große Blätter aus;
- Blütenstände von Dikotylen sind ebenfalls missgestaltet und sterben bei starkem Mangel ab, was sich im Zierpflanzenanbau besonders nachteilig auswirken kann;
- typische Cu-Mangelsymptome sind permanente Welketracherscheinungen (nicht zu verwechseln mit Trockenheit oder K-Mangel), Einrollen und Absterben der jüngeren Blätter mit Weißverfärbung; bei Dikotylen auch starkes konkaves Einrollen der Blätter;
- junge Blätter der Gramineen erscheinen welk (**“Spitzenwelke“**) und sterben meist ohne Chlorose und Fleckenbildung unter Weißverfärbung (**“Weißspitzigkeit“**), Rollen bzw. Verdrehen und Abknicken (**“Wegweiserstellung“** der Blätter) ab;
- bei Getreide sind Halme und bei Dikotylen Stängel dünner und weicher, infolge verminderter Lignifizierung besteht eine verstärkte Lagerneigung;
- starke Bestockung (Nachschosser) der im Basalteil grünen bis dunkelgrünen Pflanzen; Stängel dünner; Ährenbildung stark gehemmt oder unterbunden; z. T. bleiben Ähren mit der Spitze in der Blattscheide stecken, meist taube oder nur wenig Körner tragende weiß verfärbte Ähren (**“Weißährigkeit“**);
- sekundäre Cu-Mangelsymptome sind gehemmte Entwicklung aller Organe, kurze Internodien, kleine Blätter, Chlorosen, frühzeitige Achseltriebentwicklung und Triebverzweigung bei Dikotylen, übermäßige Nachschosserbildung bei Gramineen;

- an Laubbäumen führt Cu-Mangel zur **“Spitzendürre“** (nicht zu verwechseln mit Moniliabefall);
- die Blätter der Obstbäume stellen unter Cu-Mangel frühzeitig ihr Wachstum ein, obwohl sie noch nicht ihre volle Größe erreicht haben; die Blattränder sind aufgewölbt und die Blattspreiten häufig wellig; die Blätter erscheinen vielfach schmal und zugespitzt mit chlorotischen Flecken und werden mit zunehmendem Mangel infolge der Ausbildung von Nekrosen braun; die jüngeren Zweigenden vertrocknen und biegen sich nach unten; da heißes Wetter den Prozess begünstigt, spricht man von einer **“Sommervertrocknung“**, **“Spitzen- oder Wipfeldürre“** der Bäume;
- bei Nadelbäumen vertrocknen und verkahlen die Zweigenden; die endständigen Nadeln verdrehen sich spiralig, werden chlorotisch und vertrocknen unter Braunverfärbung; die Spitzentriebe und Zweige der Nadelbäume hängen schlaff herab und biegen sich ab (**“Pendulaform“**); bei jungen Bäumen wachsen die schwachen, nach unten gekrümmten Zweige am Boden entlang (**“Schlangentriebe“**); oft zeigt auch die Baumspitze ein Schlangentrieb ähnliches Wachstum;
- bei Cu-Mangel ist das Wurzelwachstum mäßig gehemmt, die Pflanzen bilden lange und dünne, weiße Seitenwurzeln aus.



Abbildungen:	
Landwirtschaftliche Pflanzenarten	S. 253 ff.
Gärtnerische Pflanzenarten	S. 260 ff.
Forstpflanzen	S. 264 f.
Beheben von Kupfermangel	S. 55 ff.

4.9. Calciummangel

- bei Calcium-Mangel muss man grundsätzlich zwischen **“Ernährungsstörungen durch Ca-Mangel“** der Pflanzen, die nachfolgend erläutert werden, und **“Kalkmangel des Bodens“** unterscheiden, der zu Pflanzenschädigungen führt, die allgemein als **“Säureschäden“** bzw. **“Bodenaziditätskomplex“** bezeichnet werden (siehe dazu 2.6). Je nach Standort sind damit P-, K-, Mg-, Mo-Mangel und/oder Mn-, Zn-, Cu-, Al-, Fe-Toxizität mit Überschuss an nicht essenziellen Schwermetallen verbunden;
- unter nicht zu extremen natürlichen Boden- und Umweltbedingungen ist Ca-Mangel der Pflanzen im Freiland allgemein nur selten zu beobachten;
- hohe Na-, K-, und Mg-Gehalte im Boden können infolge von Ionenantagonismen jedoch Ca-Mangel mit entsprechenden Symptomen induzieren, so dass ehemals von EHRENBERG das **“Kalk-Kali-Gesetz“** und von LOEW das **“Kalk-Magnesium-Gesetz“** auch **“Kalkfaktor“** genannt, formuliert wurden;
- hohe Pflanzen-Ca-Gehalte werden als eine Art **“Schutzeffekt“** gegenüber überhöhten Spurenelement-, vor allem Schwermetallgehalten angesehen;
- da Ca-Ionen mit dem Transpirationsstrom aufgenommen und im Xylem transportiert sowie verlagert werden, ist das Auftreten von Ca-Mangel bei Pflanzen häufig die Folge einer gestörten Wasseraufnahme, wie z. B. während Trockenheit bzw. vorübergehenden Trockenperioden, bei hohen Salzgehalten im Boden, aber auch bei hoher Luftfeuchtigkeit, besonders in Gewächshäusern, und damit reduzierter Transpiration;
- Ca-Mangel macht sich zuerst an den jüngsten bis jüngeren, sich ausdifferenzierenden Geweben und Organen bemerkbar;
- **“Blattrand- und Innenblattnekrosen“**; junge Blätter der Spitzentriebe verformt, haken- bzw. krallenförmig an der Spitze abgebogen, sind typische Ca-Mangelsymptome;
- Eintrocknen und Aufreißen (flattriges Aussehen) der Blattspreite, beginnend an Spitzen und Rändern mit hell- bis weißgrüner, z. T. auch graubrauner Verfärbung, sind ebenfalls typisch für Ca-Mangel;
- typische Ca-Mangelsymptome sind weiterhin Kräuseln der jüngsten Blätter, eingerissene, nekrotische Blattränder, haken-, krallen- oder kapuzenförmiges Zurückkrümmen der Blattspitzen und -ränder der nur sich wenig entfaltenden Blattspreiten; die jüngsten Blätter sterben von der Spitze nach dem Stielende zu ab, desgleichen die Stiele unter Dunkel- bis Schwarzfärbung;
- typisch für Ca-Mangel sind außerdem **“Stängelweiche“** (etwa 1-3 cm unterhalb oder inmitten des Blütenstandes glasige, verbräunte Stellen mit Ausscheidung zuckerhaltiger Substanzen) und **“Stängelabknicken“**;

- latenter sowie akuter Ca-Mangel tritt vor allem infolge einer unzureichenden Ca-Verlagerung im Bereich apikaler Meristeme, Blüten und Früchte auf, was zur
 - **“Stippigkeit“** bei Äpfeln, **“Grünfleckigkeit“** bei Birnen,
 - **“Blütenendfäule“** bei Tomaten (häufig in Gewächshäusern mit hoher Luftfeuchtigkeit) sowie bei Paprika, Eierfrüchten, Melonen,
 - **“Schwarzherzigkeit“** bei Sellerie,
 - **“Blattrand- und Innenblattnekrosen“** bei Salat und Kohlpflanzen,
 - **“Hohlfleckigkeit“** bei Möhren sowie Pastinaken führt;
- austretende junge Blätter bei Mais und Getreide sind gelatinisiert und kleben mit der Spitze an der Blattscheide;
- ein hohes N/Ca-Verhältnis im Fruchtfleisch bewirkt **“Fleischbräune“** bei Äpfeln;
- Verwechslungsmöglichkeiten bestehen mit B-Mangelsymptomen, wie überhaupt zwischen Ca- und B-Ernährung der Pflanzen enge funktionelle Beziehungen für die Zellentwicklung und -differenzierung bestehen, so dass hohe B-Gehalte der Pflanzen hohe Ca-Gehalte erfordern und umgekehrt;
- Nadel- und Laubbäume zeigen praktisch kaum Ca-Mangelschäden; zwischen den Blattadern der Laubbäume treten braune Flecken auf; die Blattspreiten der jüngsten Blätter rollen sich ein und verdorren; bei starkem Ca-Mangel vertrocknen die Triebspitzen und sterben ab;
- die Wurzeln von Ca-Mangelpflanzen bleiben kurz, zeigen ein struppiges, schleimiges Aussehen und sind dunkelbraun bis schwarz verfärbt.



Abbildungen:

Landwirtschaftliche Pflanzenarten	S. 148 ff.
Gärtnerische Pflanzenarten	S. 153 ff.
Beheben von Calciummangel	S. 55 ff.

4.10. Bormangel

- mit B-Mangel ist häufig auf grob texturierten, leichten bis mittleren Sandböden in Gebieten mit hohen Niederschlägen oder nach stärkeren Aufkalkungen nicht allzu hoch mit Bor versorgten Böden oder auch Kalkböden zu rechnen;
- da Bor wie Calcium mit dem Transpirationsstrom aufgenommen und verlagert wird, tritt Bormangel häufig, trotz normal ausreichender Boden-B-Gehalte, nach längeren Trockenperioden auf;
- Feuchtezustand und pH-Wert des Bodens bestimmen maßgeblich den pflanzenaufnehmbaren B-Gehalt;
- dikotyle Pflanzen sind gegenüber B-Mangel anfälliger als monokotyle;
- B-Mangel macht sich wie Ca-Mangel stets an den jüngeren Blättern sowie den Vegetationspunkten des Sprosses bemerkbar, desgleichen an den Wurzeln;
- jüngste Blätter zeigen chlorotische, gelbe bis rötliche Verfärbung mit oder ohne Nekrosen, sind klein, deformiert mit asymmetrischer Nervatur und häufig rosettenartig angeordnet;
- typisch für B-Mangel sind Gewebeverdickungen mit Riss- und Korkbildungen auf Blattstielen und Stängeln;
- durch “unkontrollierte Zellteilung und Wachstum ohne Zelldifferenzierung“ infolge von Gärungsstoffwechsel entstehen Blatt- und Stängelverdickungen, besonders unterhalb des Vegetationspunktes;
- gestauchtes Internodienwachstum und häufig unregelmäßige Stängelquerschnitte bei B-Mangel;
- Absterben der Vegetationskegel bzw. Terminalknospen;
- auf Grund des **Verlustes der Apikaldominanz** durch Absterben des Vegetationspunktes bei B-Mangel infolge von längeren Trockenperioden kommt es nach Regen und damit wieder verbesserter B-Aufnahme der Pflanzen zu Seitenblatt- und Seitentriebsausbildung unterhalb der abgestorbenen Terminalknospe;
- reduzierte Knospen-, Blüten- und Samenbildung, “**Blütenwelke**“ bei Obstbäumen, vorzeitiger Samenkapselabfall nach mangelnder Befruchtung;

Typische B-Mangelsymptome sind:

- ▶ **“Glasigkeit“, “Braunfleckigkeit“, “Braunherzigkeit“, “Herzbräune“, Trockenfäuleerscheinungen bei Rübenkörpern (z. B. “Herz- und Trockenfäule“ der Zucker- und Futterrüben);**
 - ▶ zundriges Gewebe, Hohlraumbildung von Früchten und Rüben;
 - ▶ **“Sitzenbleiben“** des Rapses, Anthocyanverfärbung der Blätter, Narbenbildung auf den Blattstielen;
 - ▶ **“Innere und Äußere Korkfleckigkeit“** bei Äpfeln und Birnen (nicht verwechseln mit Stippigkeit durch Ca-Mangel);
 - ▶ **“Weidenköpfe und Hexenbesen“** bei Reben sowie **“Durchrieseln der Gescheine“, “Huhn- und Kückenkrankheit“** der Trauben und **“Bleifarbigkeit der Beeren“;**
 - ▶ **“Efeublättrigkeit des Hopfens“** und ein buschiges **“hexenbesenartiges Wachstum“** von Baumkronen;
 - ▶ **“Storchennestbildung“** bei Nadelbäumen;
- ältere Blätter der Pflanzen werden erst bei sehr starkem B-Mangel in Mitleidenschaft gezogen;
- die Wurzeln von B-Mangelpflanzen sind dürrig und struppig sowie braun verfärbt; es bilden sich viele sehr kurze Seitenwurzeln mit keulenartig verdickter Spitze; Entstehung von Hohlräumen im Wurzelhals von Raps; dadurch Hemmung der Aufnahme anderer Nährstoffe mit Ausbildung B-Mangel untypischer Schadensymptome.

Verfügbarkeit von **Bor** in Abhängigkeit vom pH-Wert:



Abbildungen:

- Landwirtschaftliche Pflanzenarten S. 197 ff.
 - Gärtnerische Pflanzenarten S. 212 ff.
 - Forstpflanzen S. 225 f.
- Beheben von Bormangel S. 55 ff.

4.11. Molybdänmangel

- Mo-Mangel tritt vor allem auf Böden mit niedrigen pH-Werten oder versauerten Böden mit ehemals hohen pH-Werten, z. B. degradierten Lössböden auf und wird durch Trockenheit noch verstärkt; gleichzeitig können infolge der Bodenversauerung auch Mn- und Al-Überschusssymptome bzw. P-, K- und/oder Mg-Mangelsymptome (**“Bodenaziditätskomplex“**) auftreten;
- auf grob texturierten Kalkböden, wo Molybdän leicht in Lösung geht und leicht ausgewaschen wird, kann ebenfalls Mo-Mangel auftreten;
- dikotyle Pflanzen sind gegenüber Mo-Mangel anfälliger als monokotyle;
- bei vielen Pflanzen, u. a. besonders Leguminosen, deren Knöllchenbakterien einen hohen Mo-Bedarf haben, macht sich Mo-Mangel auf Grund eines gestörten Eiweißstoffwechsels (gehemmte Nitrat-Reduktion) ähnlich wie N-Mangel bemerkbar, blassgrüne Verfärbungen bis zur Ausbildung von Chlorosen;
- Zucker- und Stärkeanreicherungen können zu purpurnen Farbtönen führen;
- bei unzureichendem Mo-Angebot zeigen Leguminosen infolge der stark reduzierten symbiotischen N-Bindung der Knöllchenbakterien typische N-Mangelsymptome, wenn der verfügbare N-Vorrat des Bodens erschöpft ist;
- Mo-Mangelsymptome findet man vorwiegend an jüngeren, da Mo kaum mobil ist, und z. T. aber auch an älteren Blättern, wenn beim Weiterwachsen der Pflanzen mit verstärkter Wurzelbildung oder nach Niederschlägen die Mo-Aufnahme verbessert wird und die jüngeren Blätter gesundes Aussehen erkennen lassen;
- am bekanntesten sind die **“whiptail“** (**“Peitschenstiel“**)-Erkrankungen des Blumenkohls, häufig mit **“Klemmherzigkeit“** der jüngsten verdrehten Blätter mit Absterben des Vegetationspunktes (nicht zu verwechseln mit Schäden durch die Drehherzmücke);
- Mo-Mangelsymptome entstehen bei Kohlarten unmittelbar im Vegetationskegel, wodurch reduzierte Blattspreitenformen, oft schöpfkellenartig ausgebildet entstehen, z. T. nur mit wachsender Mittelrippe (**“Peitschenstiel“**);
- Blätter mit **“Peitschenstiel“**-Symptomen und Nekrosen sind irreversibel geschädigt, während Mo-Mangel bedingte Chlorosen durch Mo-Düngung behoben werden können;
- reduzierte Blattspreiten findet man bei Mo-Mangel auch an anderen Dikotylen;
- bei Blumenkohl führen Nekrosen im Aderteil des Blattes zu absterbenden Mittelrippen, geteilten Mittelrippen und unregelmäßigen Blattspreitenbildungen bis zu tütenförmigen Blättern;
- Nekrosen im Interkostalgewebe der sich weiter entwickelnden Blätter führen zu papierartigem, später ausfallendem Gewebe, wodurch es zu durchlöchernten Blattspreiten kommt (sekundäre whiptail-Symptome);

- Nekrosen im ausgewachsenen Blatt führen zu glasigen, chlorotisch und braun werdenden Flecken mit chlorotischem Saum;
- der Kopf des Blumenkohls, wenn er überhaupt gebildet wird, ist missgestaltet, aufgelockert und verbraunt;
- blassgrüne Blätter oder Gelbfleckigkeit bei verschiedenen Kulturpflanzen; Blattspitzen und Blattränder zeigen Nekrosen (Verbrennungerscheinungen), ähnlich Nitrat-Überschusssymptomen nach hohen N-Gaben infolge gehemmter Produktion von Nitratreduktase;
- Gramineen zeigen auf sauren Böden im Jugendstadium oft blassgrüne Verfärbungen bis Chlorosen wie bei N-Mangel, Symptome, die sich bei nicht anhaltendem Mangel wieder verwachsen können, oft unter Kleinerbleiben der Pflanzen; tritt jedoch bei Gramineen sehr selten auf;
- bei Obstbäumen äußert sich Mo-Mangel mit fleckigen, unregelmäßigen Chlorosen sowie blassbraunen Rand- und Spitzennekrosen der Blätter, allerdings sind diese nur sehr selten zu beobachten;
- Nadelbäume zeigen bei Mo-Mangel N-Mangel ähnliche Symptome, die durch Mo-Düngung beseitigt werden können.

Verfügbarkeit von **Molybdän** in Abhängigkeit vom pH-Wert:



Abbildungen:

Landwirtschaftliche Pflanzenarten	S. 240 ff.
Gärtnerische Pflanzenarten	S. 243 ff.
Forstpflanzen	S. 252

Beheben von Molybdänmangel S. 55 ff.

4.12. Zinkmangel

- Zinkionen werden sehr stark am Sorptionskomplex des Bodens gebunden, vor allem an der organischen Komponente, wodurch sowohl ihre Beweglichkeit im Boden als auch die Zinkgehalte in der Bodenlösung sehr gering sind;
- mit steigenden Boden-pH-Werten nimmt die Beweglichkeit von Zinkionen ab und Zinkmangel tritt verstärkt im pH-Bereich 6,5 - 8,0 auf;
- bei hohen pH-Werten bzw. starker Aufkalkung kann Zn-Mangel gemeinsam mit Fe-Mangel auftreten;
- auf sauren, ausgewaschenen Sand- und sandigen Lehmböden, vor allem auf Podsolböden mit niedrigen Zinkgehalten, tritt Zinkmangel verstärkt nach hohen P-Gaben und/oder Aufkalkungen auf; damit sind hohe pH-Werte und hohe Boden-P-Gehalte bzw. hohe P-Düngergaben wesentliche Faktoren für das Auftreten von Zinkmangel, der sich über die Futterpflanzen auch bei den Tieren bemerkbar machen kann;
- die Ausbildung von Zn-Mangelsymptomen, vor allem die **“Kleinblättrigkeit“** und das **“gestauchte Internodienwachstum“** sind mit einem durch Zn-Mangel ausgelösten Auxinmangel verbunden, so dass sich Zn-Mangel vor allem bei hohen Lichtintensitäten mit verstärktem Auxinabbau besonders intensiv bemerkbar macht;
- Früchte werden bei Zn-Mangel vorzeitig abgeworfen;
- bei Mais äußert sich Zn-Mangel durch gestauchtes Wachstum (**“Sitzenbleiben“** der Pflanzen) mit ausgeprägten hellgelben Chlorosen der jüngsten Blätter (**“Weißknospigkeit“**);
- die seit vielen Jahren bekannte **“Kräuselkrankheit des Hopfens“** konnte als Zn-Mangel infolge überhoher Boden-Cu-Gehalte identifiziert werden; die Pflanzen sind durch gehemmtes Wachstum der Haupttriebe und sehr stark verkürzte Seitentriebe gekennzeichnet, die Dolden bleiben sehr klein;
- bei Kartoffeln macht sich Zn-Mangel durch **“Farnblättrigkeit“** und bei Zuckerrüben durch **“Weißfleckigkeit“** bemerkbar;
- Zn-Mangel führt im Allgemeinen nicht zu extremen Blattdeformationen; allerdings weisen die Blätter neben Interkostalchlorosen charakteristische Blatteinbuchtungen auf, die den Blättern ein hellebardenähnliches Aussehen verleihen; die Blätter der kurzen Seitentriebe bleiben sehr klein, sind tief gezähnt, chlorotisch und glasig-brüchig;
- dikotyle Pflanzen haben an Blättern häufig weite Stielbuchten und auffallend kurze Internodien;
- Zn-Mangelsymptome können sowohl an jüngeren Pflanzenorganen (**“Kleinblättrigkeit“** mit Chlorosen, **“Rosettenbildung“** und **“gestauchtes Internodienwachstum“**), als auch an älteren Pflanzenteilen (meist unregelmäßig verteilte Chloroseflecken beiderseits der Mittelrippe im grünen Blatt) beobachtet werden;

- infolge eines gehemmten oder gestörten Kohlenhydratstoffwechsels ist bei Zn-Mangel das Verholzen von Zweigen stark beeinträchtigt, wodurch die Zweigenden von Bäumen und Sträuchern sehr frostempfindlich werden, so dass es im Verlauf des Winters zum Absterben der Triebe (**“Wintersterben der Zweige“**) kommt, im Gegensatz zu dem für Cu-Mangel charakteristischen **“Sommersterben der Zweigenden“**;
- bei Laubbäumen bewirkt Zn-Mangel Symptome mit Absterben der Zweigenden ähnlich wie bei Obstbäumen;
- an Nadelbäumen ist Zn-Mangel selten zu beobachten und führt in Einzelfällen zu allgemein gehemmtem Wachstum, “büscheligem Aussehen“ der Triebspitzen, gelblich gefleckten, später bronzefarbenen Nadeln an der Triebspitze sowie kurz bleibenden, dicken und dunkelgrünen, sekundär ausgebildeten Nadeln;
- die Wurzelentwicklung von Zn-Mangelpflanzen ist nur schwach gehemmt.

Verfügbarkeit von **Zink** in Abhängigkeit vom pH-Wert:



Abbildungen:

Landwirtschaftliche Pflanzenarten S. 322 ff.

Gärtnerische Pflanzenarten S. 328 ff.

Forstpflanzen S. 334

Beheben von Zinkmangel S. 55 ff.

5. Erkennen von Schadsymptomen ausgelöst durch Mineralstoffüberschuss

Abiotische Schadsymptome bei Kulturpflanzen, die durch Überschuss an Pflanzennährstoffen oder anderen mineralischen Elementen induziert werden, sind weniger spezifisch für die einzelnen Elemente ausgeprägt und haben viele Gemeinsamkeiten. Dennoch ist ihre Kenntnis gegenwärtig und in Zukunft zur Vermeidung von Wachstums- und Qualitätsminderungen der Pflanzen, zur Vermeidung von überhöhten Gehalten in Nahrungs- und Futterpflanzen im Hinblick auf die Gesundheit von Mensch und Tier sowie ganz allgemein zum Schutz von Ökosystemen von besonderem Interesse.

Ob und inwieweit Pflanzen durch Mineralstoffe, insbesondere Spurenelemente und Schwermetalle geschädigt werden, hängt vom "verfügbaren" Gehalt im Boden und von der durch Umweltfaktoren beeinflussbaren Aufnahme rate, insbesondere dem pH-Wert des Bodens, sowie dem Aneignungsvermögen der Pflanzen (Akkumulator-, Indikator- oder Exkluder-Pflanzen) und der dadurch bedingten Konzentration dieser Elemente in den Pflanzen ab. Die toxischen Konzentrationsbereiche der Mineralstoffe, die zur Ausbildung von Chlorosen und Nekrosen bei Pflanzen führen, schwanken nicht nur von Element zu Element, sondern vor allem von Pflanzenart zu Pflanzenart, ja selbst bei einzelnen Sorten der gleichen Pflanzenart.

Gewöhnlich äußern sich durch einen Überschuss an Mineralstoffen bedingte Schadsymptome an Pflanzen durch Chlorosen, übergehend in hell- bis dunkelbraune und schwarz verfärbte Nekrosen, die an den Blattspitzen und entlang der Blattränder an den älteren Blättern beginnen und sich über das ganze Blatt und bei starkem bis sehr starkem Überschuss auf die ganze Pflanze ausbreiten, die schließlich abstirbt.

Desgleichen treten bei einigen Elementen, besonders bei bestimmtem Schwermetallüberschuss, dem Eisenmangel ähnliche Chlorosen auf (z. B. [Abb. 648](#)).

Da die Mineralstoff-Überschusssymptome weitgehend ähnlich sind, muss in Zweifelsfällen zur Aufklärung der Frage, welches Element (lebensnotwendige oder nicht lebensnotwendige Elemente) die Ausbildung der Überschuss- bzw. Schadsymptome verursacht hat, die agrochemische Pflanzenanalyse und eventuell auch die Bodenanalyse zu Rate gezogen werden.

Die durch Überschuss an Mineralstoffen bedingten Schadsymptome werden daher nach Elementen geordnet in zwei großen Gruppen mitgeteilt:

- **Überschusssymptome, induziert durch mineralische Pflanzennährstoffe**
- **Überschusssymptome, induziert durch Schwermetalle und einige andere relevante Elemente**

5.1. Überschusssymptome, induziert durch mineralische Pflanzennährstoffe

5.1.1. Makronährstoffe

Stickstoff (N)

N-Überschuss ([Abbildungen S. 83 ff.](#)) mit nachteiligen Folgen für das Pflanzenwachstum, insbesondere im Hinblick auf die Qualität der Ernteprodukte, tritt meist schon auf, bevor ausgesprochene Schadsymptome sichtbar werden. Hohe NO_3^- - oder NH_4^+ -Anreicherungen in Pflanzen führen zu dunkelgrünen Blättern mit mehr oder weniger ausgeprägten Blattrandchlorosen und -nekrosen. Während NH_4^+ -Überschuss mehr zu weißbraunen Blattrandnekrosen führt, sind diese bei Nitratüberschuss mehr nach braun verfärbt, anfangs oft mit einem Chlorosestreifen zwischen dem noch stark dunkelgrünen Blattgewebe und der nekrotischen Zone. Bei sehr starkem Überschuss können die Nekrosen, an den älteren Blättern beginnend, die gesamte Blattfläche der Pflanze erfassen. Übermäßig große Blätter mit großlumigen Zellen und schwammigweichem Gewebe ohne Blattrandchlorosen und -nekrosen, die bevorzugt von Insekten, Pilzen und Bakterien befallen werden, sowie überlange Triebbildungen, z. B. bei Obstbäumen, sind ebenfalls Symptome für N-Überschuss.

Phosphor (P)

Unter Freilandbedingungen ist kaum mit P-Überschuss ([Abbildungen S. 99](#)) zu rechnen. Bei sehr hohen Boden-P-Gehalten kann es jedoch zu Zinkmangel und Eisenmangel bei Pflanzen kommen; auch Ca-, B-, Cu- und Mn-Mangel können durch P-Überschuss gefördert bzw. induziert werden. Bei sehr hohen Blatt-P-Gehalten (um 1 bis 3 % P i. d. TM) wurden bei Getreide Welkeerscheinungen an den Blättern, von den Spitzen zur Blattbasis fortschreitend beobachtet, sowie u. a. auch bei Klee und Sojabohnen, grauweiße Blattspitzen- und Blattrandnekrosen, z. T. auch nur flecken- oder punktförmig.

Schwefel (S)

Bei hohen Blatt-S-Gehalten (0,5...1,0 % S i. d. TM) kann es bei verschiedenen Pflanzen schon zu Blattrand- und Interkostalchlorosen mit nachfolgenden Nekrosen kommen oder auch nur zu Wachstumshemmungen, wobei das **N/S-Verhältnis** von entscheidender Bedeutung ist. Bedeutungsvoll, vor allem in den vergangenen Jahren, waren durch Industrie- und Heizungs-SO₂-Abgase ([Abbildungen S. 354 f.](#)) Pflanzenschädigungen, bekannt geworden unter dem Verursacher-Schlagwort **“Saurer Regen“**. Die **“direkten SO₂-Einwirkungen“** auf Pflanzen, so genannte **“Rauchgasschäden“** machen sich durch braune, dunkelbraune bis braunrote Flecken auf den Blättern der Pflanzen bemerkbar, die oft von einem etwas helleren Rand umgeben sind. Die Nadeln von Nadelbäumen werden braun und sterben ab.

Kalium (K)

Unter Freilandbedingungen und selbst in Gefäßversuchen sind direkte K-Überschusssymptome kaum, wenn überhaupt zu beobachten, wenn man von den durch sehr hohe K-Düngergaben induzierten **“Salzschäden“** auf sorptionsschwachen Böden absieht. Allerdings können hohe bis sehr hohe K-Gehalte in Böden und Pflanzen

zu Mg- und Ca-Mangelsymptomen führen, besonders bei Obstbäumen. Zu hohe K-Gehalte in Kartoffeln und Zuckerrüben führen zu einer Reduzierung der Stärke- bzw. Zuckergehalte, insgesamt gesehen der Trockensubstanzgehalte, d. h. zu Qualitätsminderungen. Hohe Boden-K- und Pflanzengehalte beeinträchtigen auch die B-Aufnahme und den B-Stoffwechsel.

Calcium (Ca)

Direkte Ca^{2+} -Überschusssymptome sind nicht bekannt. Durch zu hohe Boden- Ca^{2+} -Gehalte oder hohe bis überhöhte Kalkdüngergaben können jedoch Chlorosen und andere Schädigungen induziert werden, die auf B-, Fe-, Mn- und Zn-, eventuell auch auf Cu-Mangel beruhen. Selbst Mg-Mangel kann durch hohe Kalkgaben auf Mg-armen Böden induziert werden.

Magnesium (Mg)

Hohe Mg^{2+} -Konzentrationen im Boden (z. B. auf Serpentinböden) und in Pflanzen wirken vor allem über eine Störung des Ca/Mg-Gleichgewichtes schädlich auf das Pflanzenwachstum ein. Auf Mn-ärmeren Böden kann durch zu hohe Mg-Düngergaben die Mn-Aufnahme gestört und damit Mn-Mangel ausgelöst werden. Auch der K-Haushalt der Pflanzen wird durch zu hohe Mg-Gehalte gestört, was zu Wachstumsinderungen führt bzw. führen kann, so dass auf Mg-Überschussböden extrem hohe K-Gaben erforderlich sind.

5.1.2. Mikronährstoffe

Bor (B)

Da Bor vorwiegend mit dem Transpirationsstrom aufgenommen wird, reichert es sich besonders im Bereich der Blattspitzen und Blattränder an. Daher beginnt die Ausbildung von Bor-Überschusssymptomen ([Abbildungen S. 227 ff.](#)) an den Spitzen und Rändern der älteren Blätter und breitet sich fortschreitend auf das übrige Blatt aus, bei hoher und schneller B-Aufnahme sehr rasch bis zum Absterben des Blattes. Mit zunehmender Dauer des B-Überschusses breiten sich die Symptome von den unteren zu den oberen Blättern aus. Die Blattschädigungen beginnen meist mit punkt-, streifen- und flächenförmig auftretenden Chlorosen, die in Nekrosen übergehen. Bei starkem B-Überschuss treten sofort Nekrosen auf. Zwischen Nekrosen und grünem Restblatt befindet sich häufig noch ein gelber Saum.

Bei B-Überschuss findet man in den Blattrandzonen im Vergleich zum Restblatt stark überhöhte B-Gehalte. Dagegen ist in Pflanzen, die photosynthetisch einfache Zucker (Polyole) und Bor-Doppelzucker-Komplexe bilden, Bor phloemmobil und Überschusssymptome machen sich durch Absterben der Jungtriebe bemerkbar, wie z. B. bei Äpfeln, Birnen, Aprikosen, Pfirsichen, Weinreben, Oliven. Man findet Harzfluss in den Blattachsen und braune, korkähnliche Läsionen an Blattstielen und Stängeln. Auch Sellerie gehört mit deformierten jungen Blättern und missgebildeten Stängeln bei B-Überschuss zu diesen Pflanzen. Die B-Gehalte der Blätter sind nahezu gleichmäßig über die Blattspreiten verteilt (Brown, P.H. und Hu, H. 1998).

Chlor (Cl)

Chloridüberschuss (Cl) in Böden macht sich gewöhnlich in Form von so genannten **“Salzschäden“** (Abbildungen S. 338 ff.) bemerkbar, wie **“Blattrandverbrennungen“** mit z. T. aufgerollten Blatträndern. Nach Emissionen von HCl-Gas beobachtet man bei Gramineen und Laubbäumen weißbraune, gelbbraune bis schwarzbraune Blattspitzen- und Blattrandnekrosen. Dagegen führen Cl₂-Gasemissionen im Allgemeinen zu einer Ausbleichung von Blättern und Nadeln mit nachfolgenden nekrotischen Flecken.

Molybdän (Mo)

Das auffälligste Merkmal für Mo-Überschuss ist die Ausbildung gold- bis orange-gelber Chlorosen, die z. T. bräunliche Farbtöne annehmen, beginnend an den jüngsten Blättern. Enthalten die Zellen der Pflanzen viel Anthocyane, wie z. B. bei Tomaten, beobachtet man auch purpurne Farbveränderungen. Die Blattspreiten sind mehr oder weniger stark reduziert, die Internodien verkürzt. Weitere Schadenssymptome sind Knospentau (kein Austrieb und Weiterwachsen), Stängelverdickungen, Achselknospenausstreifen und Sukkulenz der älteren Blätter.

Kupfer (Cu)

Cu-Überschuss (Abbildungen S. 266 ff.) macht sich gewöhnlich durch ausgeprägte, dem Fe-Mangel ähnliche Symptome bemerkbar. Häufig ist dabei das Auftreten **“einseitiger“**, für Fe-Mangel nicht typischer Chlorosen auf den Blättern von Dikotylen zu beobachten. Bei Verabreichung von komplex gebundenem Eisen führt Cu-Überschuss nicht oder kaum zu Fe-Mangelchlorosen, sondern zu Nekrosen an den älteren dunkelgrünen Blättern, die von den Blattspitzen und Blatträndern ausgehen und sich nach der Blattmitte zu ausdehnen. Auf **“Mn-Grenzböden“** kann durch hohe Cu-Gaben Mn-Mangel ausgelöst werden, z. B. auf Niedermoorböden.

Eisen (Fe)

Außer von den Reisfeldern in Asien ist Fe-Überschuss unter Praxisbedingungen nicht oder nur in bestimmten Sonderfällen bekannt (**“bronzing“** oder **“Braunfleckigkeit“** des Sumpfreises). Unter Versuchsbedingungen führte Fe-Überschuss bei Azaleen zu Welke- und Absterbeerscheinungen an den Blattspitzen sowie zu Wuchsdepressionen mit geringer Blühwilligkeit. Außerdem wurden bei Azaleen und Rosen Mn-Mangelsymptome beobachtet. Bei anderen Pflanzen treten bei Fe-Überschuss dunkel- bis blaugrüne Verfärbungen der Blätter, ähnlich wie bei P-Mangel, auf; außerdem Hemmung des Spross-, Blatt- und Wurzelwachstums, bräunliche Wurzelverfärbungen und in schweren Fällen Vertrocknen der Blätter ohne vorhergehende Verfärbung der dunkelgrünen Blätter.

Mangan (Mn)

Mn-Überschusssymptome (Abbildungen S. 316 ff.) sind in der Praxis häufiger verbreitet, vor allem auf sauren und versauerten Böden. Die Überschusssymptome machen sich, an den älteren Blättern beginnend, zuerst durch braune Punkte (häufig MnO₂- bzw. Braunsteinablagerungen) oder durch Chlorosen mit fleckenartigen Nekrosen bemerkbar, die im Allgemeinen von den Blattspitzen und Blatträndern beginnend auf die Blattfläche übergreifen, häufig unter Aufrollen des Blattrandes bei Dikotylen (**“Kräuselblättrigkeit“**; **“crinkle leaf“**). Bemerkenswert für Mn-Überschuss ist als sehr typisches Merkmal das Auftreten von braunen Flecken auf

Blattadern und Blattstielen (MnO_2 - bzw. Brauneiseneinlagerungen). Da durch Mn-Überschuss im Wurzelmedium die Ca-, Mg-, Fe-, Cu-, und Zn-Aufnahme der Pflanze gehemmt wird, können entsprechende Mangelsymptome dieser Elemente die Identifizierung von Mn-Überschuss erschweren, so dass unbedingt die Pflanzenanalyse zur Aufklärung der Schadsymptome zu Rate gezogen werden muss.

Zink (Zn)

Sieht man von den so genannten "Galmeiböden" in der Nähe von Zinkerzvorkommen, von Böden in der Nähe von Erzbergwerken oder Blei- und Zinkhütten mit Zn-haltigen Rauchgas-Emissionen; sowie von angewendeten Zn-belasteten Klärschlammern und Müllkomposten ab, kommt Zn-Überschuss (Abbildungen S. 335 ff.) unter Praxisbedingungen nur selten vor, wie z. B. bei langjährig hohen Schweinegüllegaben, oder nach Anwendung von Stallmist aus der Besamungsbullenhaltung. Häufig kann Zn-Überschuss allerdings im Garten- und Zierpflanzenbau unter Glas vorkommen, wenn das Gerüst der Gewächshäuser aus verzinkten Eisenträgern besteht, wenn das zum Gießen aufgefangene Regenwasser über verzinkte Dachrinnen abläuft, in verzinkten Behältern aufgefangen und aufbewahrt wird und wenn aus verzinkten Gießkannen oder Rohrleitungen gegossen bzw. bewässert wird. Auch der häufige Einsatz Zn-haltiger Sekundärrohstoffdünger kann zu Zn-Belastungen der Pflanzen führen.

Zn-Überschussymptome gleichen entweder Fe- oder Mn-Mangelsymptomen, wobei allerdings die Symptome nicht nur auf die jüngsten Blätter begrenzt sind.

Weiterhin kann es zu meist rötlichbraunen Flecken- und Randnekrosen kommen wie bei anderen Schwermetallbelastungen. Desgleichen können P-Mangel ähnliche Symptome durch Zn-Überschuss induziert werden, wenn die P/Zn-Verhältnisse in den Blättern < 50 betragen.

5.2. Überschuss- bzw. Schadsymptome, induziert durch Schwermetalle und andere Elemente

Elemente, die bei niedrigen Gehalten z. T. mikronährstoffähnliche oder als "nützlich" bezeichnete Wirkungen zeigen:

Aluminium (Al)

Al^{3+} -Überschuss (Abbildungen S. 165 ff.) tritt vor allem auf sauren Mineralböden unter pH 5,0 auf und ist ein wesentlicher Faktor des so genannten "Säurekomplexes", der zu vielseitigen Wachstumsstörungen der Pflanze führt. Al^{3+} -Ionen sind ein starkes Zell- und damit Wurzelgift, so dass bei Al^{3+} -Überschuss zuerst die Wurzeln stark geschädigt werden. Das führt vor allem zu einer Hemmung der Ca-, Mg- und P-, manchmal auch der K-Aufnahme, verbunden mit der Ausbildung entsprechender Mangelsymptome. Desgleichen können bei Al^{3+} -Überschuss Fe-Mangel ähnliche Symptome beobachtet werden. Die Pflanzen sind klein, bleiben im Wachstum zurück und sterben bei starkem Überschuss ab.

Cobalt (Co)

Unter Praxisbedingungen kennt man kaum Co-Überschuss, falls keine naturbedingten Co-Überschussgebiete (Erzlager usw.) oder zivilisationsbedingte (z. B. Belastung der Böden mit Co-haltigen Klärschlammern etc.) Co-Anreicherungen der

Böden vorliegen. In Versuchen konnten durch Co-Überschuss dem Fe- und teilweise dem Mn-Mangel ähnliche Chlorosen induziert werden. Bei starkem Überschuss kommt es zu Nekrosen und zum Absterben der Pflanzen wie bei anderen Schwermetall-Intoxikationen.

Natrium (Na)

Spezifische Na-Überschusssymptome ([Abbildungen S. 338 ff.](#)) sind praktisch nicht bekannt, da es sich allgemein um NaCl-, Na-Sulfat- oder Na-Hydroxid- bzw. einfach um **“Salz- bzw. Alkalitätsschädigungen“** handelt. Zu hohe Na-Gehalte im Nährmedium können allerdings die Ca-, Mg- und auch die K-Aufnahme hemmen und zu entsprechenden Schadsymptomen führen. Durch hohe NaCl-Bodengehalte kommt es allgemein zu **“Blattrandverbrennungen“** (z. B. bei Straßenbäumen nach winterlicher Eisbeseitigung durch Auftausalze) oder wegen Hemmung der Wasseraufnahme der Pflanzen zur **“physiologischen Vertrocknung“**. Auch das Bespritzen der Pflanzen in Küstengebieten mit Meerwasser kann zu Nekrosen (**“Verbrennungen“**) auf den Blättern führen.

Vanadium (V)

Bei Vanadium-Gehalten über 2 mg/kg TM im Spross treten nach Literaturangaben bei Erbsen und Bohnen Fe-Mangel ähnliche Chlorosen auf.

Fluor (F)

Fluor interessiert in der Pflanzenernährung nur im Zusammenhang mit dem Auftreten von Schadsymptomen ([Abbildungen S. 356 f.](#)) durch F₂-, HF-, SiF₄- oder H₂SiF₆-Immissionen in der näheren oder weiteren Umgebung von Fluor-Emittenten. Als sichtbare Schadsymptome treten bei Laubbäumen Blattspreitenaufwölbungen (**“Schiffchenform“**, **“Löffelform“** der Blätter) und Blattrandnekrosen auf. Die jungen Blätter haben ein **“zerknittertes“** Aussehen. Charakteristisch für Fluoridschäden sind vor allem scharf abgesetzte braune Ränder gegenüber der noch grünen Blattspreite.

Nadelspitzen-Nekrosen sowie braune Nadeln zwischen normalen grünen Nadeln, teilweise Chlorosen neben wie **“verbrannt“** aussehenden jungen rotbraunen Trieben, vorzeitiger Nadelfall und lichte Kronen werden durch Fluorid-Belastung bei Nadelbäumen verursacht.

Reine F₂-Immissionen bewirken wie Cl₂-Immissionen zunächst ein Ausbleichen der Blätter und Nadeln; später treten ebenfalls Nekrosen auf.

Einige Schwermetalle (Cd, Cr, Hg und Pb)

Durch Schwermetalle, wie Cd, Cr, Hg und Pb, die insbesondere in der Vergangenheit durch anthropogene Einflüsse in die Biosphäre gelangt sind (z. B. Abraumhalden im Erzbergbau, Emissionen der Industrie, Heizungs- und Müllverbrennungsanlagen, Autoabgase, Düngung belasteter Klärschlamm- und Komposte, Abwasserberegnung, Bodenversauerung durch **“Sauren Regen“** usw.) werden vorwiegend dem Fe-Mangel ähnliche Chlorosen ([Abbildungen S. 346 ff.](#)) induziert. Das Wachstum der Pflanzen ist mehr oder weniger stark gehemmt. Bei anhaltendem und starkem Überschuss treten Rand- und Interkostalchlorosen auf.

Für Chrom-Toxizität sind außerdem kleine braunrote oder purpurfarbene Blätter mit Nekrosen typisch.

Überhohe Pb-Gehalte im Boden und in der Pflanze können zu einer Störung des Ca-

Stoffwechsels und zur Ausbildung von Ca-Mangelsymptomen führen (Abbildungen S. 148 ff.). Bei starkem Überschuss an den genannten Schwermetallen kommt es generell zu Absterbeerscheinungen der Pflanzen. In derartigen Schadfällen sind Boden- und Pflanzenanalysen zur Aufklärung erforderlich.

Selen (Se)

Selen wurde ehemals vorwiegend als toxisches Element für Tiere und Menschen eingestuft (**“alkali-disease“**). Seit einigen Jahrzehnten wird jedoch Selen als vielseitig essenzielles Element für Tier und Mensch, als hochwirksames Antioxidans (Glutathionperoxidase mit 4 Se-Atomen) und als Bestandteil weiterer selenhaltiger, stoffwechselaktiver Proteine eingestuft. Bei hohen Boden-Se-Gehalten und hohen pH-Werten kommt es bei Pflanzen zu Schädigungen, wie Chlorosen und Wachstumshemmungen. Ebenso sind Absterbeerscheinungen der Pflanzen, auf Grund von Zellkernzerstörungen im Wurzelbereich sowie Chloroplastenschädigungen und damit negativer Beeinflussung der Photosynthese, bekannte Selen-Überschusssymptome.

Andererseits gibt es Selen-Indikatorpflanzen, wie z. B. verschiedene Astragalus-Arten, die in Einzelfällen bis zu 20.000 mg/kg TM akkumulieren und durch Selenabscheidungen eine rötliche Färbung annehmen können.

6. Entnahme von Boden- und Pflanzenproben zur Analyse als Ergänzung zur visuellen Diagnose

Starke Ertragsminderungen sind in der Regel schon während des intensiven Jugendwachstums der Pflanzen zu erkennen. Deshalb sollten sichtbare Wachstums-minderungen und/oder unnormale Veränderungen an den Pflanzen zum Anlass genommen werden, der Ursache auf den Grund zu gehen. Bei frühzeitigem Erkennen eines Nährstoffmangels verbessert oft eine gezielte und kurzfristig verabreichte Kopfdüngung noch das Wachstum der Pflanzen.

Bei der Ermittlung der Ursachen sichtbarer ernährungsbedingter Wachstums-minderungen bzw. Nährstoffmangel- oder Überschusssymptomen hat sich die **Kombination** von **visueller Schadsymptom-Diagnose** mit der agrochemischen **Boden- und Pflanzenanalyse** bewährt.

Das Beachten folgender Gesichtspunkte ermöglicht eine sachgerechte Bewertung der Situation:

Die alleinige **Bodenuntersuchung** ermöglicht ebenso wie die ausschließliche Symptomdiagnose häufig keine sichere Bewertung des Ernährungszustandes der Pflanzen (siehe **Übersicht 1**, Seite 10), jedoch ist die Durchführung einer Bodenanalyse notwendig zum Erkennen von:

- Pflanzenschädigungen durch Bodenversauerung,
- einer chronischen Nährstoffunterversorgung des Bodens,
- Nährstoffungleichgewichten im Boden,

sowie zum Ableiten von Düngeempfehlungen für die Nachfrüchte.

Die **Pflanzenanalyse** gestattet eine sichere Diagnose des aktuellen Ernährungszustandes der angebauten Pflanzen und ist wichtige Grundlage für eine eventuelle Ergänzungsdüngung. Die Anwendung der Pflanzenanalyse beschränkt sich hierbei auf die Untersuchung grüner Pflanzen in der Hauptwachstumsphase. Die Analyse reifer Pflanzen bzw. der Ernteprodukte ist für die Ermittlung des Ernährungs-

zustandes nicht geeignet. Ein Rückschluss aus den Ergebnissen der Pflanzenanalyse auf die Nährstoffversorgung des Bodens ist häufig nicht möglich, wenn Nährstoffmangel durch Ionenantagonismen oder kurzzeitig ungünstige Bedingungen für die Nährstoffaufnahme ausgelöst werden (siehe [Übersicht 1](#), Seite 10).

Für die Bewertung des Zusammenhanges zwischen der Nährstoffversorgung des Bodens und dem Ernährungszustand der Pflanzen ist deshalb die Entnahme von Boden- **und** Pflanzenproben sowohl vom Mangelstandort als auch von einer Teilfläche auf demselben Feld mit normalem Wachstum notwendig (Referenzfläche).

Beim Auftreten von sichtbaren Ernährungsstörungen sollten frühzeitig folgende Schritte unternommen werden:

- Für spätere Düngungsmaßnahmen ist die Lage und Größe der geschädigten Teilfläche zu erfassen, z. B. durch Markierung anhand von Fixpunkten, mit Hilfe einer Skizze oder GPS;
- Die Entnahme der Bodenproben erfolgt in der Regel aus 0-20 cm Tiefe, nur bei tiefwurzelnenden Pflanzen (z. B. Luzerne, Obst, Wein, Hopfen) auch aus 20-40 cm (je Probe ca. 500 g Boden);
- Zur Pflanzenanalyse werden ca. 300-500 g Frischsubstanz je Probe benötigt.

Folgende Pflanzenteile sind während des vegetativen Wachstums für die Analyse zu entnehmen:

Pflanze	Probenahmeorgan
Getreide, Luzerne, Rotklee, Gräser, Erbsen	gesamte oberirdische Pflanze ab 5 cm über dem Boden bis zum Schossen
Raps, Ackerbohnen, Sonnenblumen	gerade voll entwickelte Blätter
Mais	mittlere bzw. Kolbenblätter
Kartoffel, Zucker- und Futterrüben	gerade voll entwickelte Blätter ohne Stiel
Lein	oberes Sprossdrittel
Gemüse	gerade voll entwickelte Blätter, bei kopfbildenden Arten die Hüllblätter, gesamte oberirdische Pflanze bei jungen Blattgemüsearten ohne Strunk
Obstbäume	Basalblätter (zur Blüte)
	mittlere Blätter einjähriger Triebe
Zierpflanzen	gerade vollentwickelte Blätter, z. T. ganze Triebspitzen
Laubbäume	vollentwickelte Blätter von Neutrieben
Nadelbäume	ein- bis zweijährige Nadeln des obersten Quirls

Detaillierte Angaben finden sich bei Bergmann (1993) und Breuer et al. (2003).

Bei nicht genannten Kulturen sowie beim Auftreten von Mangel- oder Überschusssymptomen an einzelnen Blättern bzw. Pflanzenteilen sollten immer Gesamtpflanzen zur Diagnose entnommen werden. Die Mindestprobenmenge beträgt hierbei 1 bis 2 kg Frischmasse je Probe. Bei Verdacht auf Nährstoffmangel sollten keine Blätter oder Pflanzenteile untersucht werden, die längere Zeit starkem Mangel ausgesetzt waren. Im Gegensatz dazu sind bei Verdacht auf Überschuss an mineralischen Elementen möglichst stark geschädigte Pflanzenteile zu untersuchen,

bei Blättern möglichst Blattrand und Restblatt getrennt.

Die Pflanzenproben sind in festen Papier- oder gelochten Folientüten locker zu verpacken und zusammen mit den Bodenproben und dem vollständig ausgefüllten Probenahmeprotokoll an das Untersuchungslabor zu versenden. Die Proben sind fortlaufend zu nummerieren.

Das Probenahmeprotokoll sollte möglichst folgende Angaben enthalten:

- Name, Anschrift, Telefon- und Telefaxnummer des Auftraggebers;
- Schlag-, Feld- bzw. Quartierbezeichnung;
- Probennummer bzw. -bezeichnung;
- Probenahmedatum;
- Bodenart, geologische Herkunft;
- letzte Bodenuntersuchungsergebnisse;
- Pflanzenart und -sorte, Fruchtfolge;
- Pflanz- und Saattermin;
- Wachtums- bzw. Entwicklungsstadium der Pflanzen;
- Probenahmeorgan (Insertionshöhe);
- Angaben zu erfolgten Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen (eingesetzte Dünger und Präparate mit Terminen und Aufwandmengen, letzte Kalkung);
- Witterungsverlauf;
- Zusatzangaben bei Obst: Ertrag im Vorjahr, Tag der Vollblüte, Unterlage, Alter der Anlage, Triebwachstum, Blattfall, Fruchtansatz, Alternanz, Behang, Bodenpflege wie Mulchen etc.;
- Besonderheiten, Bodenzustand (Struktur, Wasserführung des Bodens) oder phytopathogener Befall.

7. Grundsätze für das Beheben von Ernährungsstörungen

7.1. Beheben von Nährstoffmangel

Für die Behebung eines während der Vegetation visuell erkannten Nährstoffmangels ist grundsätzlich die Unterscheidung vorzunehmen nach:

- operativen Düngungsmaßnahmen zur Beseitigung bzw. Abschwächung von akutem Mangel während der Vegetation und
- der Düngung der Nachfrüchte, um Nährstoffmangelsituationen der Folgekulturen vorzubeugen und um das Nährstoffniveau im Boden im Interesse eines nachhaltigen Fruchtbarkeitszustandes anzuheben.

Detaillierte Anleitungen zur Düngung können an dieser Stelle nicht gegeben werden, stehen aber auch in der weiterführenden Literatur mit aktuellem Wissensstand zur Verfügung (Bergmann, 1993; Schilling et al., 2000; Breuer et al., 2003). Das Handbuch muss sich in dieser Hinsicht auf allgemeine Hinweise zur Verbesserung des Ernährungszustandes der Pflanzen beschränken.

7.1.1. Behebung von akutem Nährstoffmangel während der Vegetation

Nach dem Feststellen von akutem Nährstoffmangel durch die Symptomdiagnose, Pflanzenanalyse bzw. Bodenuntersuchung können gezielte Düngungsmaßnahmen häufig den Ernährungszustand der Kulturpflanzen verbessern.

Für den Erfolg einer Ergänzungsdüngung während der Vegetation ist eine Reihe von Faktoren entscheidend:

- das physiologische Alter der Pflanzen in dem der Nährstoffmangel diagnostiziert wird und die Düngung erfolgt (im Allgemeinen ist eine befriedigende Wirkung der "therapeutischen" Düngung auf das nachfolgende Wachstum sowie zur Erhöhung der Mineralstoffgehalte in den Früchten zu erwarten);
- die Stärke des Nährstoffmangels und damit die Höhe des Nährstoff- bzw. Düngebedarfes; im Gegensatz zu akutem Mangel führt eine "Ergänzungsdüngung" bei rechtzeitig erkanntem schwächerem Mangel häufig noch zum Optimalertrag;
- bei notwendiger Bodendüngung wird der Wirkungsgrad durch eine Reihe weiterer Faktoren wie Witterung, Bodenfeuchte, Bodenstruktur, Art des Nährelementes bestimmt;
- Berücksichtigung der Aufnahmemechanismen des im Mangel befindlichen Nährelements.

Pflanzenschädigungen infolge Bodenversauerung ("Säureschäden") und daraus resultierende Mangel- und Überschusssymptome können im Allgemeinen während der Vegetation nicht behoben werden, da zur schnellen Neutralisierung der Düngekalk in den stark sauren Boden eingearbeitet werden muss. Hinweise hierzu werden im Kapitel 7.1.2 gegeben.

Bei Mangelernährung landwirtschaftlicher und gärtnerischer Pflanzenarten, die nicht ursächlich durch Bodenversauerung ausgelöst wird, ist in Abhängigkeit von der Situation eine Nährstoffapplikation als Boden- bzw. Kopf- oder Blattdüngung möglich.

Schwerpunkt für die **Bodendüngung** ist das Beheben von N-, P-, K-, Mg- und S-Mangelernährung bei Kulturen mit langer Vegetationszeit. Voraussetzungen für eine gute Wirksamkeit der **Kopfdüngung** sind die Anwendung wasserlöslicher Düngemittel und eine ausreichende Bodenfeuchte bzw. Niederschläge nach der Applikation, damit die Nährstoffe den Pflanzen für die Aufnahme zur Verfügung stehen. Um Verätzungsschäden zu vermeiden, sollten die Düngemittel, insbesondere Kalisalze nur auf abgetrocknete Pflanzenbestände oder zwischen die Reihen gestreut werden. Breuer et al. (2003) empfehlen zur **Kopfdüngung** landwirtschaftlicher Kulturen die Applikation von 20 bis 30 kg P/ha, 100 kg K/ha, 20 kg Mg/ha bzw. 20 bis 30 kg S/ha. Für die Höhe der N-Düngung können keine Pauschalwerte angegeben werden, da diese noch von anderen Faktoren, wie Ertragserwartung und Qualitätsziel abhängen. Zur Ermittlung des N-Düngebedarfes haben sich neben dem relativ aufwändigen, klassischen Pflanzenanalyseverfahren in neuerer Zeit Schnelltestmethoden wie Nitratschnell-test oder Chlorophyllmessung durchgesetzt. Die Anwendung von NP- oder NK-Dünger als Düngerlösung ist im Hinblick auf schnelle Wirksamkeit ebenfalls möglich, sollte aber nur mit bodennaher Applikationstechnik erfolgen.

Für das Beheben von akuter Mikronährstoffmangelernährung ist die Bodendüngung in ihrer Wirksamkeit der **Blattdüngung** häufig unterlegen. Vorteil der Blattdüngung

ist die schnellere Wirkung und höhere Effektivität der zugeführten Nährstoffe. Insbesondere beim Vorliegen von Mn- oder Fe-Mangel hat die Blattdüngung Vorrang vor der Bodendüngung. Wittwer und Teubner (Plant Physiol. **10**, 1959, 13 - 32) ermittelten z. B. für Bohnen unterschiedliche Geschwindigkeiten der Aufnahme einzelner Nährstoffe durch die Blätter von Bohnen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Geschwindigkeit der Nährstoffaufnahme durch Bohnen nach Blattdüngung (nach Wittwer und Teubner 1959)

Nährstoff	50%ige Aufnahme in folgender Zeit
Stickstoff	1 - 6 Stunden
Phosphat	2,5 - 6 Tage
Kalium	1 - 4 Tage
Magnesium	20 % innerhalb 1 Stunde
Eisen	8 % in 24 Stunden
Mangan	1 - 2 Tage
Zink	1 Tag

Zum Beheben von starkem N-Mangel ist die Blattdüngung auf Grund der benötigten Nährstoffmenge allgemein weniger geeignet. Häufige Anwendung finden dagegen so genannte unterstützende N-Blattdüngungen, z. B. als Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösungen in Kombination mit Pflanzenschutzmitteln oder auch in Verbindung mit anderen Nährstoffen, wodurch die Wirkung der Mischungspartner gefördert wird. P- und K-Mangel lässt sich auf Grund der benötigten Nährstoffmengen und der Verätzungsgefahr in der Regel nicht über Blattdüngung beheben. Ausnahmen können Dauerkulturen sein, die häufige Pflanzenschutzmaßnahmen erfordern, welche mit pflanzenverträglichen, löslichen P- und K-Mengen kombiniert werden, und auf Grund häufiger Applikationen dann auch spürbare Anteile des Bedarfes decken können.

Zur schnellen Behebung oder Abschwächung von Mangelsituationen der Nährelemente Mg und S sind Blattdüngergaben am vorteilhaftesten, für Ca ausschließlich wirksam. Die Mg- oder S-Menge für die Blattdüngung ergibt sich aus der pflanzenverträglichen Nährstoffkonzentration und der Brüheaufwandmenge je ha. Für Blattapplikationen bei Mg- und S-Mangel wird häufig Bittersalz ($\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) mit einer Konzentration bis zu 8 % bei Verhinderung von Tropfenbildung und zu langsamer Antrocknung auf den Blättern als pflanzenverträglich empfohlen. Inwieweit der gesamte Nährstoffbedarf abgedeckt, d. h. der Mangel behoben werden kann, ist von der Stärke der Mangelsituation abhängig.

Einen Überblick über die erforderlichen Mikronährstoffdüngermengen für die Boden- und Blattdüngung gibt [Tabelle 2](#).

Tabelle 2: Optimale Mikronährstoffmengen für Boden- und Blattdüngung
(nach Bergmann, 1993; Schilling et al., 2000; Breuer et al., 2003)

Mikro-nährstoff	Bodendüngung kg/ha	Blattdüngung kg/ha
B	1,0 ¹⁾ - 1,5 ²⁾ (leichte Böden) 1,5 ¹⁾ - 2,0 ²⁾ (mittlere Böden) 2,0 ¹⁾ - 3,0 ²⁾ (schwere Böden)	0,2/0,3 ¹⁾ bzw. 0,3/0,5 ²⁾
Cu	2,5 ³⁾ - 5,0 ⁴⁾ (normale Gaben) 10,0 ³⁾ - 15,0 ⁴⁾ (starker Mangel und humusreiche Böden)	0,2 ³⁾ - 0,5 ⁴⁾ 2 bis 3 mal
Mn	-	1,0/2,0 ³⁾ bzw. 2,0/4,0 ⁴⁾
Mo	0,5 ³⁾ bzw. 1,5 ⁴⁾	0,3 ³⁾ - 0,4 ⁴⁾
Zn	5,0 (leichte Böden) 10,0 (mittlere und schwere Böden)	0,4 ³⁾ - 0,5 ⁴⁾
Fe	-	Fe-Sulfat als 0,05 - 1 %-ige Lösung oder Fe-Chelat als 0,1 - 0,3 %-ige Lösung

¹⁾ Bor-intensive Kulturen mit mittlerem Bedarf

²⁾ Bor-intensive Kulturen mit hohem Bedarf

³⁾ schwacher Mangel

⁴⁾ starker Mangel

7.1.2. Düngung der Folgefrüchte nach dem Auftreten von akuten Ernährungsstörungen (Freilandkulturen)

Akute Nährstoffmangelsymptome sind ein deutlicher Hinweis auf eine unzureichende Nährstoffversorgung bzw. auf ungünstige Nährstoffverhältnisse im Boden sowie ungünstige Bedingungen für die Nährstoffaufnahme der Pflanzen zurückzuführen. Die bedarfsgerechte Düngung der Folgefrüchte soll eine Wiederholung der Mangelernährung verhindern. Grundlage der Bemessung insbesondere der Kalk-, P-, K- und Mg-Düngung, auch der Mikronährstoffe, sind in erster Linie die Ergebnisse der Bodenuntersuchung. Ebenso wie der Landwirt sind der Obstbauer und der Forstwirt für zielgerichtete Düngungsmaßnahmen auf die Kenntnis der Nährstoffgehalte im Boden angewiesen.

Zum Vermeiden von Pflanzenschädigungen durch Bodenversauerung ("Säureschäden") an den Folgekulturen ist unbedingt eine Kalkung erforderlich. Der Kalkdüngbedarf ergibt sich aus dem Ergebnis der Bodenuntersuchung und berücksichtigt den pH-Wert, Bodenart und Humusgehalt. Die Ausbringung des Kalkes erfolgt in der Regel nach der Ernte. Eine Ausnahme bildet hierbei das Grünland, wo auch in der Vegetationszeit, in der Regel nach dem Schnitt, Kalkung möglich ist. Auch die Kalkung im Forst ist jederzeit möglich, vorausgesetzt der Boden ist schneefrei.

Bei gleichzeitig bestehendem Mg-Düngbedarf sollten magnesiumhaltige Dünge-

kalke verwendet werden. Eine flache Einarbeitung mit dem Grubber o. ä. Gerät wird auf dem Ackerland empfohlen.

Bei P-, K- und Mg-Mangelernährung der Vorfrucht ist eine bedarfsgerechte Düngung der Folgekulturen mit dem betreffenden Nährstoff unbedingt erforderlich. Der Düngebedarf ergibt sich aus dem Nährstoffgehalt im Boden und dem Entzug der Pflanzen. Bei niedriger oder sehr niedriger Versorgung des Bodens wird eine Nährstoffzufuhr, die über dem Entzug der Pflanzen liegt, empfohlen. Mit diesem Düngungskonzept erreicht man mittelfristig ein mittleres Versorgungsniveau im Boden und kann ab diesem Zeitpunkt den Nährstoffentzug mit der Ernte durch Düngung (**Entzugsdüngung**) ersetzen.

Einmal aufgetretener S-Mangel stellt ein Indiz für einen zukünftigen S-Düngebedarf des Standortes dar, der zumeist eine jährliche S-Düngung erfordert. Die Ermittlung des S-Düngebedarfes erfolgt mittels S_{\min} -Bodenuntersuchung oder Schätzrahmen. Für absolute S-Mangelstandorte wird häufig eine prophylaktische S-Düngung empfohlen. Inwieweit Pflanzen ausreichend mit S versorgt sind, darüber geben die **“N/S-Verhältnisse“** der Pflanzen Auskunft.

Die Düngung der Makronährstoffe N, S und Mg sowie der Mikronährstoffe B, Cu, Mo und Zn kann sowohl über den Boden als auch über das Blatt erfolgen. Bei den Mikronährstoffen B, Cu, Mo und Zn ist eine bedarfsgerechte, mehrere Jahre anhaltende Bodendüngung günstiger, als eine jährlich zu wiederholende Blattdüngung, die wegen geringerer Kosten gegenüber einer Bodendüngung aus ökonomischen Gründen häufig bevorzugt wird.

Wichtige Voraussetzungen für den Erfolg einer Blattdüngung sind die Ausbildung von genügend Blattmasse für die Nährstoffaufnahme und die Einhaltung des optimalen Applikationstermins. Detaillierte Hinweise zur zielgerichteten Düngung sind bei Bergmann (1993) und Breuer et al. (2003) zu finden.

Für alle Kulturpflanzenarten werden im Fall von Fe- und Ca-Mangel, allgemein auch Mn-Mangel, ausschließlich wiederholte Blattapplikationen empfohlen, da nur durch diese eine befriedigende Wirkung erzielt werden kann. Bei Fe-Mangel sind gleichzeitig Maßnahmen notwendig, welche die Ursachen für die Entstehung des Mangels beseitigen, wie z. B. Bodenverdichtungen, Bikarbonatanreicherungen.

Zur Vermeidung bzw. Vorbeugung von Mn-, Mo- und Zn-Unterversorgung ist auf mangelgefährdeten Standorten und besonders bei Kulturpflanzen mit hohem Bedarf auch die **Saatgutinkrustierung** ein geeignetes Verfahren, das Auflaufen der Pflanzen zu verbessern, um genügend Blattmasse für eine erfolgreiche Blattdüngung zu entwickeln.

7.2. Beheben von Nährstoff- oder Schwermetallüberschuss

Pflanzenschädigungen infolge von Überschuss an Pflanzennährstoffen lassen sich häufig nicht kurzfristig beheben. Lediglich in solchen Fällen, in denen ein zu hohes Nährstoffangebot im Boden infolge antagonistischer Effekte zu Mangel an einem anderen Nährstoff geführt hat, kann eine Düngung des im Mangel befindlichen Nährstoffs die Ernährungssituation verbessern. Auf die Düngung des im Überschuss im Boden angereicherten Nährstoffs ist solange zu verzichten, bis sich infolge Entzuges durch die Pflanzen bzw. Auswaschung ein pflanzenverträglicher Gehalt im Boden eingestellt hat.

Mit gutem Erfolg lassen sich Mn^{2+} - und Al^{3+} -Überschuss infolge Bodenversauerung

durch Kalkung beheben, wodurch gleichzeitig evtl. bestehender Mo-Mangel und in bestimmtem Umfang auch P-, K- und Mg-Mangel beseitigt bzw. abgeschwächt wird.

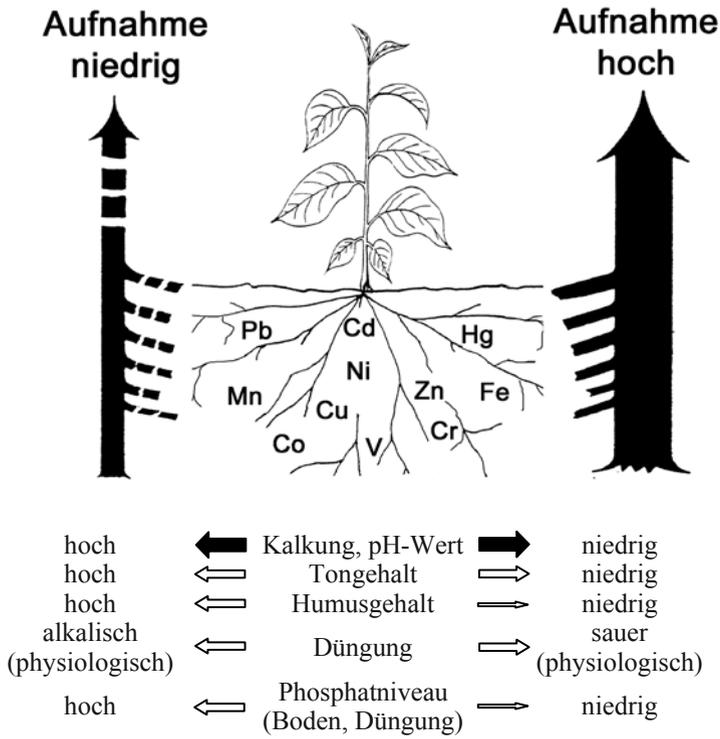
Bei Vorliegen eines Nährstoffüberschusses bzw. einer Belastung durch essenzielle (Cu, Zn) und nichtessenzielle Schwermetalle (z. B. Cr, Cd, Ni, Pb) können allgemein kurzfristige Wirkungen hinsichtlich verbesserter Wachstumsbedingungen durch kurative Maßnahmen nicht erwartet werden. Das Ziel bodenverbessernder Maßnahmen ist es, die Verfügbarkeit der im Überschuss befindlichen Elemente zu reduzieren. Dazu gehören Aufkalkung, P-Düngung ausreichende Humus- bzw. organische Substanzzufuhr, physiologisch alkalische Düngung (**Übersicht 2**) und häufig auch Fe-Düngung. Details hierzu können der einschlägigen Literatur entnommen werden.

Ernährungsstörungen durch Nährstoffantagonismen, mit der Folge einer Wachstumshemmung und Symptomausprägung sind geogen sowie nach einseitiger, d.h. unharmonischer Düngung und/oder Überdüngung anzutreffen. So verursachen zu hohe Cu-Gehalte Fe-Mangel ähnliche Symptome, N-Überschuss induziert bei zu niedrigen Gehalten an Cu, S oder K im Boden die entsprechenden Mangelsymptome, da das N/S- als auch das N/K-Verhältnis bzw. der Cu:N-Quotient in der Pflanze gestört werden. Weitere Imbalancen mit der Folge von Ernährungsstörungen werden von Bergmann (1993) beschrieben. Als Korrekturdüngung wird auch hier die Blattdüngung mit dem im Minimum befindlichen Element empfohlen, die jährlich, auch mehrmals in der Vegetation erfolgen muss. Bei berechneter hohen N-Gaben ist also stets auf eine harmonische Düngung mit den übrigen lebensnotwendigen Nährstoffen, insbesondere mit Cu, K und S zu achten, um Ernährungsstörungen zu vermeiden.

Bei Vorliegen von Pflanzenschädigungen durch zu hohe Salzgehalte im Boden (**“Salzschäden“**) können überschüssige Salze durch reichliches Wässern aus dem Wurzelbereich der Pflanzen ausgewaschen und damit eine weitere Salzaufnahme verhindert werden. Dieses Verfahren ist allerdings sehr aufwändig und bleibt in den meisten Fällen auf besonders erhaltenswerte Bäume bzw. gärtnerische Kulturen beschränkt. Generell sollte bei einer hohen Salzkonzentration im Boden auf eine gute Wasserversorgung geachtet werden, da Wassermangel infolge Aufkonzentrierung der Bodenlösung die Ausbildung von Salzschäden (**“physiologische Vertrocknung“**) fördert.

Auch Blattapplikationen von Nährstoffen können bei zu hoher Konzentration der aufgetragenen Lösung auf der Blattoberfläche zu so genannten **“Verbrennungen“** führen.

Pflanzenschädigungen durch Immissionen sind im Allgemeinen irreparabel. Eine Verbesserung des weiteren Pflanzenwachstums ist nur durch Beseitigung des Schadstoffeintrages zu erreichen (siehe u. a. Däßler, 1986; Bergmann, 1993).



Übersicht 2: Beeinflussung der Schwermetallaufnahme der Pflanzen durch verschiedene Bodenfaktoren und Düngung.

8. Weiterführende Literatur

- Bergmann, W.: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. 3. Auflage, Gustav-Fischer-Verlag Jena Stuttgart 1993.
- Breuer, J.; König, V.; Merkel, D.; Olf, H.-W.; Steingrobe, B.; Stimpfl, E.; Wissemeier, A.; Zorn, W.: Die Pflanzenanalyse zur Diagnose des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen - Anwendung in Landwirtschaft, Gemüse- und Obstbau. - Agrimedia Bergen/Dumme 2003, 113 S.
- Brown, P.H. und Hu, H.: Bore mobility and consequent management in different crops. *Better Crops*, Vol. 82, Ne 2 (1998), 28 - 31.
- Däßler, H. G.: Einfluss von Luftverunreinigungen auf die Vegetation. Dritte Auflage, VEB Gustav Fischer Verlag Jena 1986.
- Kühn, H.: Das Erkennen von Nährstoffmangelercheinungen. In: *Handbuch der Pflanzenernährung und -düngung*, Bd. 1, zweite Hälfte. Springer Verlag Wien, New York 1972.
- Marschner, H.: *Mineral Nutrition in higher plants*. Second Edition, Academic Press London, New York, San Diego, Boston, Sydney, Tokio, Toronto 1995.
- Mengel, K.: *Ernährung und Stoffwechsel der Pflanzen*. 7. Auflage, Gustav-Fischer-Verlag Jena 1991.
- Schilling, G.; Kerschberger, M.; Kummer, K.-F.; Peschke, H.: *Pflanzenernährung und Düngung*. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart 2000.

Die im Text zu den Farbbildern angegebenen "verfügbaren" Bodennährstoffgehalte wurden nach folgenden Methoden ermittelt:

- P und K: nach der Doppellaktat- (DL)-Methode nach EGNER-RIEHM, der AL-Methode von EGNER/RIEHM/DOMINGO oder der CAL-Methode nach SCHÜLLER
- Mg: nach der CaCl_2 -Extraktionsmethode von SCHACHTSCHABEL
- B: nach der Heißwasser-Extraktionsmethode von BERGER-TRUOG
- Cu: nach der HNO_3 -Methode von WESTERHOFF
- Mn: nach der Sulfit-pH-8-Methode von SCHACHTSCHABEL
- Mo: nach der Oxalatmethode von GRIGG
- Zn: nach der EDTA-Ammoniumcarbonat-Methode von TRIERWEILER und LINDSAY
- Mo-Bz: Mo-Bodenzahl = pH-Wert + (10 x extrahierte mg Mo/kg Boden)
- pH-Wert: Bestimmung in 0,1 mol/l KCl- oder im 0,01 mol/l CaCl_2 -Extrakt

Verwendete Abkürzungen:

- bes: besonders
- TM: Angabe Pflanzengehalte in der Trockenmasse
- i. d. TM: in der Trockenmasse

9. Bildteil

	Abb. 1 - 65	N
	Abb. 66 - 109	P
	Abb. 110 - 152	S
	Abb. 153 - 268	K
	Abb. 269 - 316	Ca
	Abb. 317 - 428	Mg
	Abb. 429 - 560	B
	Abb. 561 - 599	Mo
	Abb. 600 - 652	Cu
	Abb. 653 - 721	Fe
	Abb. 722 - 818	Mn
	Abb. 819 - 866	Zn
	Abb. 867 - 892	Salz
Schwermetalle	Abb. 893 - 916	SM
Immissionen, O₃	Abb. 917 - 938	

1. N-Mangel bei Weizen (*Triticum aestivum*);
rechts: mit N-Düngung;
links: ohne N-Düngung.



2. N-Mangel bei Sommergerste (*Hordeum vulgare*);
rechts mit N-Düngung;
links: ohne N-Düngung;
beachte: vorzeitiges Absterben älterer Blätter.



3. N-Mangel bei Winterroggen (*Secale cereale*);
rechte Parzelle mit N-Düngung;
linke Parzelle ohne N.



4. "Technologische Streifenkrankheit" bei Weizen (*Triticum aestivum*) durch unsachgemäße N-Düngung, gelbe Streifen infolge N-Mangel; grüne bis dunkelgrüne Streifen zum Teil N-Überdüngung.





5. Haferpflanzen (*Avena sativa*); links: ohne N-Düngung; Mitte: mit geringer N-Düngung; rechts: mit ausreichender N-Versorgung.



6. Haferpflanzen (*Avena sativa*) mit N-Mangelsymptomen.



7. Haferpflanzen (*Avena sativa*) im Feldbestand; im Vordergrund mit N-Mangel.



8. Wintergerste (*Hordeum vulgare*) im Jugendstadium mit N-Mangel; beachte: frühes Absterben der älteren Blätter.



9. Winterroggen (*Secale cereale*) im Jugendstadium mit N-Mangel; beachte frühes Absterben der älteren Blätter.



10. Winterweizen (*Triticum aestivum*); links: typische N-Mangelsymptome; rechts: mit N gedüngt.



11. Spärliche Ährenausbildung bei Winterweizen (*Triticum aestivum*) infolge von N-Mangel.



12. Mais (*Zea mays*) im Feldbestand mit N-Mangelsymptomen; im Hintergrund Pflanzen mit ausreichender N-Ernährung.



13. Maispflanzen (*Zea mays*); links: typische N-Mangelsymptome; rechts: mit N gedüngt.



14. Typische N-Mangelsymptome an älteren Blättern von Mais (*Zea mays*).



15. Maisblatt (*Zea mays*) mit ausgeprägten N-Mangelsymptomen; beachte die V-Form der grünen Blattränder.

16. Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*) mit N-Mangelsymptomen an den älteren Blättern unter Feldbedingungen.



17. Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*) mit stärkeren N-Mangelsymptomen an den älteren Blättern unter Feldbedingungen.



18. Blätter von Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*); links: N-Mangel; rechts: ausreichende N-Ernährung.





19. N-Mangel bei Kartoffel (*Solanum tuberosum*); links: ohne N-Düngung; rechts: mit N-Düngung.



20. Kartoffelpflanzen (*Solanum tuberosum*) in einem Gefäßversuch; links: Pflanze ohne N-Düngung; rechts: Pflanze mit N gedüngt.



21. Kohlrübe (*Brassica napus var. napobrassica*) bei unzureichender N-Düngung; Vergilben der älteren Blätter mit rotvioioletten Farbtönen.

22. N-Mangel-symptome bei Winter-raps (*Brassica napus oleifera*) im Jugendstadium.



23. Winterraps (*Brassica napus oleifera*); links: N-Mangel im Jugendstadium, beachte die im Verhältnis zum Spross starke Wurzelentwicklung; rechts: ausreichende N-Düngung.



24. Blätter von Winterraps (*Brassica napus oleifera*); links: bis Mitte: zunehmender N-Mangel bis zu rotvioletter Verfärbung; rechts: ausreichende N-Ernährung.





25. Schlechte Jugendentwicklung von Raps (*Brassica napus oleifera*) bei N-Mangel; rechts: Pflanzen mit N gedüngt.



26. Winterraps (*Brassica napus oleifera*) aus einem Feldversuch; links: mit sehr starkem N-Mangel; rechts: ausreichende N-Ernährung.



27. Dürftige Pflanzenentwicklung und Vergilben der älteren Blätter bei Lein (*Linum usitatissimum*) infolge von N-Mangel; rechts: mit N gedüngte Pflanzen.



28. Sonnenblume (*Helianthus annuus*); links: mit sehr starkem N-Mangel; rechts: ausreichende N-Ernährung.



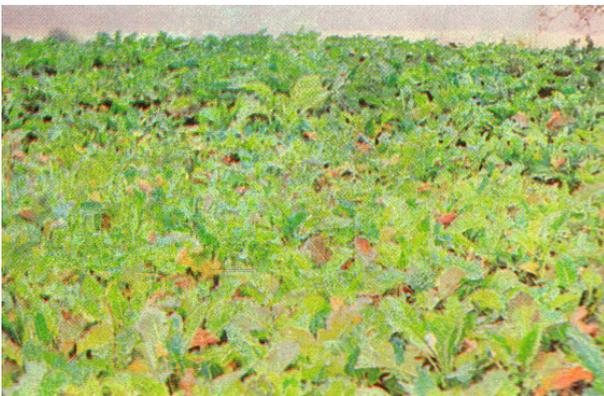
29. Ackerbohne (*Vicia faba*); links: mit N-Mangel infolge fehlender Knöllchenbildung; rechts: ausreichende N-Ernährung durch Knöllchenbildung.



30. Tabak (*Nicotiana tabacum*) in Hydrokultur bei N-Mangelernährung.



31. Luzerne (*Medicago sativa*); links: mit N-Mangel infolge fehlender Knöllchenausbildung bei pH 5,2; rechts: ausreichende N-Ernährung mit Knöllchenbildung.



32. Feldbestand von Markstammkohl (*Brassica oleracea* var. *medullosa*) mit blassgrün, gelb, rot und rotviolett gefärbten Blättern infolge von N-Mangel; im Hintergrund Pflanzen mit N gedüngt.

33. Gewächshaustomaten (*Lycopersicon esculentum*); rechts: mit N gedüngt; links: ohne N-Düngung, starkes Absterben der Blätter.



34. Blatt einer Tomatenpflanze (*Lycopersicon esculentum*) in Hydrokultur mit beginnendem N-Mangel.



35. Blätter von Tomate (*Lycopersicon esculentum*) mit stark ausgeprägten N-Mangelsymptomen.





36. Ausgeprägter N-Mangel an älteren Fiederblättchen von Tomaten (*Lycopersicum esculentum*); rechts: Fiederblatt einer mit N gedüngten Pflanze.



37. Spinat (*Spinacia oleracea*) im Gefäßversuch; links: mit N-Mangel; rechts: ausreichende N-Ernährung.



38. Kopfsalat (*Lactuca sativa ssp. capitata*), im Gewächshaus kultiviert; links: N-Mangelpflanze; rechts: Pflanze mit N gedüngt.



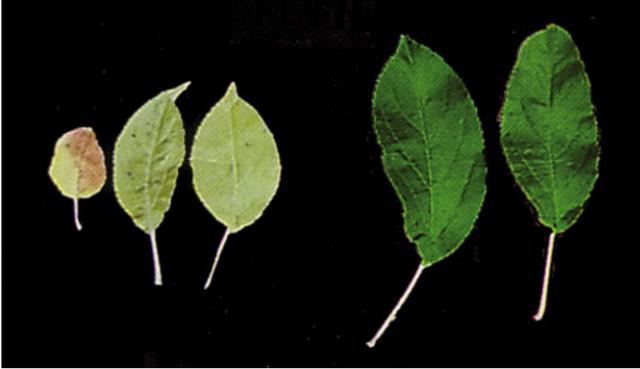
39. Blätter von Sellerie (*Apium graveolens*) mit stark ausgeprägten N-Mangelsymptomen; rechts: Blatt einer mit N gedüngten Pflanze.



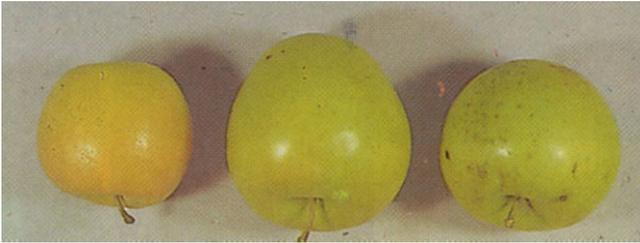
40. Rosenkohl (*Brassica oleracea gemmifera*) mit N-Mangelsymptomen; älteste Blätter nach Vergilben bereits abgefallen.



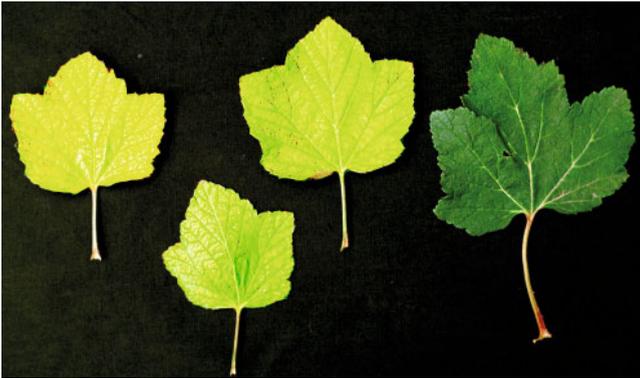
41. Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) mit N-Mangel; blassgrüne Blattfärbung.



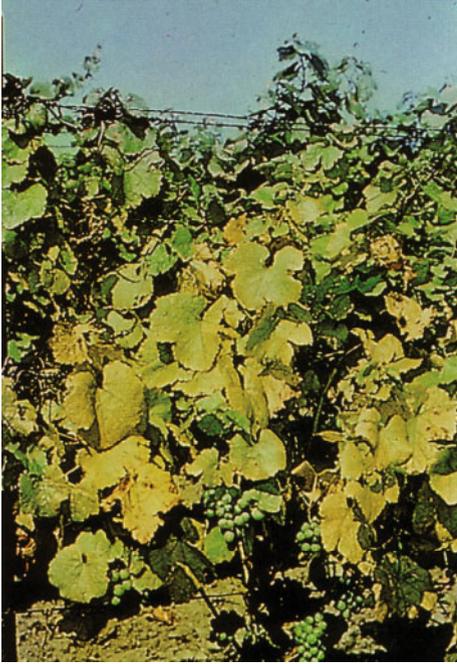
42. Blätter eines Apfelbaumes (*Malus domestica*) der Sorte "Golden Delicious"; links: N-Mangel (0,87 % N in der TM); rechts: N-Überschuss (3,12 % N in der TM).



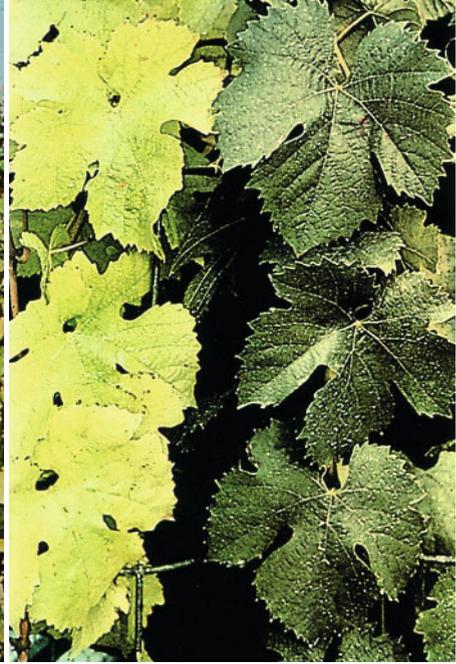
43. Äpfel (*Malus domestica*) der Sorte "Golden Delicious" bei unterschiedlicher N-Ernährung; links: N-Mangel; Mitte: normal; rechts: N-Überschuss.



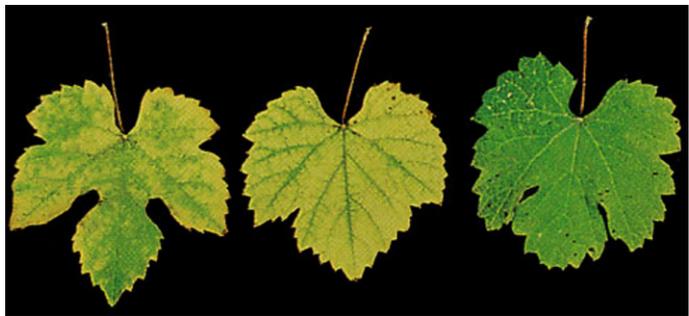
44. Johannisbeere (*Ribes rubrum*); links: mit N-Mangel, rechts: ausreichende N-Ernährung.



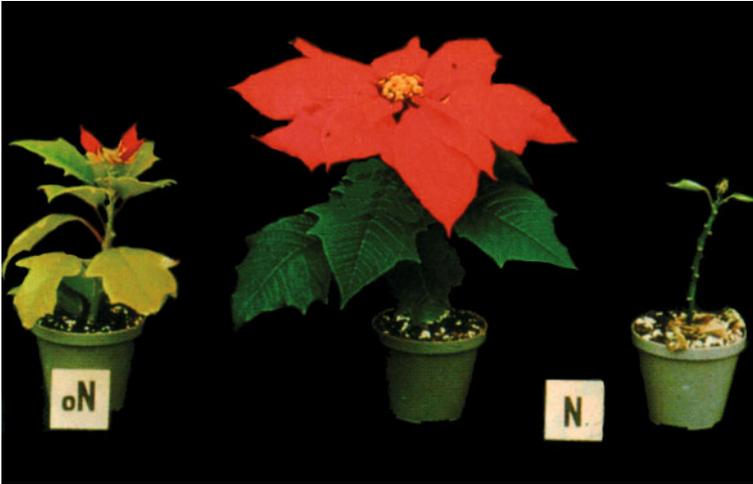
45. Vorzeitiges Vergilben von Weinreben (*Vitis vinifera*) bei unzureichender N-Düngung.



46. Induzierter N-Mangel bei Weinrebe (*Vitis vinifera*) im Gefäßversuch; rechts: Pflanze mit N gedüngt.



47. Blätter der Weinrebe (*Vitis vinifera*); links bis Mitte: zunehmender N-Mangel; rechts: mit N gedüngt.



48. Weihnachtssternpflanzen (*Poinsettia pulcherrima*);
Mitte: gesunde Pflanze; links: N-Mangel; rechts: N-Überschuss.



49. Usambaraveilchen (*Saintpaulia grandiflora*); links: mit steifen,
blass gelbgrünen, meist nach unten gebogenen Blättern infolge von
N-Mangel; rechts: ohne N-Mangel.

50. Rotbuche
(*Fagus sylvatica*);
links: mit stark
ausgeprägten N-
Mangelsymptomen;
rechts: ausreichen-
de N-Ernährung.

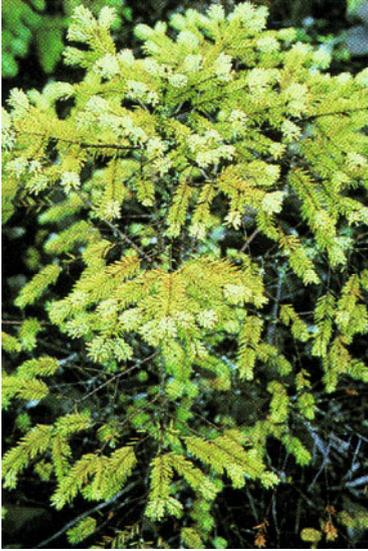


51. Jungpflanzen
der Traubeneiche
(*Quercus sessiliflo-
ra*); links: ohne N-
Düngung; rechts:
mit N gedüngt.



52. Blätter von
Ahornbäumen
(*Acer campestre*);
links: ohne N-
Düngung; rechts:
mit N gedüngt.





53. Douglasie (*Pseudotsuga taxifolia*) mit stark ausgeprägten N-Mangelsymptomen; starke Chlorosen aller Nadeljahrgänge.



54. Japanische Lärche (*Larix leptolepis*) und 55 Fichte (*Picea abies*); jeweils links: mit kleinen, gelblich verfärbten Nadeln ohne Nekrosen infolge von N-Mangel; jeweils rechts: mit N gedüngte Pflanzen.



56. Kiefer (*Pinus sylvestris*); links: ohne N-Düngung; rechts: mit N gedüngt.

57. Gewächshausgurken (*Cucumis sativus*) mit schwach ausgeprägten N-Überschuss-symptomen.



58. Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) mit Blattrandnekrosen infolge von starkem N-Überschuss.



59. NH_3 -Schäden bei Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) nach starker Stallmistdüngung.





60. Versuchsmäßig induzierter N-Überschuss bei Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*).



61. Schäden durch Blattdüngung mit Ammoniumnitrat-Harnstofflösung bei Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*).



62. "Spitzenbräune" bei Salat (*Lactuca sativa* var. *capitata*) infolge von Nitrat- und Chlorid-Überschuss.

63. Beginnende Blattrandnekrosen bei Sommerraps (*Brassica napus oleifera*) infolge von N-Überschuss.



64. Schlechtes Ausreifen von Tomaten (*Lycopersicon esculentum*) mit Mg- und K-Mangel ähnlicher Gelb- und Grünfärbung der Früchte um das Stielende infolge zu hoher N-Düngung.



65. Mit N überdüngter Apfelbaum (*Malus domestica*) der Sorte "Golden Delicious" mit aufgeplatzter, stark berosteter Frucht auf einem schwach sauren Lehmboden.





66. P-Mangel bei Winterroggen (*Secale cereale*) zur Bestockung auf schwerem Boden ($\text{pH} = 7,3$; verfügbarer Boden-P-Gehalt = 30 mg/kg), hintere Parzellen mit P gedüngt.



67. Induzierter starker P-Mangel bei Hafer (*Avena sativa*) im Jugendstadium (beachte die "Starrtracht"); rechts: Pflanzen mit P gedüngt.



68. P-Mangel bei Hafer (*Avena sativa*) zur Bestockung; beachte die "Starrtracht" der P-Mangelpflanzen im Vordergrund.



69. Sommergerste (*Hordeum vulgare*) mit P-Mangelsymptomen im Jugendstadium.



70. Weizen (*Triticum aestivum*) mit P-Mangelsymptomen.



71. Weizen (*Triticum aestivum*) im Feldbestand vor dem Ährenschieben mit charakteristischen P-Mangelsymptomen an Blättern und Halmen.



72. Weizen (*Triticum aestivum*) mit P-Mangelsymptomen in einem Gefäßversuch.



73. Ältere Blätter von Weizen (*Triticum aestivum*) mit typischen P-Mangelsymptomen.



74. Sehr starker P-Mangel bei Mais (*Zea mays*) im Jugendstadium (Blatt-P-Gehalt = 0,10 % i. d. TM).



75. Starker P-Mangel bei Mais (*Zea mays*) auf sandigem Lehm Boden bei kühlem, trockenem Wetter (Boden-P-Gehalt = 61 mg/kg).



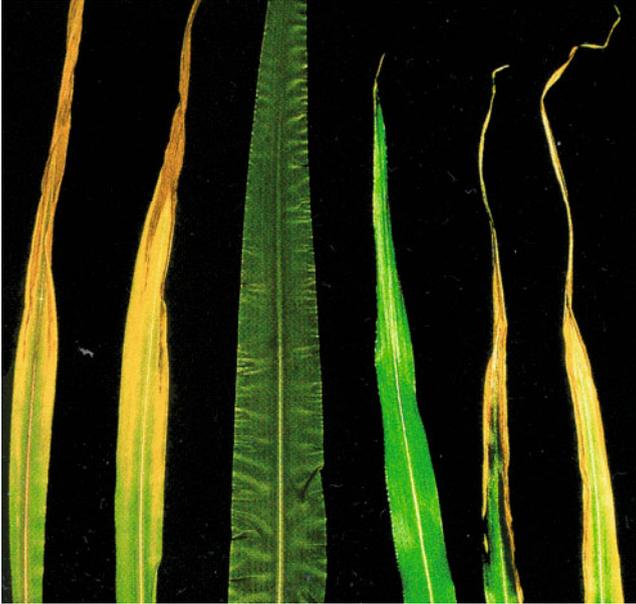
76. Induzierter P-Mangel bei Mais (*Zea mays*) in Hydrokultur zur Zeit des Fahrenschiebens.



77. P-Mangel bei Mais (*Zea mays*) in einem Gefäßversuch: links mit "Starrtracht" und violetter Verfärbung, rechts mit P-Düngung.



78. Sehr starke P-Mangelsymptome im Jugendstadium bei Mais (*Zea mays*).



79. Maisblätter (*Zea mays*) von Hydrokulturpflanzen; Blätter links und rechts mit sehr stark ausgeprägten P-Mangelsymptomen; Mitte: gesundes Blatt.



80. Blätter von Mais (*Zea mays*); links: ohne P-Düngung; rechts: mit P gedüngt.

81. Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*) im Jugendstadium auf P-armem Boden; im Hintergrund mit P-gedüngte Parzellen.



82. Induzierter P-Mangel bei Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*) im Gefäßversuch.



83. Blätter von Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*) mit P-Mangelsymptomen; rechts: Blatt einer mit P-gedüngten Pflanze.





84. Blätter von Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*) mit P-Mangelsymptomen.



85. Jungpflanzen von Raps (*Brassica napus oleifera*); links: mit P-Mangel; rechts: mit P-Düngung.



86. Rapsblätter (*Brassica napus oleifera*); oben: mit P-Mangel; unten: gesundes Blatt.

87. Mangelhafte Blütenbildung bei Sonnenblume (*Helianthus annuus*) infolge von P-Mangel (links); rechts: gesunde Pflanzen.



88. Stark gestauchter Wuchs und mangelhafte Blütenbildung bei Sonnenblume (*Helianthus annuus*) infolge von extremem P-Mangel im Gefäßversuch (links); rechts: gesunde Pflanzen.



89. P-Mangel bei Lein (*Linum usitatissimum*); rechts: gesunde Pflanzen.





90. Kartoffelfeld (*Solanum tuberosum*) auf Lateritboden; beachte die "Starrtracht" der schwach entwickelten Pflanzen infolge von P-Mangel; Pflanzen im Hintergrund mit P-Düngung.



91. Induzierter P-Mangel bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum*) links; rechts: Pflanzen mit P gedüngt.



92. / 93. P-Mangelblätter von Kartoffeln (*Solanum tuberosum*); Blatt-P-Gehalt = 0,17 % i. d. TM, Boden-P-Gehalt 10 mg/kg Boden.

94. Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) in Torfkultur bei pH 5,5; Blatt-P-Gehalt = 0,13 % i. d. TM; beachte die "Starrtracht" der Pflanze.



95. P-Mangelblätter von Gewächshausgurken (*Cucumis sativus*); Mitte: Blatt einer mit P gedüngten Pflanze.



96. Älteres Blatt einer Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) mit stark ausgeprägten P-Mangelsymptomen.





97. Blumenkohl-
pflanze (*Brassica oleracea*
var. botrytis) ohne P-
Düngung; man beach-
te die Starrtracht der
Blätter und die
schlechte Kopfbil-
dung.

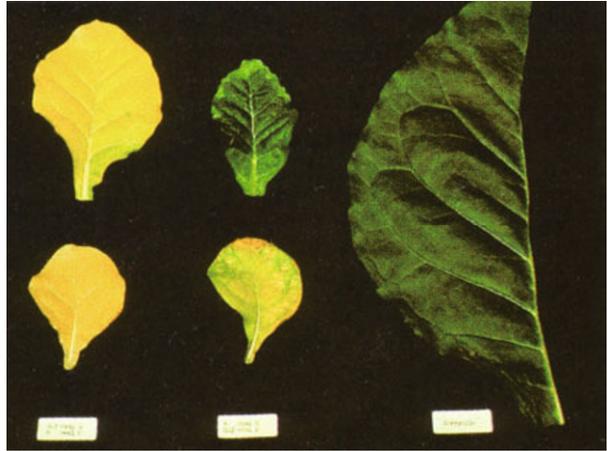


98. Möhre (*Daucus*
carota) im Gefäßver-
such; links: Pflanzen
mit P-Mangel, rechts:
gesunde Pflanzen.

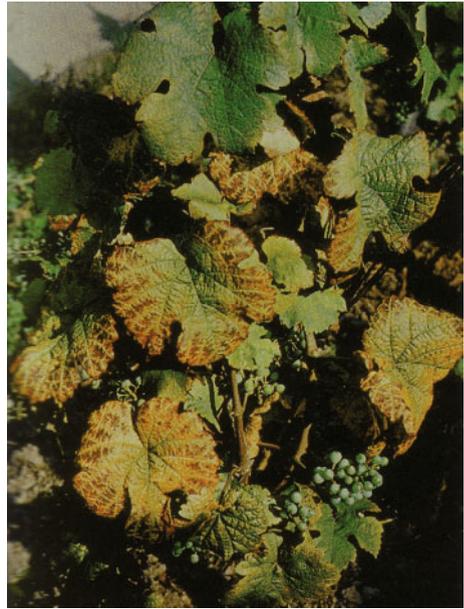


99. Junge Tomaten-
pflanzen
(*Lycopersicon escu-
lentum*) im Gefäßver-
such; links: Pflanze
mit P-Mangel; rechts:
gesunde Pflanze.

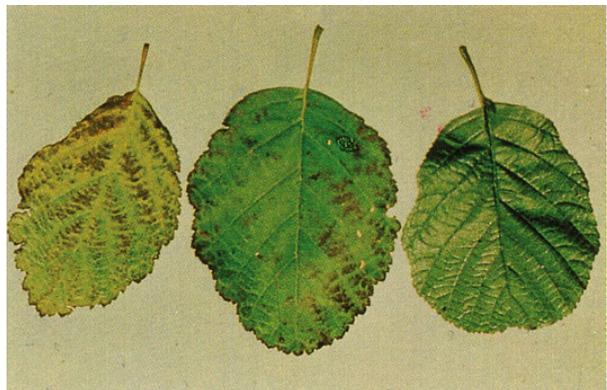
100. Tabakblätter
(*Nicotiana tabacum*);
links: N-Mangel; Mitte:
P-Mangel; rechts: Voll-
düngung.



101. Sehr starker P-Mangel bei Weinre-
ben (*Vitis vinifera*).

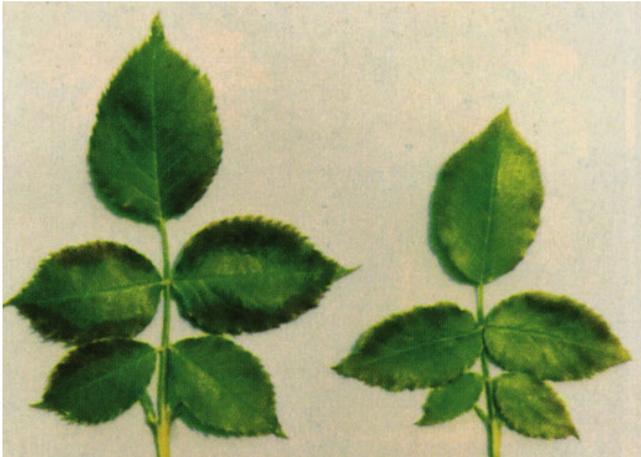


102. Blätter der Erle
(*Alnus glutinosa*) mit auf-
fallend „schmutzig-
grüner“ Färbung und
graubraunen bis violett-
farbenen Flecken in der
Blattspreite; rechts: Blatt
eines Baumes mit P-
Düngung.





103. Alpenveilchen (*Cyclamen persicum*) mit kleinen Blättern, hellbraunen Blatträndern und ohne Blütenbildung infolge von P-Mangel (links); rechts mit P-Düngung.



104. Ältere Blätter von Rosen (*Rosa*); dunkelgrüne und braunviolette Blattpflecken und -ränder infolge von P-Mangel.



105. P-Mangel bei jungen Kiefernpflanzen (*Pinus sylvestris*).



106. Winterroggen (*Secale cereale*) in Nährlösungskultur mit P- und Fe-Überschuss (Blatt-P-Gehalt: 2,0 % i. d. TM).



107. Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) unter Lichtmangel mit beginnenden Zn-Mangel ähnlichen Symptomen durch P-Überschuss (Blatt-P-Gehalt: 2,3 % i. d. TM).

108. Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) unter Lichtmangel mit Zn-Mangel ähnlichen Symptomen durch P-Überschuss (Blatt-P-Gehalt: 2,5 % i. d. TM).



109. Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) unter Lichtmangel mit stark ausgeprägten, Zn-Mangel ähnlichen Rand- und Interkostalnekrosen infolge P-Überschuss (Blatt-P-Gehalt: 4,8 % i. d. TM).





110. Weizen (*Triticum aestivum*); links: S-Mangel; rechts: mit S gedüngt.



111. Hafer (*Avena sativa*); links: S-Mangel mit Notreife; rechts: mit S gedüngt.



112. Hafer (*Avena sativa*) mit sehr ausgeprägten S-Mangelsymptomen im Jugendstadium.

113. Gerste (*Hordeum vulgare*)
links: S-Mangel; rechts: mit S
gedüngt.



114. Gerste (*Hordeum vulgare*)
mit S-Mangelsymptomen,
beachte "Starrtracht"-Habitus.





115. Maispflanzen (*Zea mays*); links: S-Mangel; rechts: mit S gedüngt.



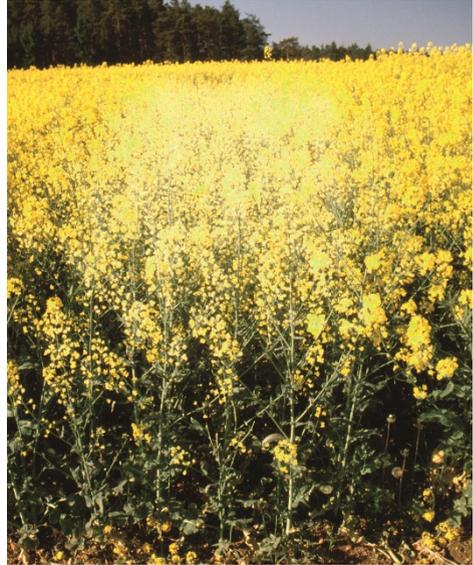
116. Maispflanzen (*Zea mays*) im Vergleich: links: S-Mangel; rechts: N-Mangel.



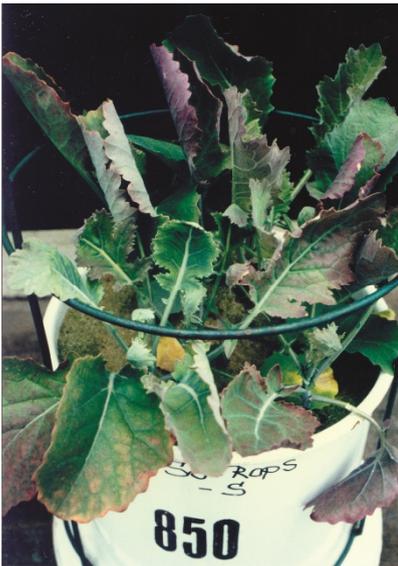
117. Sehr starker S-Mangel bei Mais (*Zea mays*) im Gefäßversuch mit rötlichen Farbtönen infolge von Kohlenhydratstau.



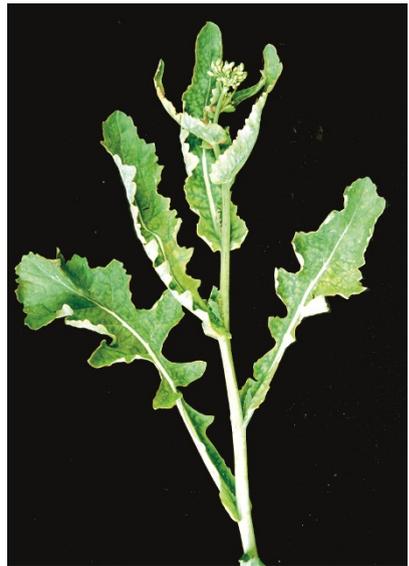
118. Raps (*Brassica napus oleifera*) im Feldbestand mit S-Mangelsymptomen.



119. Raps (*Brassica napus oleifera*): im Vordergrund Mitte Parzelle mit hellgelber bis weißer Blütenfarbe bei infolge von S-Mangel.



120. Sommerraps (*Brassica napus oleifera*) mit sehr starkem S-Mangel (Violettfröbung durch Kohlenhydratstau).



121. Rapspflanze (*Brassica napus oleifera*) mit S-Mangelsymptomen unter Feldbedingungen.



122. Rapspflanze (*Brassica napus oleifera*) mit stark ausgeprägten S-Mangelsymptomen; Violett-färbung durch Kohlenhydratstau.



123. Schlecht ausgebildete Blütenstände von Raps (*Brassica napus oleifera*) infolge S-Mangel (links); rechts: mit S gedüngt.



124. Raps (*Brassica napus oleifera*) mit ausgeprägten S-Mangelsymptomen; beachte Weißverfärbung der Blüten.



125. Reduzierte Schotenausbildung bei Raps (*Brassica napus oleifera*) infolge von S-Mangel links; rechts: mit S gedüngt.

S

126. Blätter von Raps (*Brassica napus oleifera*) mit S-Mangelsymptomen unter Feldbedingungen.



127. Blätter von Raps (*Brassica napus oleifera*); links: mit S-Mangelsymptomen; Aufhellungen der jüngeren Blätter; rechts: Blatt mit ausreichender S-Versorgung.





128. Kartoffelpflanzen (*Solanum tuberosum*); links: mit S-Mangel; rechts: mit S gedüngt.



129. Zuckerrübenpflanzen (*Beta vulgaris saccharifera*); links: ohne S-Düngung mit starkem S-Mangel; rechts: mit S-Düngung.



130. Zuckerrübenpflanzen (*Beta vulgaris saccharifera*); links: ohne S-Düngung; rechts: mit S-Düngung.



131. Rotklee (*Trifolium pratense*); links: ohne S-Düngung; rechts: mit S-Düngung.



132. Sonnenblumen (*Helianthus annuus*) im Jugendstadium; links: ohne S-Düngung; rechts: mit S-Düngung.



133. Sonnenblumen (*Helianthus annuus*) im Knospenstadium; links: ohne S-Düngung; rechts: mit S-Düngung.

134. Lein (*Linum usitatissimum*); links: ohne S-Düngung; rechts: mit S-Düngung.





135. Knaulgras (*Dactylis glomerata*) in einem Freilandversuch; rechts: Gras mit S gedüngt.



136. Knaulgras (*Dactylis glomerata*); von links nach rechts: steigende S-Düngung.



137. Weidelgras (*Lolium perenne*); links: ohne S-Düngung; rechts: mit S-Düngung.

138. Brokkoli
(*Brassica oleracea*
var. italica); links:
starker S-Mangel;
Mitte: mittlerer
S-Mangel; rechts:
gesunde Pflanze.



139. Linke Brok-
kolipflanze (*Bras-
sica oleracea var.
italica*) von Abb.
138 von oben mit
ausgeprägten S-
Mangelsymptomen
an den oberen
Blättern.

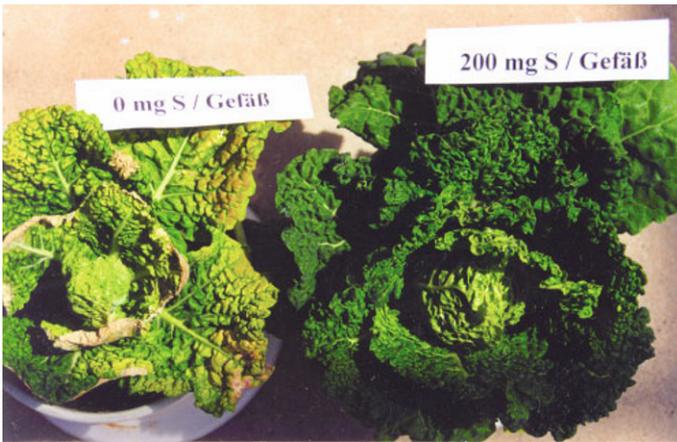


140. Weißkohl
(*Brassica oleracea*
capitata spp.);
links: S-Mangel;
rechts: mit S ge-
düngt.





141. Jungpflanzen von Wirsing (*Brassica oleracea* spp. *bullata*); links: sehr starker S-Mangel mit rot-violetten Verfärbungen infolge von Kohlenhydratstau; rechts: mit S-Düngung.



142. Wirsing (*Brassica oleracea* spp. *bullata*); links: S-Mangel; rechts: mit S-Düngung.



143. Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris*); links: S-Mangel; rechts: mit S gedüngt.

144. Sellerie (*Apium graveolens*); links: S-Mangel; rechts: mit S-Düngung.



145. Sellerie (*Apium graveolens*); links: S-Mangel; rechts: mit S-Düngung.



146. Paprika (*Capsicum annum*) mit vergilbten jungen Blättern infolge von S-Mangel.





147. Möhre (*Daucus carota*); links: leichter S-Mangel; rechts: mit S gedüngt.



148. Speisewiebel (*Allium cepa*); links: S-Mangel; rechts: mit S gedüngt.



149. Porree (*Allium porrum*); links: leichter S-Mangel; rechts: mit S gedüngt.

150. Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*); links: starker S-Mangel; rechts: mit S-Düngung.



S

151. Zweige von Birnbäumen (*Pyrus communis*); links: ohne S-Düngung; rechts: mit S-Düngung.



152. Blätter des Pfirsichbaumes (*Prunus persica vulgaris*) mit S-Mangelsymptomen.





153. K-Mangel bei Winterweizen (*Triticum aestivum*) im Jugendstadium auf Lössboden nach längerer Trockenheit.



154. K-Mangel bei Sommerweizen (*Triticum aestivum*) auf Schwarzerdeboden mit einem Boden-K-Gehalt von 40 mg/kg.



155. K-Mangel bei Haferpflanzen (*Avena sativa*) zum Zeitpunkt des Rispschiebens im Feldbestand.



156. Ältere Blätter von Hafer (*Avena sativa*) mit ausgeprägten K-Mangelsymptomen; oben: gesundes Blatt.

157. Beginnender K-Mangel bei Sommergerste (*Hordeum vulgare*) im Gefäßversuch.



K

158. Einzelpflanzen von Gerste (*Hordeum vulgare*) im 3-Blattstadium mit verschieden stark ausgeprägten K-Mangelsymptomen unter Feldbedingungen.



159. Einzelpflanzen von Gerste (*Hordeum vulgare*) mit verschiedenen K-Mangelsymptomen unter Feldbedingungen; (Boden-K-Gehalt = 10 mg /kg Boden; Blatt-K-Gehalt = 1,44 % i. d. TM); rechts gesunde Pflanze.



K



160. und 161. Ausgeprägte K-Mangelsymptome an älteren Blättern von Mais (*Zea mays*) im Jugendstadium.



162. Ausgeprägte K-Mangelsymptome an älteren Blättern von Mais (*Zea mays*) im Gefäßversuch (beachte die im Vergleich zum N-Mangel umgekehrte V-Form der Blattrandnekrosen).



163. Spitzen und Blattrandnekrosen auf Grund von K-Mangel bei Mais (*Zea mays*) in einem Gefäßversuch; rechts gesundes Blatt.

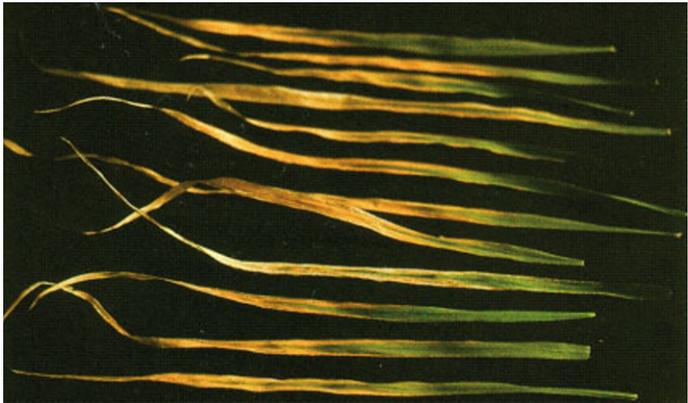
164. K-Mangel eines Grünlandbestandes auf Schieferverwitterungsboden (Parzelle ohne K-Düngung 30 mg K/kg Boden, Parzelle mit K-Düngung 80 mg K/kg Boden im Vordergrund).



165. K-Mangel bei Gräsern auf Niedermoor nach hohen N-Düngergaben.



166. Blätter von Knaulgras (*Dactylis glomerata*) mit typischen K-Mangelsymptomen.





167. Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*) mit ausgeprägten K-Mangelsymptomen an älteren Blättern.

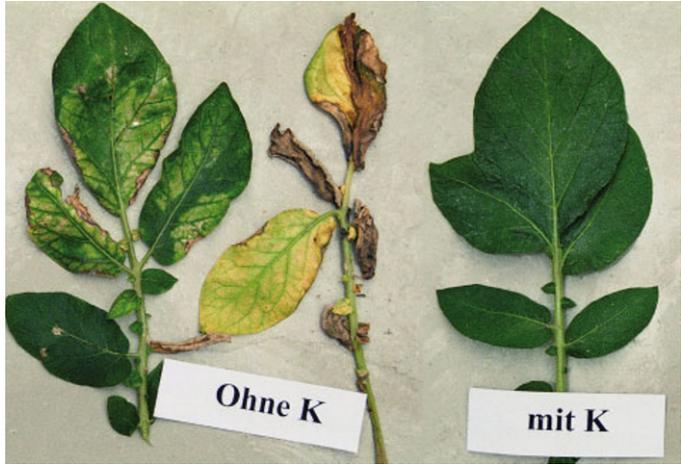


168. Kartoffel (*Solanum tuberosum*) mit stark ausgeprägten K-Mangelsymptomen an gesamter Pflanze.



169. Blätter von Kartoffeln (*Solanum tuberosum*) mit beginnenden K-Mangelsymptomen, beachte rechtes Blatt mit dunkelgrünen Verfärbungen infolge K-Mangel.

170. Blätter von Kartoffeln (*Solanum tuberosum*); links: beginnender K-Mangel; Mitte: mit stark ausgeprägtem K-Mangel; rechts: gesundes Blatt.



K

171. Älteres Blatt einer Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*) mit typischen K-Mangelsymptomen.



172. Auswirkungen von K-Mangel auf Kartoffelknollen (*Solanum tuberosum*) ("Blau- oder Schwarzfleckigkeit"); K-Gehalt links: 1,75 % i. d. TM; rechts: 2,60 % i. d. TM; Verfärbung 8 Stunden nach dem Aufschneiden der Knollen.





173. Sehr starker K-Mangel bei einer Futterrübenpflanze (*Beta vulgaris*).



174. Futterrübenblatt (*Beta vulgaris*) mit beginnendem K-Mangel.



175. Zuckerrübenpflanzen (*Beta vulgaris saccharifera*); links: mit ausgeprägten K-Mangelsymptomen und "Welketracht"; rechts: mit K gedüngt.



176. Blätter der Zuckerrübe (*Beta vulgaris saccharifera*) aus einem Feldbestand mit stark ausgeprägten K-Mangelsymptomen.



177. Raps (*Brassica napus oleifera*) mit ausgeprägten K-Mangelsymptomen an den älteren Blättern.



178. Raps (*Brassica napus oleifera*) zur Blüte mit ausgeprägten K-Mangelsymptomen an älteren Blättern links; rechts gesunde Pflanzen.

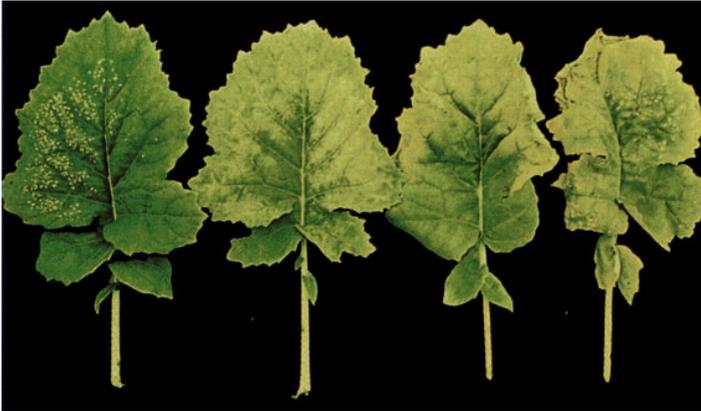
K



179. Junge Rapspflanzen (*Brassica napus oleifera*) mit ausgeprägten K-Mangelsymptomen an älteren Blättern; rechts: gesunde Pflanze.



180. Beginnender K-Mangel bei Raps (*Brassica napus oleifera*) an den älteren Blättern.



181. Rapsblätter (*Brassica napus oleifera*) mit Punkt- (linkes Blatt) und Flächennekrosen infolge von K-Mangel im Gefäßversuch.



182. Rapsblätter (*Brassica napus oleifera*) mit starkem K-Mangel unter Feldbedingungen.

183. Rotklee (*Trifolium pratense*); links: Pflanzen mit starkem K-Mangel; rechts: mit K gedüngt.



184. Rotkleeblatt (*Trifolium pratense*) mit ausgeprägten K-Mangelsymptomen.



185. Blätter von Rotklee (*Trifolium pratense*) mit zunehmend ausgeprägten K-Mangelsymptomen im Gefäßversuch; rechts: gesunde Blätter.



186. Blätter von Rotklee (*Trifolium pratense*) mit zunehmend ausgeprägten K-Mangelsymptomen im Gefäßversuch; Mitte oben: gesundes Blatt.

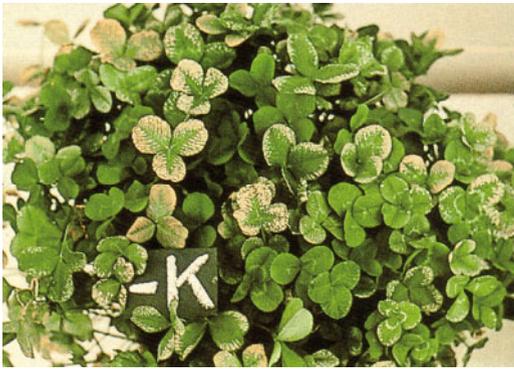




187. Luzernepflanzen (*Medicago sativa*) im Gefäßversuch mit K-Mangelsymptomen.



188. Blätter von Luzerne (*Medicago sativa*) von Abb. 187 mit K-Mangelsymptomen (Blatt-K-Gehalt = 0,95 % i. d. TM); rechts: gesunde Blätter.



189. K-Mangel bei Weißklee (*Trifolium repens*) auf Moorboden (pH = 4,3) im Gefäßversuch (Blatt-K-Gehalt = 1,30 % i. d. TM).



190. Weißkleeblätter (*Trifolium repens*) von Gefäßversuchspflanzen mit unterschiedlich ausgeprägten K-Mangelsymptomen.



191. Stark ausgeprägte K-Mangelsymptome vorwiegend an den älteren Blättern bei Sonnenblume (*Helianthus annuus*); rechts: gesunde Pflanzen.

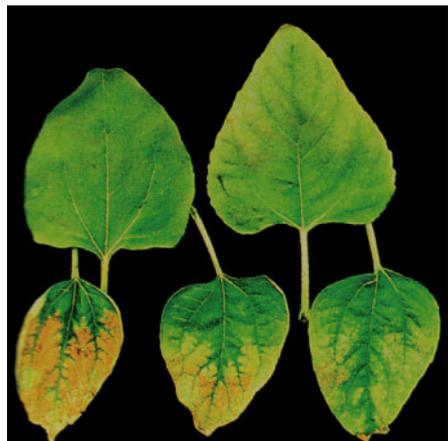


192. K-Mangel bei Sonnenblume (*Helianthus annuus*) K-Blattgehalte Mangelpflanze: 0,58 % i. d. TM; Kontrolle: 3,74 % i. d. TM.

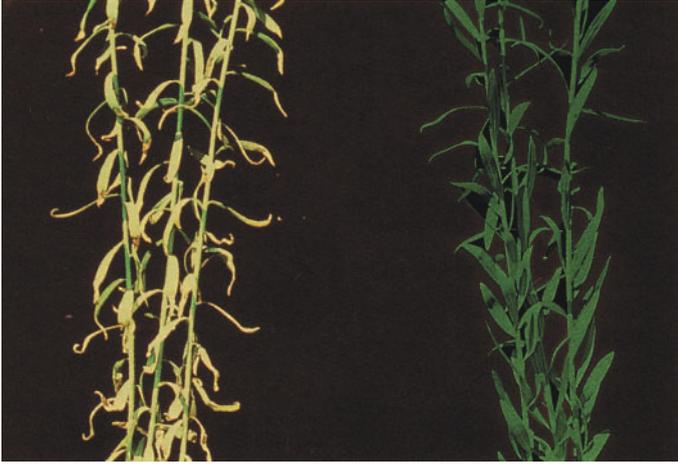
K



193. Blätter der Sonnenblume (*Helianthus annuus*); links: mit ausgeprägten K-Mangelsymptomen; rechts: gesundes Blatt.



194. Blätter von Sonnenblume (*Helianthus annuus*) mit verschieden ausgeprägten K-Mangelsymptomen.



195. K-Mangel bei Leinpflanzen (*Linum usitatissimum*); links: stark ausgeprägter K-Mangel; rechts: mit K gedüngte Pflanze.



196. Nahaufnahme K-Mangel (links) bei Leinpflanzen (*Linum usitatissimum*); rechts: mit K gedüngte Pflanze.



197. Hanf (*Cannabis sativa*) mit typischen K-Mangelsymptomen.

198. Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) vor der Kopfbildung mit K-Mangelsymptomen an älteren Blättern.



199. Blätter von Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) mit verschieden stark ausgeprägten K-Mangelsymptomen; oben Mitte: gesundes Blatt.



200. Blätter von Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) mit stark ausgeprägten K-Mangelsymptomen.



201. K-Mangel bei Weißkohl (*Brassica oleracea capitata*) an älteren Blättern.





202. Kohlrabiblatt (*Brassica oleracea* var. *gangyloides*) mit starken Blattrandnekrosen infolge von K-Mangel.



203. Möhrenpflanzen (*Daucus carota*); links: mit stark ausgeprägten K-Mangelsymptomen; rechts: gesunde Pflanzen.



204. Blatt einer Möhrenpflanze (*Daucus carota*) mit starken Randnekrosen infolge von K-Mangel.



205. Blätter von Möhrenpflanzen (*Daucus carota*); links: mit starken Randnekrosen infolge von K-Mangel; rechts: mit K-Düngung.

206. Blätter von Rettich (*Raphanus sativus*) mit Blatt-
randnekrosen infolge von K-
Mangel; von rechts nach links
zunehmende Schädigung.

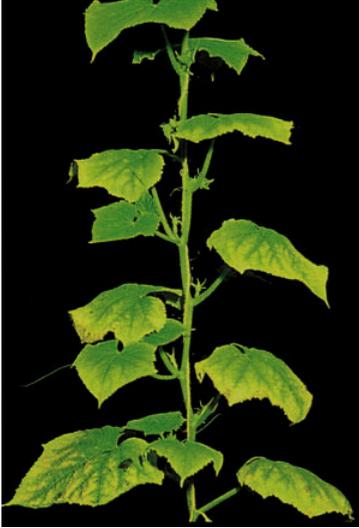


207. Älteres Blatt von Sellerie (*Apium graveolens*) mit
K-Mangelsymptomen.



208. Blätter von Sellerie (*Apium graveo-
lens*) mit stark ausgeprägten K-Mangel-
symptomen.





209. Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) in Torfkultur (pH = 5,5) mit K-Mangelsymptomen; Blatt-K-Gehalt = 0,50 % i. d. TM.



210. Kopfsalat (*Lactuca sativa*) mit K-Mangelsymptomen an älteren Blättern (Blatt-K-Gehalt 1,0 % i. d. TM).



211. Ältere Blätter von Tomaten (*Lycopersicon esculentum*) mit Randchlorosen infolge von beginnendem K-Mangel.



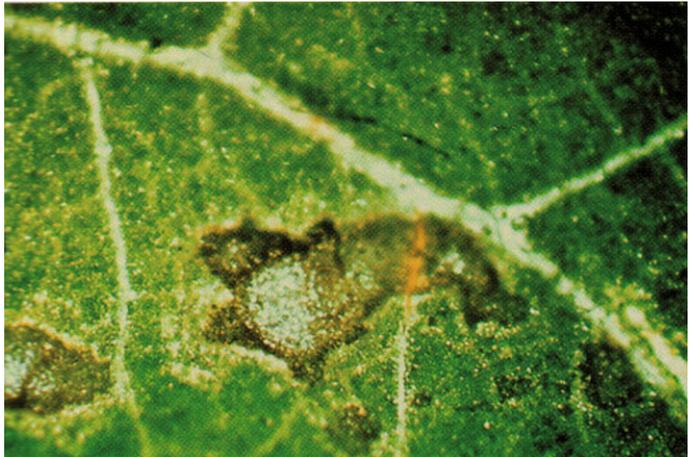
212. Blätter von Tomaten (*Lycopersicon esculentum*) mit Randnekrosen infolge von K-Mangel.

213. Blätter von Tomaten (*Lycopersicon esculentum*) mit starken Blatt-randchlorosen und -nekrosen infolge von K-Mangel (Blatt-K-Gehalt = 0,54 % i. d. TM; Kontrolle = 2,91 % i. d. TM); Mitte: gesundes Blatt.

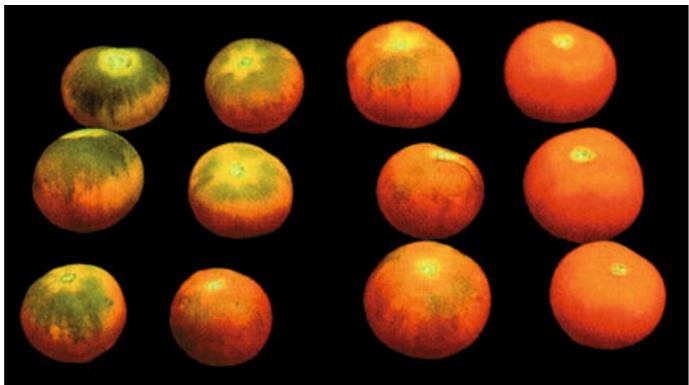


K

214. Nahaufnahme eines Tomatenblattes (*Lycopersicon esculentum*) mit Punktnekrosen infolge von K-Mangel.



215. Früchte von Tomatenpflanzen (*Lycopersicon esculentum*) mit „Grünkrägigkeit“ infolge von K-Mangel; rechts: Früchte mit normaler Ausfärbung.





216. Artischockenblatt (*Cynara scolymus*) mit Blattrandnekrosen infolge von K-Mangel.



217. Schnittlauch (*Allium schoenoprasum*) mit Spitzennekrosen und schwach ausgebildeten Schlotten infolge von K-Mangel.



218. Induzierter K-Mangel bei Kohlrübe (*Brassica napus rapifera*) im Gefäßversuch.

219. Chicoréeblätter (*Cichorium endivia*) aus einem Feldbestand mit verschieden stark ausgeprägten K-Mangelsymptomen.



220. Tabak (*Nicotiana tabacum*) im Gefäßversuch mit starkem K-Mangel.



221. Tabakblätter (*Nicotiana tabacum*) aus einem Gefäßversuch mit starkem K-Mangel.





222. Weinrebe (*Vitis vinifera*) mit stark ausgeprägten K-Mangelsymptomen.



223. Nahaufnahme von sehr starkem K-Mangel bei der Weinrebe (*Vitis vinifera*).



224. Weinrebe (*Vitis vinifera*) mit starkem K-Mangel.

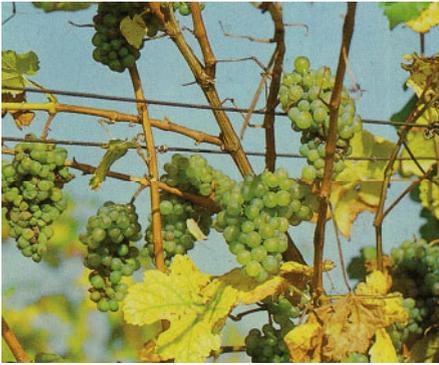


225. Spärlicher Austrieb der Weinrebe (*Vitis vinifera*) bei K-Mangel.



226. Austrieb der Weinrebe (*Vitis vinifera*) bei optimaler K-Ernährung.

K



227. Reduzierter Traubenansatz der Weinrebe (*Vitis vinifera*) bei K-Mangel.



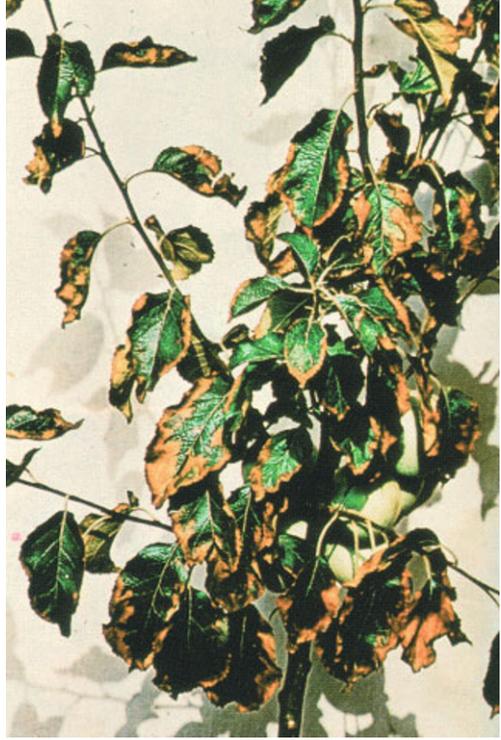
228. Traubenansatz der Weinrebe (*Vitis vinifera*) bei optimaler K-Ernährung.



229. Weintrauben (*Vitis vinifera*); links: ohne K-Düngung; rechts: mit K-Düngung.



230. Starker Befall mit *Botrytis cinera* der Weinrebe (*Vitis vinifera*) bei K-Mangel (Blattgehalte zur Zeit der Ernte 2,1 % N und 0,80 % K i. d. TM; N/K-Verhältnis 2,63).



231. Apfelbaum (*Malus domestica*) mit sehr starkem K-Mangel.



232. Blätter der Süßkirsche (*Prunus avium*) mit ausgeprägten K-Mangelsymptomen.



233. Blätter eines Apfelbaumes (*Malus domestica*) mit ausgeprägten K-Mangelsymptomen: "Blattrandverbrennungen".

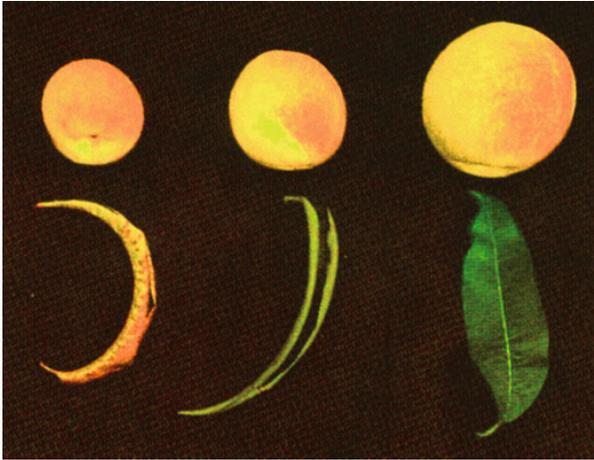


K

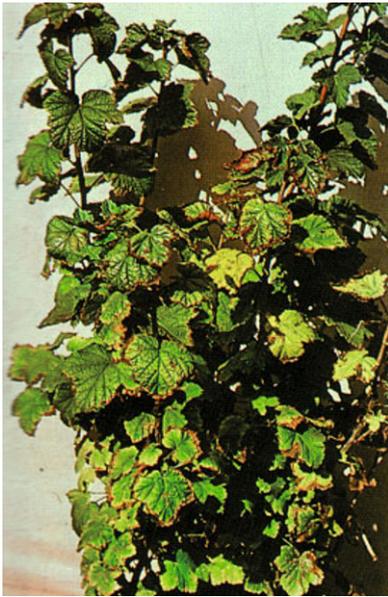
234a. und 234b. Aprikosenbäume (*Prunus armeniaca vulgaris*); links: schwach blühend infolge von K-Mangel; rechts: stark blühend bei guter K-Versorgung.



235. Aprikosenzweige mit Früchten (*Prunus armeniaca vulgaris*); links: mit K-Mangel; rechts: mit K gedüngt.



236. Blätter und Früchte von Pfirsichbäumen (*Prunus persica*); links und Mitte: ohne K-Düngung ("Sichelkrankheit"); rechts: mit K gedüngt.

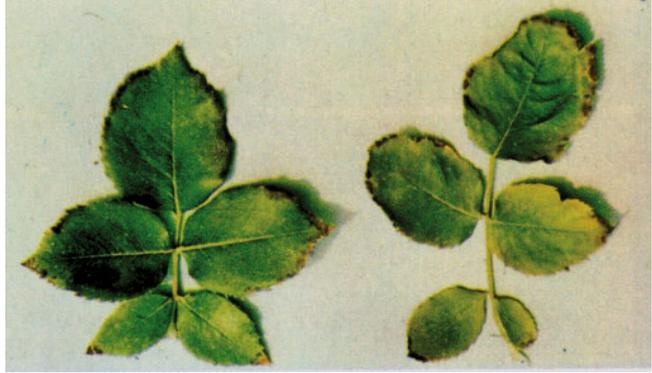


237. K-Mangelsymptome bei Roten Johannisbeeren (*Ribes rubrum*) im Freiland.



238. Johannisbeerblätter (*Ribes rubrum*) von Abb. 237 mit typischen K-Mangelsymptomen.

239. Ältere Blätter von Rosen (*Rosa*); mit braunen Blattrandnekrosen infolge von K-Mangel.



240. Flamingoblume (*Anthurium scherzerianum*) mit ausgeprägten K-Mangelsymptomen an den älteren Blättern.



241. Nelken (*Dianthus caryophyllus*); links: Pflanze mit stark ausgeprägten K-Mangelsymptomen; rechts: gesunde Pflanze.





242. Jüngere Blätter von *Gerbera jamesoni* mit K-Mangelsymptomen (Blatt-K-Gehalt: 0,75 % K i. TM).



243. Blätter einer *Primula vulgaris*; links: beginnender K-Mangel; Mitte und rechts: mittlerer K-Mangel.



244. Blätter einer *Primula vulgaris* mit starkem K-Mangel.

245. Flieder (*Syringa vulgaris*) auf Sandboden mit K-Mangelsymptomen.



K

246. Sämlinge der Weiß- oder Hainbuche (*Carpinus betulus*) mit ausgeprägten K-Mangelsymptomen in einem Gefäßversuch.



247. Zweig einer Buche (*Fagus sylvatica*) mit ausgeprägten K-Mangelsymptomen im Freiland.





248. Schlaffes Herabhängen („Welketracht“) der Blätter besonders in Trockenperioden und Symptome an älteren Blättern infolge von K-Mangel bei einer Traubeneiche (*Quercus sessiliflora*).



249. Blätter der Traubeneiche (*Quercus sessiliflora*) mit K-Mangel; Mitte gesundes Blatt.



250. Sämlinge der Traubeneiche (*Quercus sessiliflora*); links: kein Mehltaubefall bei ausreichender K-Versorgung; rechts starker Mehltaubefall bei K-Mangel.



251. Starker Befall mit Napfschildläusen (*Eulecanium corni robinarium*) am Stammabschnitt einer 7jährigen nicht mit K gedüngten Robinie (*Robinia pseudoacacia*).

252. Blätter einer Robinie (*Robinia pseudoacacia*); links: mit K-Mangelsymptomen; rechts: mit Mg-Mangelsymptomen; Mitte: gesundes Blatt.



253. Blatt eines Ahornbaumes (*Acer campestre*) mit K-Mangelsymptomen.



254. Blätter von Pappeln (*Populus nigra*) mit K-Mangelsymptomen; rechts: gesundes Blatt.



255. Blätter der Erle (*Alnus glutinosa*) mit Blattrandnekrosen durch K-Mangel; rechts: gesundes Blatt.





256. Blätter der Eberesche (*Sorbus aucuparia*) mit unterschiedlich ausgeprägten K-Mangelsymptomen.



257. Blätter der Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum*) mit ausgeprägten K-Mangelsymptomen.



258. Zweige des Lebensbaumes (*Thuja orientalis*) mit von links nach rechts zunehmenden K-Mangelsymptomen.



259. Zweige des Lebensbaumes (*Thuja orientalis*) mit stark ausgeprägten K-Mangelsymptomen.

260. Zweig einer Fichte (*Picea abies*) mit stark ausgeprägten K-Mangelsymptomen.



K

261. Fichtenzweige (*Picea abies*) mit stark ausgeprägten K-Mangelsymptomen.



262. Nahaufnahme eines Fichtenzweiges (*Picea abies*) mit stark ausgeprägten K-Mangelsymptomen.





263. Zweige von Fichten (*Picea abies*); links: mit K-Mangel; rechts: ohne K-Mangel.



264. Zweig einer Tanne (*Abies alba*) mit braunen Nadelspitzen, meist zuerst an den älteren Nadeln infolge von K-Mangel.



265. Bergkiefer (*Pinus montana*) im Gefäßversuch mit stark ausgeprägten K-Mangelsymptomen.

266. Zweig einer Zirbelkiefer (*Pinus cembra*) mit ausgeprägtem K-Mangel.



267. Zweig einer Kiefer (*Pinus sylvestris*) mit starkem K-Mangel; Nadeln von der Spitze her abgestorben.



268. Zweige von Kiefern (*Pinus sylvestris*); links: Zweig mit Symptomen von K-Mangel; rötliche Spitzennekrosen der Nadeln und Mg-Mangel ("Goldspitzigkeit" der Nadeln); rechts: gesunder Zweig.





269. Maispflanze (*Zea mays*) mit Abknicken des jüngsten Blattes und Verkleben der Spitze des jüngsten Blattes im Stängel infolge von Ca-Mangel.



270. Abgestorbener Vegetationspunkt und Abknicken der Stängel von Leinpflanzen (*Linum usitatissimum*) infolge von Ca-Mangel.



271. Kartoffel (*Solanum tuberosum*) in Hydrokultur mit stark ausgeprägten Ca-Mangelsymptomen: abgestorbene Vegetationspunkte sowie verkümmerte, nekrotische jüngere Blätter.

272. Abgestorbene und abgeknickte Sprossspitze einer Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*) mit charakteristischer "Verkrallung" der Fiederblättchen infolge von Ca-Mangel.



273. Senfpflanze (*Sinapis alba*) in Gefäßkultur mit abgeknickten und gestauchten Blütenständen sowie deformierten und chlorotischen jüngeren Blättern infolge von Ca-Mangel.



274. Nahaufnahme einer Senfpflanze (*Sinapis alba*) in Gefäßkultur mit stark gestauchtem und abgeknicktem Blütenstand sowie deformierten und teilweise chlorotisch-nekrotischen jüngeren Blättern infolge von Ca-Mangel.



Ca

Ca



275. Raps (*Brassica napus oleifera*) mit abgeknicktem Blütenstand infolge von Ca-Mangel.



276. Stängellängsschnitt an der durch Ca-Mangel bedingten Abknickstelle von Raps (*Brassica napus oleifera*).

277. Abknicken der Blütenknospen bei Mohn (*Papaver somniferum*) infolge von Ca-Mangel.



Ca



278. und 279. Sonnenblumenpflanzen (*Helianthus annuus*) mit typischen Ca-Mangelsymptomen; links: abgeknickter Spross vor der Blütenbildung; rechts: abgeknickter und abgestorbener Blütenstand.

Ca



280. Abknicken des Stängels bei Rotklee (*Trifolium pratense*) unterhalb der Blüte infolge von Ca-Mangel.



281. Blaue Süßlupine (*Lupinus angustifolius*) in Hydrokultur mit abgeknickten Stängeln infolge von Ca-Mangel.



282. Abknicken eines Doldenteiles bei Fenchel (*Foeniculum vulgare*) infolge von Ca-Mangel.

283. Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) mit "krallenartiger" Ausbildung der jüngsten Blätter und gestörter Kopfbildung infolge von Ca-Mangel.



284. Blumenkohlköpfe (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) mit gestörter Kopfbildung infolge von Ca-Mangel.



285. Blumenkohlkopf (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) mit gestörter Kopfbildung infolge von Ca-Mangel.



Ca

Ca



286. Reduzierte Blütenbildung bei der Vermehrung von Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) infolge von Ca-Mangel.



287. Innenblattnekrosen bei Rosenkohl (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*) infolge von Ca-Mangel.



288. Rosenkohl (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*); links: Röschen mit Innenblattnekrosen infolge von Ca-Mangel; rechts: gesunde Röschen.

289. Tomatenpflanze (*Lycopersicon esculentum*) mit Randchlorosen und -nekrosen der jungen Blätter und aufgewölbten Blatt-rändern infolge von Ca-Mangel.



290. Sprossspitze einer Tomatenpflanze (*Lycopersicon esculentum*) mit Stängelweiche und Abknicken des Stängels infolge von Ca-Mangel.



Ca

291. Tomatenblatt (*Lycopersicon esculentum*) mit Aderbräune infolge von Ca-Mangel.

292. Tomatenpflanze (*Lycopersicon esculentum*) mit "Blütenendfäule" an den Früchten infolge von Ca-Mangel.



Ca



293. Absterben der Triebspitze und jüngsten Blätter von Tomaten (*Lycopersicum esculentum*) infolge von Ca-Mangel.



294. Absterben der Triebspitze von Tomaten (*Lycopersicum esculentum*) infolge von Ca-Mangel.



295. Früchte der Tomate (*Lycopersicum esculentum*) im frühen Entwicklungsstadium aus einem Gefäßversuch mit "Blütenendfäule" infolge von Ca-Mangel.



296. Früchte der Tomate (*Lycopersicum esculentum*) mit "Blütenendfäule" an den Früchten infolge von Ca-Mangel.



297. Frucht von Tomate (*Lycopersicon esculentum*) mit "Blütenendfäule" infolge von Ca-Mangel.



298. Aufgeschnittene Frucht von Paprika (*Capsicum annuum*) mit "Blütenendfäule" infolge von Ca-Mangel.

Ca

299. Früchte von Paprika (*Capsicum annuum*) mit "Blütenendfäule" infolge von Ca-Mangel; unten: ohne Mangel.



300. Früchte von Paprika (*Capsicum annuum*) mit "Blütenendfäule" infolge von Ca-Mangel.





301. Nekrotische Terminalknospe und Verkrümmungen der jüngeren Blätter bei Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) infolge von Ca-Mangel.



302. Missbildungen der jüngeren Blätter bei Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) infolge von Ca-Mangel.

Ca



303. Nekrotische Terminalknospe und Verkrümmungen der jüngeren Blätter bei Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) infolge von Ca-Mangel.



304. Missbildungen der jüngeren Blätter bei Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) infolge von Ca-Mangel.

305. Salatpflanze (*Lactuca sativa*) mit Ca-Mangel während der Kopfausbildung unter Feldbedingungen.



306. Blätter von Sellerie (*Apium graveolens*) mit verschieden stark ausgeprägten Symptomen infolge von Ca-Mangel.



307. Nekrosen der jüngsten Blätter bei Chicorée (*Cichorium endivia*) infolge von Ca-Mangel.





Ca

308. Blätter von Chinakohl (*Brassica rapa* spp. *pekinensis*) mit Nekrosen an den Blattspitzen infolge von Ca-Mangel.



309. Chinakohl (*Brassica rapa* spp. *pekinensis*) während der Kopfbildung mit Nekrosen an den Blattspitzen infolge von Ca-Mangel.



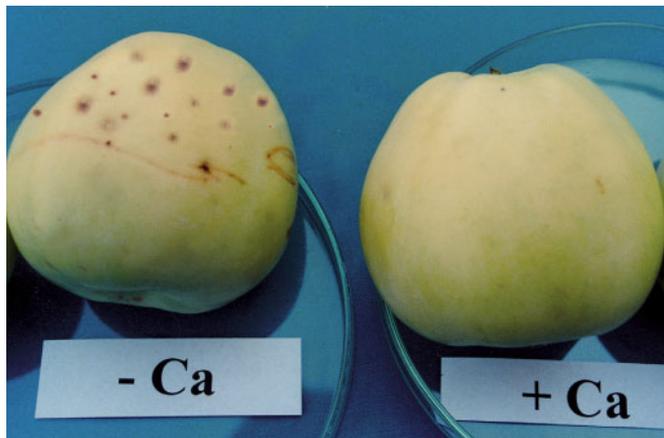
310. Aufgeschnittener Kopf von Chinakohl (*Brassica rapa* spp. *pekinensis*) mit Innenblattnekrosen infolge von Ca-Mangel.

311. Abknicken der Triebspitzen von Zwiebeln (*Allium cepa*) infolge von Ca-Mangel; rechts: ausreichende Ca-Versorgung.



Ca

312. Apfelfrüchte (*Malus domestica*); links: "Stippigkeit" vorwiegend am "Blütenende"; rechts: ausreichende Ca-Versorgung.



313. Tabakpflanzen (*Nicotiana tabacum*) mit Interkostalchlorosen und -nekrosen sowie löffelfartiger Verformung der jüngsten Blätter infolge von Ca-Mangel.





314. Nelkentriebe (*Dianthus caryophyllus*) mit Nekrosen an den jüngeren Blättern infolge von Ca- und B-Mangel.

Ca



315. Jüngere Blätter von Nelke (*Dianthus caryophyllus*) mit Spitzennekrosen infolge von Ca-Mangel.



316. Abknicken von Maitrieben bei der Fichte (*Picea abies*) zum Teil mit abgestorbenen oder ohne neue Nadeln infolge von Ca-Mangel.

317. Wintergerste (*Hordeum vulgare*) durch Bodenversauerung geschädigt; Stelle ohne Bewuchs: pH-Wert 3,8.



318. Sommergerste (*Hordeum vulgare*): Vordergrund links durch Bodenversauerung geschädigt (pH-Wert 4,0); rechts: gekalkt (pH-Wert 5,8).



319. Sommergerste (*Hordeum vulgare*) durch Bodenversauerung mit pH-Wert 4,2 geschädigt.





320. Winterweizen (*Triticum aestivum*) im Feldbestand; vorn: ohne Kalk (Boden-pH-Wert = 4,0); im Hintergrund: gekalkt.



321. Auswirkungen einer unterlassenen Kalkdüngung zu Mais (*Zea mays*); vorn: ohne Kalk mit Symptomen von P- und Mg-Mangel an den Pflanzen; im Hintergrund: normales Wachstum nach Kalkung.



322. Wintergerste (*Hordeum vulgare*) durch Bodenversauerung geschädigt (Boden-pH-Wert = 3,8).



323. Sommergerste (*Hordeum vulgare*) im Jugendstadium durch Al- und Fe-Toxizität infolge von Bodenversauerung (pH-Wert = 4,1) geschädigt; beachte die stark geschädigten Wurzeln; rechts: gesunde Pflanze.



324. Weizen (*Triticum aestivum*) im Jugendstadium durch Bodenversauerung (pH-Wert = 3,2) geschädigt; beachte die stark geschädigten Wurzeln; rechts: gesunde Pflanzen (pH-Wert = 6,0).

325. Sommergerste (*Hordeum vulgare*): links: starke Wachstumshemmung und Absterben der Pflanzen im Jugendstadium infolge von Al- und Fe-Toxizität (pH-Wert = 4,1); rechts: gesunde Pflanzen (pH = 6,0).



Ca



326. Mais (*Zea mays*) auf einem sauren schluffreichen Boden (pH-Wert = 4,1) mit P-Mangelsymptomen (0,08 % P i. d. TM), induziert durch Fe- und Al-Überschuss.



327. Mais (*Zea mays*) mit Schädigung durch Bodenversauerung (pH-Wert = 4,1).



328. Mais (*Zea mays*) mit sehr starkem P-Mangel und Nekrosen infolge von Bodenversauerung (pH-Wert = 4,0).

329. Winterraps (*Brassica napus oleifera*) mit starker Schädigung durch Bodenversauerung (pH-Wert = 4,0); rechts: gesunde Pflanze.



Ca



330. Luzernepflanzen (*Medicago sativa*) mit Mo-Mangelsymptomen sowie N-Mangelernährung infolge fehlender Knöllchenausbildung beim Anbau auf versauertem Boden (pH-Wert = 5,1).



331. Luzerne (*Medicago sativa*); links: mit N-Mangel infolge unterbliebener Bildung von Wurzelknöllchen auf einem Boden mit pH-Wert = 5,5; rechts: gekalkt (pH-Wert = 7,0).

Ca



332. Luzerne (*Medicago sativa*) mit N-Mangel infolge unterbliebener Bildung von Wurzelknöllchen auf einem Boden mit pH-Wert = 5,5, links; rechts: gekalkt (pH-Wert = 7,0).



333. Phaceliapflanze (*Phacelia tanacetifolia*) mit Schädigung durch Bodenversauerung (pH-Wert = 3,9).



334. Blätter der Weinrebe (*Vitis vinifera*) mit P- und Mg-Mangelsymptomen infolge unterlassener Kalkdüngung des Weinberges.



335. Blätter von Chicorée (*Cichorium endivia*) bei der Anzucht im Feld mit P- und K-Mangel ähnlichen Symptomen infolge Kalkmangel des Bodens (pH-Wert = 4,2).



336. Blätter einer Pappel (*Populus nigra*) mit Säureschäden infolge unterlassener Kalkdüngung; verschiedene Symptome wie bei P- und K-Mangel; rechts: gesundes Blatt.



337. Blätter einer Traubeneiche (*Quercus sessiliflora*) mit Säureschäden infolge unterlassener Kalkdüngung; punktförmige Interkostalnekrosen und Absterben des Blattrandes wie bei Mg- und K-Mangel oder auch Mn-Überschuss; rechts: gesundes Blatt.

Ca

338. Fichte (*Picea abies*) in einem Gefäßversuch mit Boden-pH-Wert = 3,8; links: stark geschädigte Fichte; rechts: Fichte nach Kalkung mit weniger Schäden.



339. Bergkiefer (*Pinus montana*) in einem Gefäßversuch; links: ungekalkter Torf; rechts: gekalkter Torf.





340. Auswirkungen von Mg-Mangel auf einem Sandboden (pH-Wert = 4,0; verfügbarer Mg-Gehalt: 10 mg/kg) bei Winterroggen (*Secale cereale*).



341. Auswirkungen von Mg-Mangel auf einem Sandboden mit niedriger Mg-Versorgung (pH-Wert = 4,2; verfügbarer Mg-Gehalt 21 mg/kg) bei Hafer (*Avena sativa*).



342. Mg-Mangel bei Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*) in einem Gefäßversuch.



343. Blattspitzen von Roggenpflanzen (*Secale cereale*) mit den typischen Mg-Mangelsymptomen bei Getreide (perlchnurartige "Chlorophyllschoppung", "Tigerung").



344. Blätter von Haferpflanzen (*Avena sativa*) mit charakteristischen Mg-Mangelsymptomen.



345. Winterweizenpflanzen (*Triticum aestivum*) mit Mg-Mangelsymptomen an den älteren Blättern während des Schossstadiums.

Mg



346. Maispflanze (*Zea mays*) auf einem Mg-armen Sandboden mit typischen Mg-Mangelsymptomen.



347. Blätter von Mais (*Zea mays*) mit typischen Mg-Mangelsymptomen.



348. Blätter der Ackerbohne (*Vicia vaba*) mit unterschiedlich ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen (Mg-Gehalt der Blätter: 0,08 % i. d. TM); Mitte unten: gesundes Fiederblatt.

349. Kartoffel (*Solanum tuberosum*) mit beginnendem Mg-Mangel.



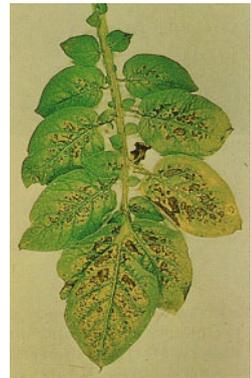
350. Kartoffel (*Solanum tuberosum*) mit stark ausgeprägtem Mg-Mangel.



Mg



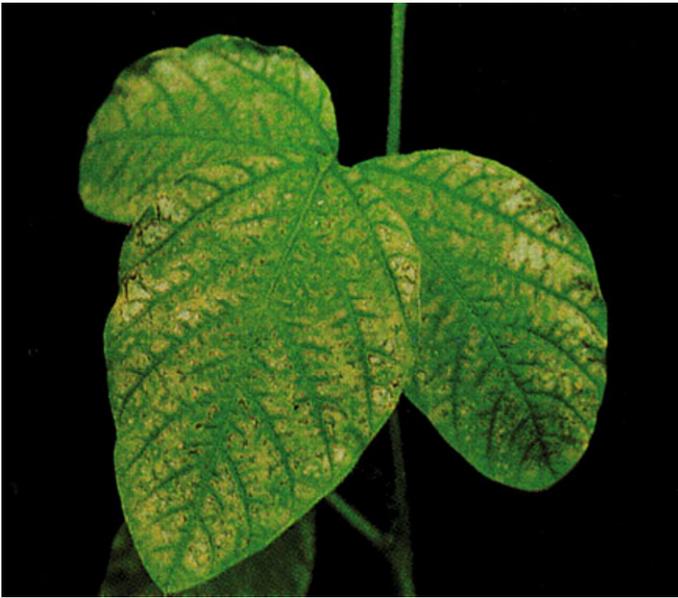
351. Blätter der Kartoffel (*Solanum tuberosum*); links: ohne Mg, "fischgrätenartige Interkostalchlorosen"; rechts: mit Mg gedüngt.



352. Blatt der Kartoffel (*Solanum tuberosum*) mit Interkostalchlorosen und -nekrosen infolge von Mg-Mangel.



353. Blätter von Kartoffel (*Solanum tuberosum*) mit starkem Mg-Mangel als "fischgrätenartige Interkostalnekrosen".



354. Älteres Blatt von Soja (*Glycine max*) mit ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen.



355. Blätter der Ackerbohne (*Vicia vaba*) mit typischen Mg-Mangelsymptomen; rechts: gesundes Blatt.

Mg



356. Zuckerrübe (*Beta vulgaris saccharifera*) im Feldbestand; ältere Blätter mit Interkostalchlorosen infolge von Mg-Mangel.



357. Zuckerrübe (*Beta vulgaris saccharifera*) im Gefäßversuch mit ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen.



358. Futterrübenblätter (*Beta vulgaris*) mit ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen; Blatt-Mg-Gehalt = 0,13 % i. d. TM.

Mg



359. Blätter von Rotklee (*Trifolium pratense*) mit verschieden stark ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen; rechts oben: gesundes Blatt.



360. Weißkleepflanzen (*Trifolium repens*) mit ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen.



361. Blätter von Weißklee (*Trifolium repens*) mit verschieden stark ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen; Mitte oben: gesundes Blatt.

362. Blaue Lupine (*Lupinus angustifolius*) mit stark ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen an den älteren Blättern.



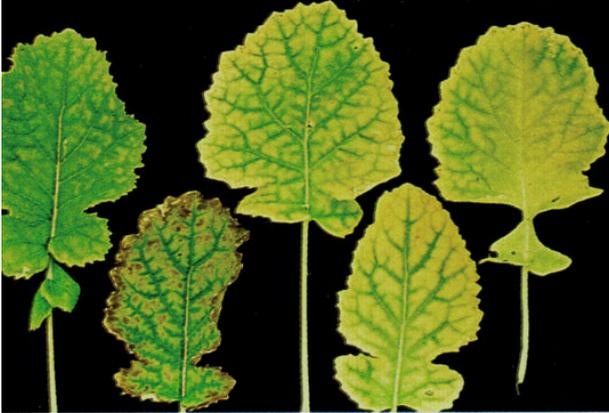
363. Blätter der blauen Lupine (*Lupinus angustifolius*) mit Mg-Mangelsymptomen; links oben: jüngstes Blatt; rechts unten ältestes Blatt.



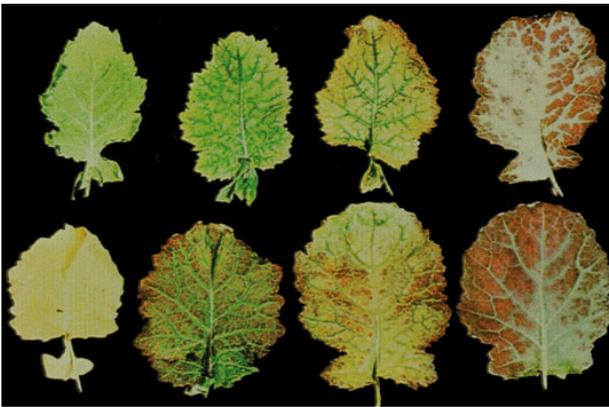
Mg

364. Blätter der Gelben Lupine (*Lupinus luteus*) mit zunehmend ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen.





365. Ältere Blätter von Raps (*Brassica napus oleifera*) mit stark ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen.



366. Ältere Blätter von Liho-Raps (*Brassica napus oleifera* var. *Liho*) mit verschieden stark ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen.



367. Raps (*Brassica napus oleifera*) in einem Gefäßversuch mit Interkostalchlorosen der älteren Blätter infolge von Mg-Mangel.



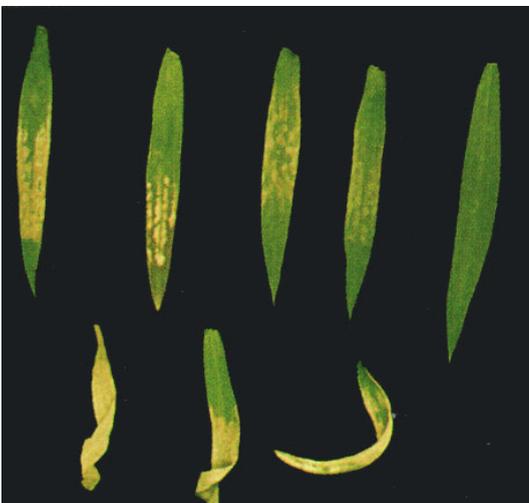
368. Sehr starker Mg-Mangel an älteren Blättern von Raps (*Brassica napus oleifera*).



369. Blätter von Sommerraps (*Brassica napus oleifera*); links: Interkostalchlorosen infolge von Mg-Mangel; rechts: gesundes Blatt.



370. Ölleinpflanzen (*Linum usitatissimum*); links: Pflanzen mit Mg-Mangelsymptomen; rechts: gesunde Pflanzen.



371. Mg-Mangel bei älteren Blättern von Lein (*Linum usitatissimum*); rechts oben: gesundes Blatt.



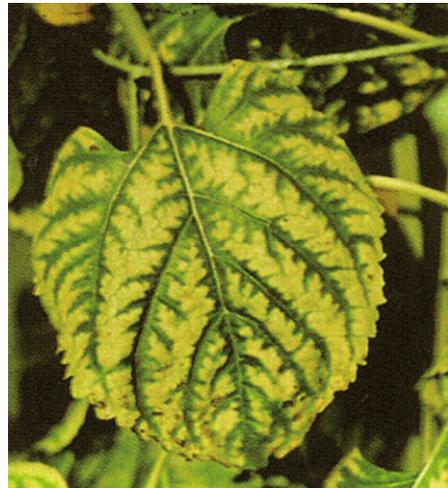
372. Sonnenblumenpflanzen (*Helianthus annuus*) mit Interkostalchlorosen an den älteren Blättern infolge von Mg-Mangel; rechts: gesunde Pflanzen.



373. Sonnenblumenpflanzen (*Helianthus annuus*) in einem Gefäßversuch mit deutlichen Interkostalchlorosen an den älteren Blättern infolge von Mg-Mangel.



374. Sonnenblume (*Helianthus annuus*) mit Interkostalchlorosen an den älteren Blättern infolge von Mg-Mangel.



375. Basalblatt von Sonnenblume (*Helianthus annuus*) mit stark ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen aus einem Gefäßversuch.

376. Blumenkohlpflanzen (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) während der Kopfbildung mit Mg-Mangelsymptomen an älteren Blättern (Blatt-Mg-Gehalt = 0,07 % i. d. TM).



377. Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) in einem Gefäßversuch mit Mg-Mangel an den älteren Blättern.



Mg

378. Blumenkohlblätter (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) mit leichtem bis starkem Mg-Mangel; rechts: gesundes Blatt.





379. Ältere Blätter von Grünkohl (*Brassica oleracea* var. *acephala*) mit Mg-Mangelsymptomen.



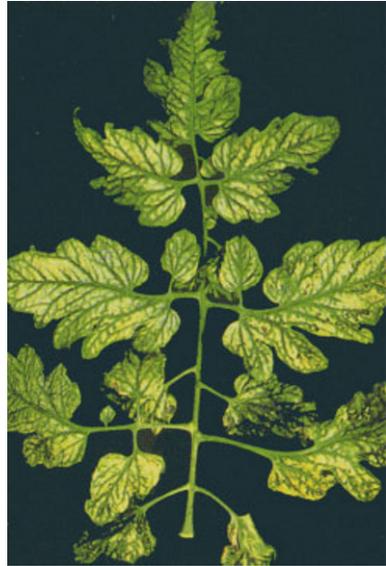
380. Älteres Kohlrabiblatt (*Brassica oleracea* var. *gongyloides*) mit Mg-Mangelsymptomen.



381. Salatpflanze (*Lactuca sativa*) in Hydrokultur mit Mg-Mangelsymptomen an den älteren Blättern.



382. Mg-Mangelsymptome bei Tomate (*Lycopersicum esculentum*) im Gefäßversuch.



383. Älteres Blatt einer Gewächshaustomate (*Lycopersicum esculentum*) mit ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen.

Mg



384. Älteres Blatt einer Gewächshaustomate (*Lycopersicum esculentum*) mit Mg-Mangelsymptomen.



385. Fiederblätter einer Gewächshaustomate (*Lycopersicum esculentum*) von links nach rechts zunehmend ausgeprägte Mg-Mangelsymptome.



386. Sellerie-
pflanze (*Apium
graveolens*) im
Freiland mit Mg-
Mangelsymptomen.



387. Blätter von
Sellerie (*Apium
graveolens*) mit
verschieden stark
ausgeprägten Mg-
Mangelsymptomen; Mitte: gesun-
des Blatt.



388. Ältere Blätter
von Sellerie
(*Apium graveo-
lens*) mit schwa-
chen bis starken
Blattnekrosen in-
folge von Mg-
Mangel.

Mg



389. Blätter von Gewächshausgurken (*Cucumis sativus*) mit verschieden ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen; rechts oben: gesundes Blatt.



390. Älteres Blatt einer Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) mit beginnenden Mg-Mangelsymptomen.



391. Älteres Blatt einer Gurkenpflanze (*Cucumis sativus*) in Hydrokultur mit ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen (Blatt-Mg-Gehalt = 0,22 % i. d. TM).



392. Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*); älteres Blatt mit stark ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen bei einem Mg-Gehalt von 0,20 % i. d. TM.

Mg



393. Buschbohnenpflanze (*Phaseolus vulgaris*) auf einem Sandboden mit stark ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen.



394. Tabak (*Nicotiana tabacum*) mit Mg-Mangelsymptomen an den älteren Blättern.



395. Hopfenpflanze (*Humulus lupulus*) mit charakteristischen Mg-Mangelsymptomen an den älteren Blättern.



396. Blatt von Hopfen (*Humulus lupulus*) mit charakteristischen Mg-Mangelsymptomen.



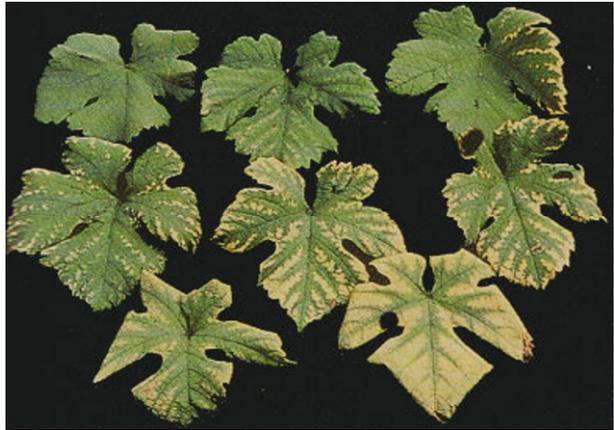
397. Weinrebe (*Vitis vinifera*) mit Mg-Mangelsymptomen an den älteren Blättern.



398. Älteres Blatt der Weinrebe (*Vitis vinifera*) mit ausgeprägten Interkostalchlorosen infolge von Mg-Mangel; beachte grünen Blattrand.

Mg

399. Blätter von Spalierweinreben (*Vitis vinifera*); von links oben nach rechts unten mit zunehmend stärker ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen.

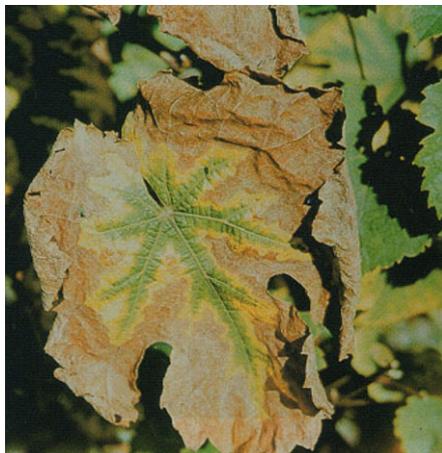


400. Ältere Blätter von Weinreben (*Vitis vinifera*) mit ausgeprägten Interkostalchlorosen und beginnende Nekrosen infolge von Mg-Mangel.





401. Älteres Blatt der Weinrebe (*Vitis vinifera*) mit deutlichen Mg-Mangelsymptomen und beginnenden Randnekrosen.



402. Älteres Blatt der Weinrebe (*Vitis vinifera*) mit sehr stark ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen und Absterben des Blattes.



403. "Stiellähme" bei einer Weinrebe (*Vitis vinifera*) infolge einer unzureichenden Mg-Versorgung bzw. gestörter Kationenverhältnisse im Stiel.

404. Apfelbaum (*Malus domestica*) der Sorte "Johnathan" mit Auswirkungen eines starken Mg-Mangels Ende August: Entlaubung der Zweigbasis ("Pinselkrankheit").



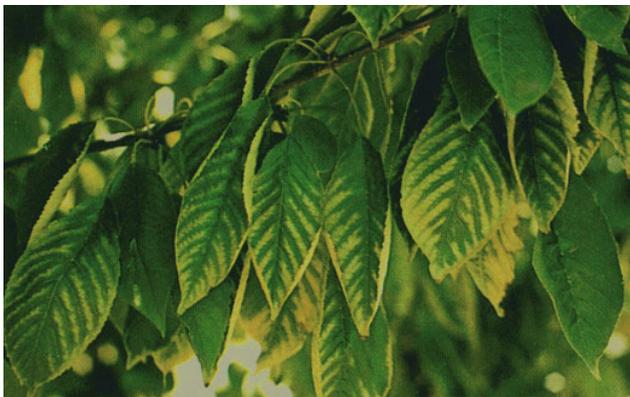
Mg

405. Blätter von Apfelbäumen (*Malus domestica*) der Sorte "Alkmene" mit Mg-Mangelsymptomen.



406. Blätter von einem Apfelbaum (*Malus domestica*) mit stark ausgeprägten Interkostalnekrosen infolge von sehr starkem Mg-Mangel.

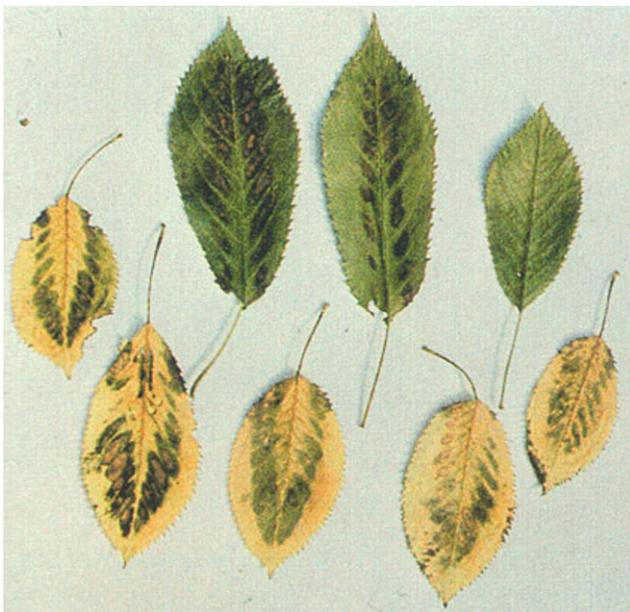




407. Süßkirschen (*Prunus avium*) mit ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen an älteren Blättern.

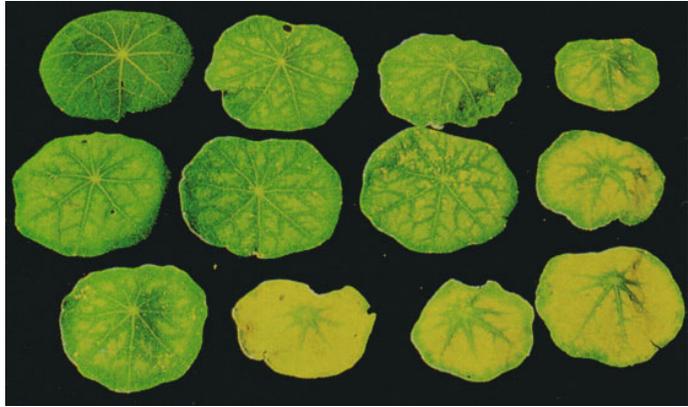


408. Blätter von Süßkirschen (*Prunus avium*) mit ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen an Einzelblättern; rechts: gesundes Blatt.



409. Blätter von Süßkirsche (*Prunus avium*) mit Mg-Mangelsymptomen; obere Reihe mit beginnendem Mg-Mangel; untere Reihe: abgestorbene Blätter mit Mg-Mangelsymptomen.

410. Blätter der Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*) mit zunehmend ausgeprägten Mg-Mangel-symptomen.



411. Blätter der Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*); Vergleich der Symptome von Mn-Mangel (obere 2 Reihen) und Mg-Mangel (untere 2 Reihen).



Mg

412. Zimmerlinde (*Sparmannia africana*) mit ausgeprägten Interkostalchlorosen an älteren Blättern infolge von Mg-Mangel.





413. Zweig eines Lindenbaumes (*Tilia platyphyllos*) mit Mg-Mangelsymptomen.



414. Dreijährige Traubeneichen (*Quercus sessiliflora*) mit Mg-Mangelsymptomen.



415. Zweig einer Rotbuche (*Fagus sylvatica*) mit ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen (Blatt-Mg-Gehalt = 0,05 % i. d. TM).

416. Blätter von Traubeneichen (*Quercus sessiliflora*) mit Mg-Mangelsymptomen auf einem sauren, Mg-armen Sandboden mit verschiedenen ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen; rechts unten: jüngeres gesundes Blatt.



417. Blätter einer Pappel (*Populus nigra*) mit beginnendem Mg-Mangel; rechts: jüngstes gesundes Blatt.



418. Älteres Blatt einer Pappel (*Populus nigra*) mit deutlichen Interkostalnekrosen infolge von starkem Mg-Mangel.



Mg



419. Blatt eines Ahornbaumes (*Acer campestre*) mit stark ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen; rechts: gesundes Blatt.



420. Blätter einer Erle (*Alnus glutinosa*) mit beginnenden Mg-Mangelsymptomen; oben: gesundes Blatt.



421. Blätter von Edelkastanie (*Castanea vesca* oder *sativa*) mit schwachen Mg-Mangelsymptomen an älteren Blättern.



422. Weymouthskiefer (*Pinus strobus*) auf saurem, Mg-armem Sandboden mit Mg-Mangelsymptomen.



423. Vierjährige Weymouthskiefer (*Pinus strobus*) mit sehr stark ausgeprägten Mg-Mangelsymptomen.

Mg



424. Zweig einer Kiefer (*Pinus sylvestris*) mit typischen Mg-Mangelsymptomen ("Goldspitzigkeit").



425. Nadeln einer Bergkiefer (*Pinus montana*) mit gelben Spitzen infolge von Mg-Mangel.



426. Zweig eines Lärchenbaumes (*Larix decidua*) mit Mg-Mangelsymptomen.



427. Zweig einer Omorikafichte (*Picea omorica*) mit "Gelb- oder Goldspitzigkeit" infolge von Mg-Mangel.



428. Zweig einer Fichte (*Picea abies*) mit beginnendem Neuaustrieb und sehr starkem Mg-Mangel.



429. Sekundärhalm- und Wurzelbildung an den unteren Halmknoten von Weizen (*Triticum aestivum*) infolge von B-Mangel im Gefäßversuch.

B



430. Ähren von Weizen (*Triticum aestivum*) mit B-Mangelsymptomen; rechts: gesunde Ähren.



431. Weizenähre (*Triticum aestivum*) mit Seitenährenausbildung infolge von B-Mangel im Gefäßversuch.



432. Maispflanze (*Zea mays*) mit B-Mangelsymptomen.



433. Maispflanze (*Zea mays*) mit B-Mangelsymptomen; abgestorbener Vegetationspunkt.



434. Maiskolben (*Zea mays*) mit reduzierter Körnerbildung und deformierten Körnern infolge von B-Mangel während der Kornfüllungsphase, häufig nach längeren Trockenperioden auf mäßig mit B versorgten Böden.

435. Beginnender B-Mangel bei einer Zuckerrübe (*Beta vulgaris saccharifera*) in einem Gefäßversuch; beachte Vernarbung der Blattstiele.



436. Beginnender B-Mangel bei der Zuckerrübe (*Beta vulgaris saccharifera*) im Feldbestand.



437. Sehr starker B-Mangel bei Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*) nach längerer Trockenheit auf einem sandigen Lehmboden.





438. Sehr starker B-Mangel bei Zuckerrübe (*Beta vulgaris saccharifera*) in einem Gefäßversuch.



439. Zuckerrübenpflanze (*Beta vulgaris saccharifera*) in einem Gefäßversuch; man beachte die starke Ausbildung kleiner "sitzenbleibender" Blätter um den abgestorbenen Vegetationspunkt infolge von B-Mangel.



440. Zuckerrübe (*Beta vulgaris saccharifera*) in einem Gefäßversuch; beachte die neu austreibenden Seitenblätter nach Absterben des Vegetationspunktes und verbesserter Wasserversorgung.

441. Beginnender B-Mangel bei der Futterrübe (*Beta vulgaris*) im Jugendstadium in einem Gefäßversuch; beachte Vernarbung auf den Blattstielen.



442. Aufgeschnittene Futterrübe (*Beta vulgaris*) aus einem Feldbestand mit B-Mangelsymptomen: "Herz- und Trockenfäule".



443. Blattstiel einer Futterrübe (*Beta vulgaris*) mit charakteristischer Narbenbildung auf der Stieloberseite infolge von B-Mangel (Blatt-B-Gehalt = 18 mg/kg TM).

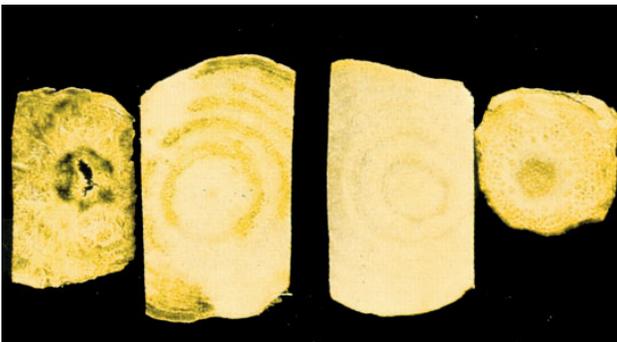
B



444. Aufgeschnittene Futterrüben (*Beta vulgaris*) mit stark ausgeprägten B-Mangelsymptomen aus einem Feldbestand in einem Trockenjahr.



445. Aufgeschnittene Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*); links: "wasserfleckiges" Gewebe, Mitte: beginnende Hohlrumbildung, rechts: stark ausgeprägte "Herz- und Trockenfäule" infolge von B-Mangel.



446. Querschnitt durch Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*); rechts: gesunde Rübe (Blatt-B-Gehalte: von kranken Rüben = 21 mg/kg TM; von gesunden Rüben = 54 mg/kg TM).

447. B-Mangel-symptome im Rübenkörper bei Kohlrübe (*Brassica napus* var. *napobrassica*).

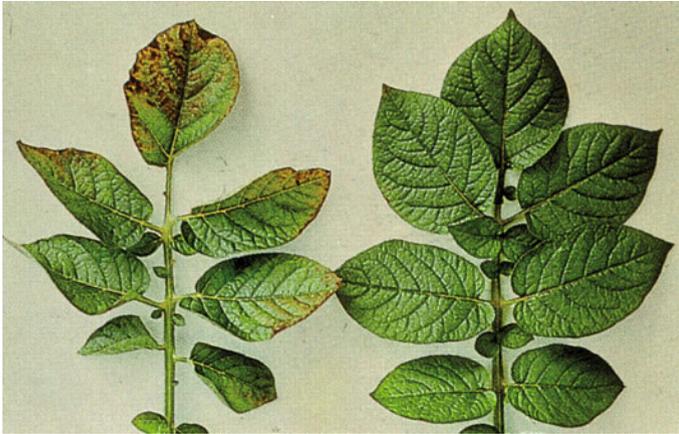


448. Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*) mit beginnendem leichtem B-Mangel.

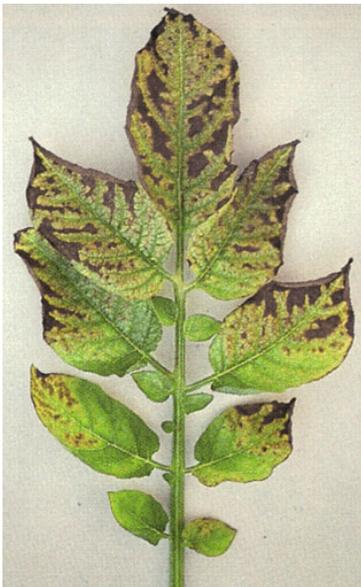


449. Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*) mit stark ausgeprägtem B-Mangel, Absterben des Vegetationspunktes.





450. Links Blatt der Kartoffel (*Solanum tuberosum*) mit ausgeprägtem B-Mangel; rechts: gesundes Blatt.



451. Jüngstes Blatt der Kartoffel (*Solanum tuberosum*) mit stark ausgeprägtem B-Mangel.



452. Knollen einer Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*) mit stark ausgeprägtem B-Mangel, ähnlich "Herz- und Trockenfäule" und Braunverfärbungen, oft nach längerer Sommer-trockenheit.

453. Raps (*Brassica napus oleifera*) mit Seitentriebbildung und Struppigkeit der Wurzeln infolge von B-Mangel.



454. Wurzeln von Raps (*Brassica napus oleifera*); rechts: mit vielen kurzen Seitenwurzeln und mit Narbenbildung an der Wurzel infolge B-Mangel; links: gesunde Pflanze.



B

455. Aufgeschnittene Strünke von Raps (*Brassica napus oleifera*) mit B-Mangelsymptomen: "Hohlherzigkeit".



456. Aufgeschnittene Strünke und Wurzeln von Raps (*Brassica napus oleifera*); links: mit B-Mangelsymptomen; rechts: gesunde Pflanze.





457. Rapspflanze (*Brassica napus oleifera*) mit gestauchtem Internodienwachstum, Stängelverdickung, Narbenbildung und abgestorbenem Vegetationspunkt infolge von B-Mangel.

B



458. Rapspflanze (*Brassica napus oleifera*) mit B-Mangelsymptomen.



459. Fruchtstände von Rapspflanzen (*Brassica napus oleifera*); rechts: mit B-Düngung; links: bei leichtem B-Mangel Ausbildung verkümmelter Schoten, meist während Trockenperioden zur Zeit der Schotenentwicklung.

460. Sonnenblumenpflanze (*Helianthus annuus*) mit B-Mangelsymptomen; verdickter, abgestorbener Vegetationspunkt.



461. Sonnenblume (*Helianthus annuus*) mit völlig abgestorbenem Vegetationspunkt infolge von starkem B-Mangel.



462. Abnormale, missgestaltete Blütenentwicklung bei Sonnenblumen (*Helianthus annuus*) infolge von B-Mangel.





463. Verhinderte Ausbildung des Blütenstandes bei Lein (*Linum usitatissimum*) infolge von B-Mangel links; rechts: gesunde Pflanze.



464. B-Mangel bei Leinpflanzen (*Linum usitatissimum*) in Hydrokultur links; rechts: gesunde Pflanze.

B



465. B-Mangel bei Erbsenpflanzen (*Pisum sativum*) links und rechts mit unterschiedlichen B-Mangelsymptomen; Mitte: gesunder Sprossenteil.

466. Verdickter, gestauchter und letztlich abgestorbener Vegetationspunkt einer Mohnpflanze (*Papaver somniferum*) infolge von B-Mangel.



467. Verkrüppelte Blütenbildung einer Mohnpflanze (*Papaver somniferum*) infolge von B-Mangel; Blatt-B-Gehalt = 8 mg/kg TM.

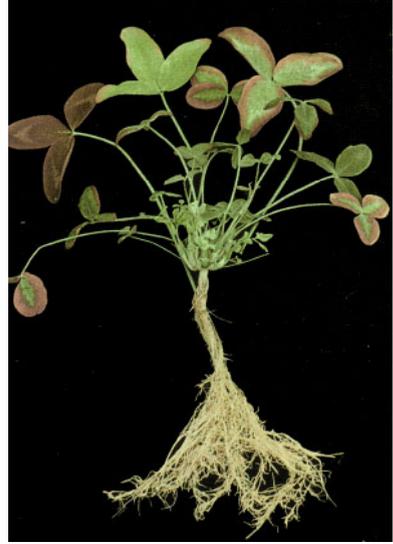


468. "Spitzenvergilbung" bei Luzerne (*Medicago sativa*) im Feldbestand infolge von B-Mangel.





B 469. Luzernepflanzen (*Medicago sativa*) mit ausgeprägten B-Mangelsymptomen und ver-
hinderter Blütenbildung.



470. Rotkleeplanze (*Trifolium pratense*) mit ausgeprägten B-Mangelsymptomen; beachte die Struppigkeit der Wurzeln.

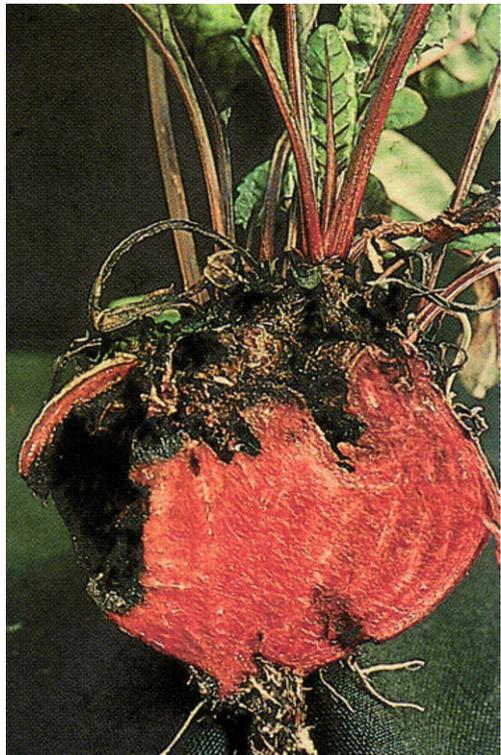


471. Abgestorbener Vegetationspunkt und geschädigte Blätter von Rotklee (*Trifolium pratense*) durch B-Mangel.



472. Rote Rübe (*Beta vulgaris* var. *conditiva*) mit absterbenden Herzblättern ("Herz- und Trockenfäule") und teilweiser Narbenbildung auf Stängeln infolge von B-Mangel.

B



473. Aufgeschnittene Rote Rübe (*Beta vulgaris* var. *conditiva*) mit stark ausgeprägten B-Mangelsymptomen aus einem Gefäßversuch.



474. Köpfe von Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*); links: mit B-Mangel; rechts: gesunder Kopf.



475. Aufgelockerter und stark verbräunter Kopf von Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) infolge von B-Mangel.



476. Sehr stark aufgelockerter Kopf von Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) und geschädigte Blattspalten infolge von B-Mangel.



477. Hohlraumbildung im Stiel und Kopfmissbildung von Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) infolge von B-Mangel.



478. Abgestorbener Kopf, Hohlraumbildung im Stiel und Ausbildung kurzer struppiger Wurzeln bei Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) infolge von starkem B-Mangel.

B



479. Blumenkohlkopf (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) mit stark ausgeprägter, typischer Hohlraumbildung im Stiel infolge von B-Mangel.



480. Selleriepflanze (*Apium graveolens*) mit ausgeprägten B-Mangelsymptomen, geschädigte jüngere Blätter und abgestorbener Vegetationspunkt.

B

481. Abgestorbene Herzblätter, Narbenbildung an Blattstielen und Braunfärbung der Knollen von Sellerie (*Apium graveolens*) infolge von B-Mangel.

482. Chicorée
(*Cichorium endivia*) mit
Symptomen von B- und
Ca-Mangel: abgestorbe-
ne Sprossknospe, defor-
mierte chlorotische Blät-
ter sowie Aderbräune;
rechts: gesunder Chico-
rée.



483. Salatpflanze
(*Lactuca sativa*); mit
beginnendem B-Mangel;
absterbender Vegetati-
onspunkt.



484. Salatpflanze
(*Lactuca sativa*); mit
starkem B-Mangel;
deformierte jüngere
Blätter und abgestorbe-
ner Vegetationspunkt.





485. Abgestorbener, z. T. verdickter Vegetationspunkt einer Tomate *Lycopersicon esculentum* infolge von starkem B-Mangel.

B



486. Sehr starker B-Mangel bei einer Tomatenpflanze (*Lycopersicon esculentum*) mit verdicktem, gestauchtem Stängel, Narbenbildung und abgestorbenem Vegetationspunkt.



487. Nahaufnahme einer Tomatenpflanze (*Lycopersicon esculentum*) mit abgestorbenem Vegetationspunkt sowie Missbildung und Vergilbung der Blätter infolge von starkem B-Mangel.

488. Paprikapflanzen (*Capsicum annuum*) in Hydrokultur; links: leichte bis mittlere B-Mangelsymptome; rechts: gesunde Pflanze.



489. Paprikapflanze (*Capsicum annuum*) in Hydrokultur mit abgestorbenen Spross- und Blütenknospen infolge starken B-Mangels.



B

490. Blatt einer Gewächshausgurkenpflanze (*Cucumis sativus*) mit stark ausgeprägten B-Mangelsymptomen.





491. Teil einer Gewächshausgürkenpflanze (*Cucumis sativus*) mit Stängelverdickung und abgestorbener Knospe infolge von starkem B-Mangel.

B



492. Tabak (*Nicotiana tabacum*) mit charakteristischen B-Mangelsymptomen an den jüngeren Blättern und abgestorbenem Vegetationspunkt.



493. Draufsicht auf Tabakpflanze (*Nicotiana tabacum*) mit charakteristischen B-Mangelsymptomen an den jüngeren Blättern und abgestorbenem Vegetationspunkt.

494. Chinakohl (*Brassica rapa* spp. *pekinensis*) mit beginnendem B-Mangel, absterbendem Vegetationspunkt und Missbildung der jüngsten Blätter.



495. Chinakohl (*Brassica rapa* spp. *pekinensis*) mit Ausbildung von kurzen struppigen Wurzeln und sichtbar abgestorbenem Vegetationspunkt infolge von B-Mangel links; rechts: mit B gedüngt.



B

496. Chinakohl (*Brassica rapa* spp. *pekinensis*) mit Seitenwurzelnbildung und Blattneuaustrieben unterhalb des abgestorbenen Vegetationspunktes infolge von B-Mangel.





497. Zweige der Hauszwetschke (*Prunus domestica*) mit absterbenden Triebspitzen infolge von B-Mangel auf Carbonatboden.

B



498. Äpfel (*Malus domestica*) der Sorte "Golden Delicious" deformiert und mit Schalenflecken ("Innere und Äußere Korkfleckigkeit") infolge von B-Mangel.



499. Birnen (*Pyrus communis*) der Sorte "Clapps Liebling" mit starkem B-Mangel ("Innere und Äußere Korkfleckigkeit"); rechts: gesunde Birne.



500. Birne (*Pyrus communis*) am Baum mit starkem B-Mangel ("Innere und Äußere Korkfleckigkeit").



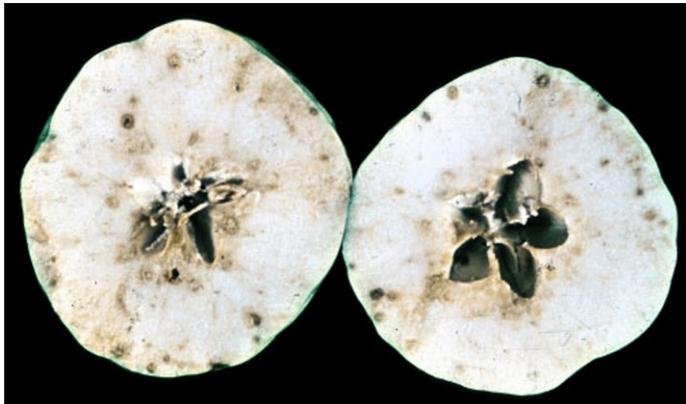
501. Äpfel (*Malus domestica*) der Sorte "James Grieve" zum Erntezeitpunkt mit Auswirkungen von B-Mangel sofort nach dem Aufschneiden, noch ohne Symptome und nächste Abbildung.



502. Äpfel von Abb. 501; 2 Stunden nach dem Aufschneiden; links: Verbraunung der Schnittfläche infolge von B-Mangel; rechts: gesunde Früchte.

B

503. Äpfel (*Malus domestica*) mit "Innerer Korkfleckigkeit" infolge von B-Mangel.





B

504. Weinrebe (*Vitis vinifera*) mit verdickten Internodien infolge von B-Mangel.



505. Zweig einer Weinrebe (*Vitis vinifera*) und eine Traube mit B-Mangelsymptomen.



506. Weintrauben (*Vitis vinifera*) mit kleinen und großen Beeren ("Huhn- und Kückenkrankheit") infolge von B-Mangel.

507. Chrysanthemen (*Chrysanthemum indicum*) mit deformierten, chlorotischen und nekrotischen Blättern und abgestorbenen Vegetationspunkten infolge von sehr starkem B-Mangel sowie in der Mitte mit neuem, gesundem Seitentrieb nach B-Düngung.



508. Chrysanthemen (*Chrysanthemum indicum*) der Sorte "Delaware Bronze" mit leicht deformierter Blüte und verblasster Blütenfarbe infolge eines sehr spät auftretenden B-Mangels links; rechts: mit B gedüngt.



510. Spross einer Edelrose (*Rosa*) der Sorte "Baccara" mit Blattchlorosen und sehr stark verkümmerten, absterbenden Triebspitzen und Seitentrieben infolge von starkem B-Mangel.



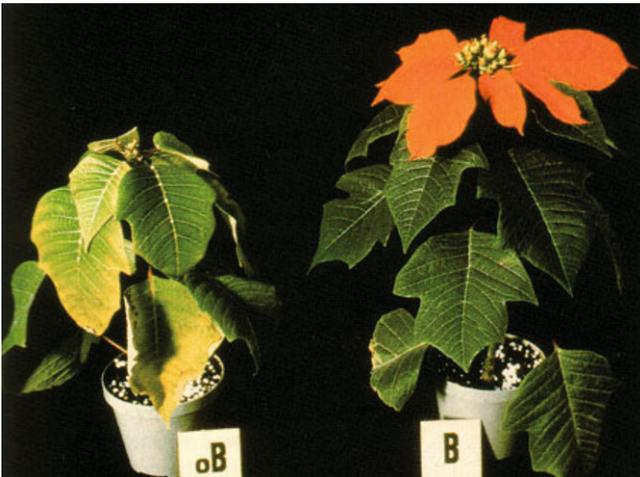
509. Edelrose (*Rosa*) der Sorte "Baccara" mit Blütfelddeformationen und -verfärbungen Mitte und links infolge eines spät auftretenden B-Mangels; rechts: mit B gedüngte Rose.



511. Gerbera (*Gerbera jamesoni*) mit löffelartig verformten Blättern und abgestorbenem Vegetationspunkt infolge von sehr starkem B-Mangel.



512. Gerberapflanzen (*Gerbera jamesoni*) der Sorte "Carmen 62" mit Blütendeformation infolge eines spät auftretenden B-Mangels bei sehr hohen Gewächshaus-temperaturen links; rechts: ausreichend mit B versorgte Pflanze.



513. Weihnachtsstern (*Poinsettia pulcherrima*) mit Blattchlorosen und abgestorbenem Vegetationspunkt infolge von B-Mangel links; rechts: mit B gedüngte Pflanze.

514. Alpenveilchen (*Cyclamen persicum*) mit einer Vielzahl ringförmiger, weißer bis hellbrauner eingesunkener Blattflecken auf der Blattoberseite infolge von unzureichender B-Versorgung bei intensiver Sonneneinstrahlung.



515. Zweig einer Pappel (*Populus nigra*) mit reduzierten und deformierten Blattspreiten sowie abgestorbener Sprossspitze infolge von B-Mangel links; rechts: Zweig einer mit B gedüngten Pappel.



516. Jüngeres Blatt einer Pappel (*Populus nigra*) mit mosaikartigen Aufhellungen infolge von B-Mangel.





517. Monterey-Kiefer (*Pinus radiata*) mit B-Mangelsymptomen: Nadelbräune und Absterben der Sprossspitze im Verlauf des Sommers.



518. Monterey-Kiefer (*Pinus radiata*) mit stark ausgeprägten B-Mangelsymptomen: kurze, gelbe Nadeln an den Jungtrieben.



519. Monterey-Kiefer (*Pinus radiata*) mit B-Mangelsymptomen (abgestorbener Vegetationspunkt): nach Regen Neuaustrieb der Seitentriebe unterhalb der abgestorbenen Spitze (‘‘Storchennestkrankheit‘‘).



520. Sommergerste (*Hordeum vulgare*) mit stark ausgeprägten B-Überschuss-symptomen.



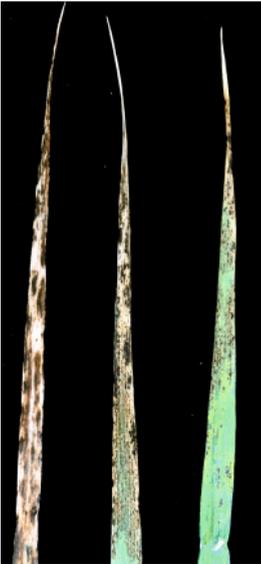
521. Ältere Blätter von Sommergerste (*Hordeum vulgare*) von Abb. 520 mit stark ausgeprägten B-Überschuss-symptomen (beachte die braune Fleckenbildung in den noch grünen bis gelbbraun verfärbten Blatt-spreiten).

**B**

522. Sommergerstenpflanzen (*Hordeum vulgare*) mit B-Überschuss-symptomen (Nekrosen an den älteren Blättern).



523. Blätter von Sommergerste (*Hordeum vulgare*) mit B-Überschuss-symptomen; links: ältere; Mitte: mittlere; rechts: jüngere Blätter.



524. Blattspitzen von Gerste (*Hordeum vulgare*) mit B-Überschuss-symptomen (beachte dunkelbraune Blattflecken).

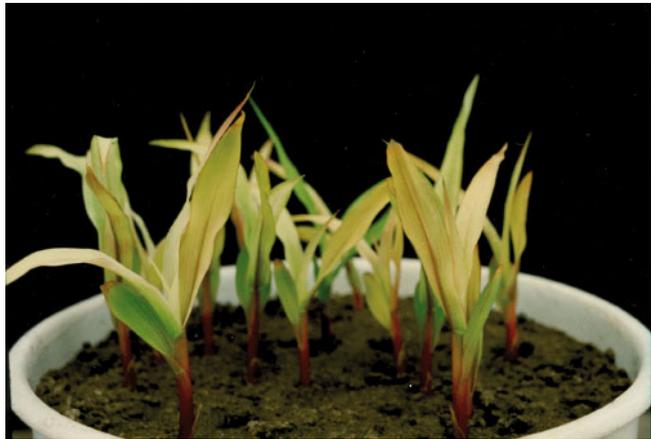


525. Ältere Blätter von Gerste (*Hordeum vulgare*) mit dunkelbraunen Flecken in gelb bis gelbbrauner Blattspreite infolge von B-Überschuss.

526. Gefäßversuch mit Mais (*Zea mays*) mit von links nach rechts abnehmendem B-Überschuss; rechts: Gefäß mit gesunden Pflanzen.



527. Nahansicht von Gefäß 850 der Abb. 526 mit jungen Maispflanzen (*Zea mays*); stark ausgeprägte B-Überschusssymptome.



B

528. Einzelpflanzen von Mais (*Zea mays*) von Abb. 526, links: mit B-Überschusssymptomen; rechts: gesunde Pflanzen.





529. Maispflanzen (*Zea mays*) mit Blattrandnekrosen an den älteren Blättern infolge von B-Überschuss im Gefäßversuch.



530. Ältere Blätter von Mais (*Zea mays*) mit beginnenden Spitzen- und Blattrandnekrosen infolge von B-Überschuss.

B



531. Schilfrohr (*Phragmites australis*); links: mit B-Überschusssymptomen; rechts: gesunde Pflanzen.



532. Blätter von Schilfrohr (*Phragmites australis*) von Abb. 531; links und Mitte: mit B-Überschusssymptomen; rechts: gesunde Blätter.

533. B-Überschuss-symptome (starke Blattrandnekrosen der älteren Blätter) bei Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*) in einem Gefäßversuch mit B-Düngung von 10 mg/kg Boden.



534. Starker B-Überschuss bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum*) in einem Feldversuch auf Sandboden nach hoher Müllkompostgabe von 200 t/ha.



535. Beginnender B-Überschuss bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum*) in einem Gefäßversuch bei B-Zugabe von 5,5 mg/kg Boden.





536. Starker B-Überschuss (Blattrandchlorosen und -nekrosen) bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum*) in einem Feldbestand auf Sandboden nach hohen Müllkompostgaben von 200 t/ha.

B



537. Sonnenblume (*Helianthus annuus*) in einem Gefäßversuch mit Quarzsand (mit B-Gabe von 2 mg/kg Boden) mit Blattrandchlorosen und -nekrosen infolge von B-Überschuss.



538. Sonnenblumenblatt (*Helianthus annuus*) in einem Gefäßversuch mit Quarzsand mit stark ausgeprägten B-Überschusssymptomen links (Blatt-B-Gehalt = 925 mg/kg TM); rechts: ohne Überschusssymptome.

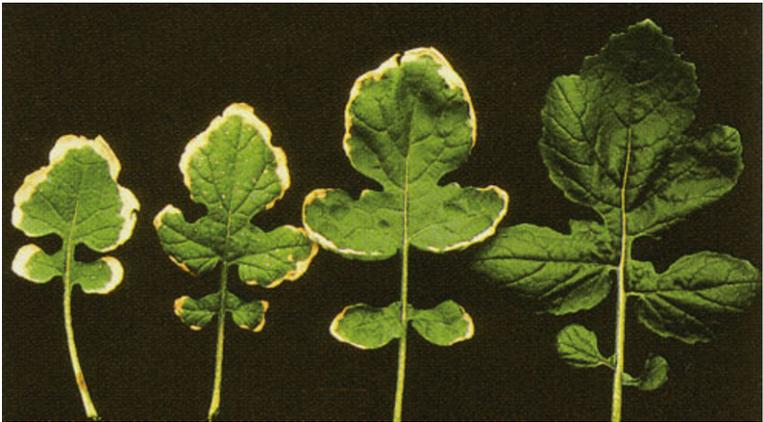


539. Sonnenblumenpflanzen (*Helianthus annuus*) mit beginnenden Blattrandnekrosen der älteren Blätter infolge von B-Überschuss.



540. Älteres Blatt einer Sonnenblumenpflanze (*Helianthus annuus*) von Abb. 539 mit ausgeprägten Nekrosen infolge von B-Überschuss.

B



541. Blätter von Senf (*Sinapis alba*) mit Blattrandnekrosen infolge von B-Überschuss; rechts: gesundes Blatt.



542. B-Überschuss (beginnende Chlorosen an älteren Blättern) bei Gewächshausgurken (*Cucumis sativus*), kultiviert in Müllkompost.



543. Gurkenblatt (*Cucumis sativus*) mit leichtem B-Überschuss (Blattrand-B-Gehalt = 1340 mg/kg TM) in einer Torfkultur.



544. Salatpflanze (*Lactuca sativa* var. *capitata*) mit starken Blattrandnekrosen an den älteren Blättern infolge von B-Überschuss (Blatt-B-Gehalt = 200 mg/kg TM).

545. Tomatenpflanzen (*Lycopersicon esculentum*) mit B-Überschuss in einem Gefäßversuch mit abgestorbenen älteren Blättern, links; (B-Gabe 10 mg/kg Boden); rechts: gesunde Pflanze (B-Gabe 0,5 mg/kg Boden).



546. Älteres Tomatenblatt (*Lycopersicon esculentum*) mit Chlorosen und Nekrosen infolge von B-Überschuss.



B

547. Tomaten (*Lycopersicon esculentum*) mit eingerollten Blütenkelchblättchen und Spitzennekrosen der Blättchen infolge von B-Überschuss.





548. Blätter eines Pflaumenbaumes (*Prunus domestica*) mit Nekrosen infolge von B-Überschuss.

B



549. Chrysanthemenpflanze (*Chrysanthemum indicum*) mit absterbenden älteren Blättern infolge von B-Überschuss.



550. Blätter von Chrysanthemen (*Chrysanthemum indicum*) mit Chlorosen der älteren Blätter infolge von beginnendem B-Überschuss; rechts: gesundes Blatt.



551. Blätter von Chrysanthemen (*Chrysanthemum indicum*) bereits mit Randnekrosen der älteren Blätter infolge von B-Überschuss.

552. Philodendronblatt (*Monstera*) mit schwachen B-Überschuss-symptomen (Blatt-B-Gehalte: Rand = 320 mg/kg; Restblatt = 222 mg/kg TM).

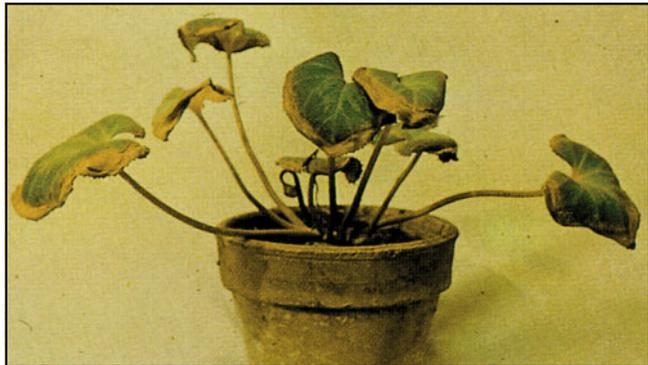


553. Philodendronblätter (*Monstera*) mit ausgeprägten B-Überschuss-symptomen (Blatt-B-Gehalte: Rand = 600 bis 3000 mg/kg TM; Restblatt = 250 bis 480 mg/kg TM).



B

554. Alpenveilchen (*Cyclamen persicum*) mit B-Überschuss-symptomen ("verfügbarer" Boden-B-Gehalt = 10 mg/kg).





555. Blätter einer Edelrose (*Rosa*) mit B-Überschusssymptomen (Blatt-B-Gehalte: Rand = 2002 mg/kg TM; Restblatt 646 mg/kg TM).

B



556. Blätter einer Edelrose (*Rosa*) mit Randchlorosen und -nekrosen infolge von B-Überschuss.



557. Primel (*Primula vulgaris*) mit B-Überschusssymptomen an den älteren Blättern.



558. Blätter von Anthurie (*Anthurium andraeanum*) mit Blattrandnekrosen infolge von B-Überschuss.



559. Blätter einer Rotbuche (*Fagus grandifolia*) mit Randnekrosen infolge von B-Überschuss.



560. Nahaufnahme von Blättern einer Rotbuche (*Fagus grandifolia*) mit Blattrandnekrosen infolge von B-Überschuss.



561. Winterroggenpflanzen (*Secale cereale*) auf saurem Boden (pH-Wert = 4,0); links: Mo-Mangelsymptome; rechts: mit Mo gedüngt.



562. Winterrapspflanzen (*Brassica napus oleifera*) mit Mo-Mangelsymptomen an den jüngsten Blättern.



563. Winterraps-pflanze (*Brassica napus oleifera*) mit Mo-Mangelsymptomen an den jüngsten Blättern.

564. Luzernebestand (*Medicago sativa*) mit Mo-Mangel auf einem degradierten Lößboden mit einem "verfügbaren" Mo-Gehalt von 0,10 mg/kg bei einem Boden-pH-Wert von 5,8 (Mo-BZ = 6,8).



565. Luzernepflanzen (*Medicago sativa*) mit Mo-Mangelsymptomen von Abb. 564; rechts: mit Mo gedüngte Pflanze.



Mo

566. Nahaufnahme von Luzerneblättern (*Medicago sativa*); oben mit Mo-Mangelsymptomen; unten: gesunde Blätter.





567. Kleeblätter (*Trifolium pratense*) aus einem Gefäßversuch; links: mit Mo-Mangelsymptomen; rechts: Blatt einer mit Mo gedüngten Pflanze.



568. Blätter von Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*) auf einem Lössboden mit einem "verfügbaren" Mo-Gehalt von 0,19 mg/kg, Boden-pH-Wert von 5,6 (Mo-BZ = 7,5); links: mit Mo-Mangel (Blatt-Mo-Gehalt 0,10 mg/kg TM); rechts: gesundes Blatt (Blatt-Mo-Gehalt 0,28 mg/kg TM).



569. Jüngere Blätter von Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*) mit extremem Mo-Mangel unter Feldbedingungen.



570. Blätter von Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*) mit Mo-Mangel unter Feldbedingungen, links mit starkem Mo-Mangel; rechts: Blatt mit ausreichendem Mo-Gehalt.

571. Spinatpflanzen (*Spinacea oleracea*); links: mit stark ausgeprägten Mo-Mangelsymptomen; z. T. mit Symptomen wie bei Nitratüberschuss; rechts: leichte Mo-Mangelsymptome.



572. Blätter von Spinat (*Spinacea oleracea*); links: mit stark ausgeprägten Mo-Mangelsymptomen; z. T. mit Symptomen wie bei Nitratüberschuss; rechts: gesundes Blatt.



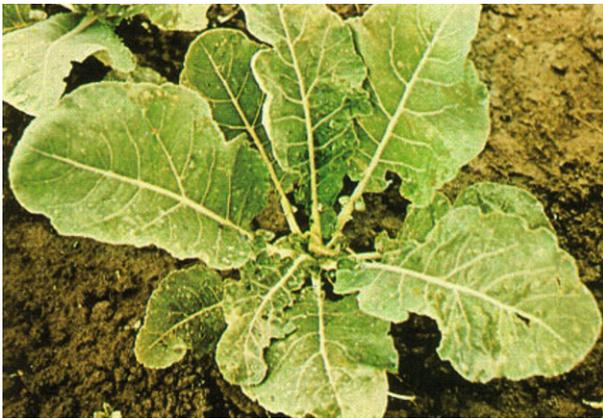
573. Blätter von Spinat (*Spinacea oleracea*) mit Mo-Mangelsymptomen; z. T. mit Symptomen wie bei Nitratüberschuss.



Mo



574. Blätter von Spinat (*Spinacea oleracea*); links: ohne Mo-Düngung und hoher N-Gabe mit Symptomen wie bei Nitratüberschuss; rechts: mit Mo gedüngt.



575. Blumenkohlpflanze (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) mit schwachem Mo-Mangel.



576. Blumenkohlpflanze (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) mit ausgeprägtem Mo-Mangel: reduzierte Blattspreiten, "Klemmherzigkeit", chlorotische Blattaufhellungen.

577. "Klemmherzigkeit" bei Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) infolge von Mo-Mangel.



578. "Klemmherzigkeit" bei Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) infolge von Mo-Mangel.

**Mo**

579.

“Klemmherzigkeit“ bei
Blumenkohl (*Brassica
oleracea* var. *botrytis*)
infolge von Mo-
Mangel.

**Mo**

580. Gestörte Kopfbil-
dung von Blumenkohl
(*Brassica oleracea*
var. *botrytis*) durch
Mo-Mangel.



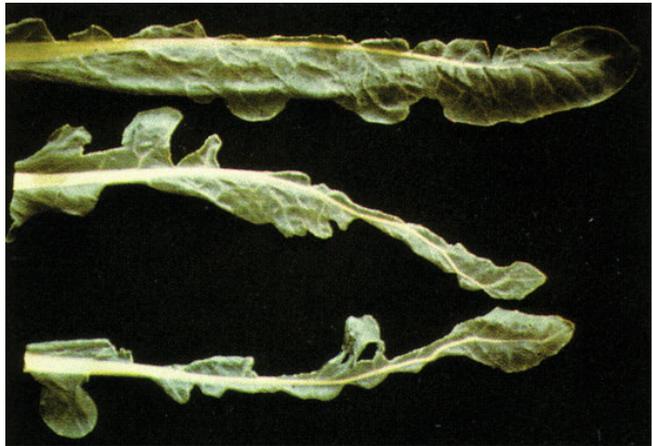
581. Gestörte Kopfbil-
dung bei Blumenkohl
(*Brassica oleracea* var.
botrytis) infolge von
Mo-Mangel in einem
späten Entwicklungs-
stadium.



582. Blätter von Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) mit Mo-Mangelsymptomen; rechts: gesundes Blatt.



583. Blätter von Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) mit Mo-Mangelsymptomen.



Mo

584. Blätter von Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) mit Mo-Mangelsymptomen.





585. Rosenkohlpflanze (*Brassica gemmifera*) mit "schöpfkellenartigen" Blättern und Blatt-randverbrennungen infolge von Mo-Mangel.



586. Rosenkohlpflanze (*Brassica gemmifera*) mit "schöpfkellenartigen" Blättern und Blatt-randverbrennungen infolge von Mo-Mangel.



587. Rosenkohlpflanzen (*Brassica gemmifera*); links: mit ausgeprägten Mo-Mangelsymptomen im Jugendstadium; rechts: Pflanze mit Mo gedüngt.

588. Blätter von Rosenkohl (*Brassica gemmifera*) mit leichtem Mo-Mangel.



589. Blätter von Rosenkohl (*Brassica gemmifera*) mit reduzierten Blattspreiten infolge von Mo-Mangel; Mitte: gesundes Blatt.



Mo

590. Blätter von Kohlrabi (*Brassica oleracea* var. *gongylodes*) mit reduzierten Blattspreiten infolge von Mo-Mangel.





591. Salatpflanze (*Lactuca sativa*) mit starkem Mo-Mangel im Jugendstadium.



592. Salatpflanzen (*Lactuca sativa*); links: sehr starker Mo-Mangel mit Nitratanreicherungen und Blattverbrennungen, rechts: gesunde Pflanze.



593. Tabakpflanze (*Nicotiana tabacum*) mit Mo-Mangelsymptomen; ältere Blätter mit Chlorosen und deformierten Blattspreiten; junge Blätter zeigen neues Wachstum nach Mo-Düngung.

594. Edelrose (*Rosa*)
in einem Torf-
Styromull-Substrat:
links: ohne Mo; Mitte:
0,2 mg/l Mo;
rechts: 1 mg/l Mo.



595. Gerberapflanze
(*Gerbera jamesoni*)
mit chlorotischen
Blättern, Blattrand-
nekrosen, aufgerollten
Blättern, deformierter
und schlechter Blüten-
bildung infolge von
Mo-Mangel.



Mo

596. Blätter von
Gerbera (*Gerbera
jamesoni*) mit Chloro-
sen infolge von Mo-
Mangel; beachte: nicht
verwechseln mit Mn-
oder Fe-Mangel.





597. Nelkenpflanzen (*Dianthus caryophyllus*); links: mit weißen Spitzennekrosen und schlaff herabhängenden, verdrehten Blattpartien infolge von Mo-Mangel; rechte Pflanze mit Mo gedüngt.



598. Jungpflanzen von Gladiolen (*Gladiolus*) mit Mo-Mangel.



599. Zweig einer Tanne (*Abies alba*) in einem Gefäßversuch ohne Mo-Düngung: nach Aufhellung der Nadelfarbe violettbraune, scharf abgegrenzte Verfärbung der äußersten Nadelspitzen.



600. Sommerweizenpflanzen (*Triticum aestivum*) kurz vor dem Ährenschieben mit ausgeprägten Cu-Mangelsymptomen.



601. Sommerweizenpflanzen (*Triticum aestivum*) zum Ährenschieben mit schwach ausgeprägtem Cu-Mangel.



602. Entwicklung von Cu-Mangelsymptomen an Blättern von Sommerweizen (*Triticum aestivum*).



603. Ähren von Weizen (*Triticum aestivum*); links: kümmerliche Ähren von Cu-Mangelpflanzen; rechts: mit Cu gedüngt.



604. Sommerweizenpflanzen (*Triticum aestivum*) in einem Gefäßversuch auf Niedermoorboden mit 0,6 mg/l Cu und von links nach rechts mit N-Gabe von 0,2-0,9-3,4 g N/ Gefäß: induzierter Cu-Mangel durch hohe N-Düngung.



605. Auswirkung von Cu-Mangel auf Niedermoor mit 2 mg/l Cu und die Wirkung steigender Cu-Gaben auf das Wachstum von Hafer (*Avena sativa*).

606. Haferpflanzen (*Avena sativa*); links: Reifeverzögerung bei Cu-Mangel; rechts: mit Cu gedüngt.



607. Hafer (*Avena sativa*) im Feldbestand mit Cu-Mangelsymptomen.



Cu

608. Hafer (*Avena sativa*) im Gefäßversuch vor dem Rispschieben mit Cu-Mangelsymptomen.





609. Einzelpflanzen von Hafer (*Avena sativa*); links: Cu-Mangelpflanze ohne Rispenbildung; rechts: mit Cu gedüngt.



610. Einzelpflanzen von Gerste (*Hordeum vulgare*) mit verschiedenen charakteristischen Cu-Mangelsymptomen.



611. Einzelpflanzen von Gerste (*Hordeum vulgare*) mit verschiedenen Cu-Mangelsymptomen.



612. Einzelpflanzen von Wintergerste (*Hordeum vulgare*) mit Cu-Mangelsymptomen.



613. Jüngere Blätter von Wintergerste (*Hordeum vulgare*) mit Cu-Mangelsymptomen.



614. Sommergerste (*Hordeum vulgare*) mit Cu-Mangelsymptomen.



615. Gräser im Freiland zur Zeit der Blüte auf Niedermoorboden mit ausgeprägten Cu-Mangelsymptomen.



616. Maispflanzen (*Zea mays*) im Gefäßversuch; links: mit Cu-Mangel; rechts: gesunde Pflanzen.



617. Mais (*Zea mays*) mit Chlorosen und Spitzennekrosen der Blätter infolge von Cu-Mangel.

Cu



618. Mais (*Zea mays*) auf Sandboden mit Cu-Mangelsymptomen.

619. Leinpflanzen (*Linum usitatissimum*) zum Blühzeitpunkt; links und Mitte: ohne Cu, keine Seitentriebe und Blüten; rechts: mit Cu gedüngt.



620. Sonnenblumenpflanzen (*Helianthus annuus*); links: ohne Cu-Düngung mit verkümmertem Blütenbildung; rechts: mit Cu gedüngt.



621. Blüten von Sonnenblumen (*Helianthus annuus*); links: ohne Cu-Düngung mit Blatt- und Blütendehformationen; rechts: mit Cu gedüngt.



Cu



622. Edelrose (*Rosa*) mit chlorotischen, nekrotischen, vertrockneten Blättern und verwelkten Blütenknospen infolge von Cu-Mangel.



623. Edelrose (*Rosa*) mit chlorotischen, nekrotischen, vertrockneten Blättern und verwelkten Blütenknospen infolge von Cu-Mangel (Cu-Gehalt = 2,1 mg/kg TM).



624. Blätter der Edelrose (*Rosa*); links: Chlorosen infolge von Cu-Mangel; rechts: mit Cu gedüngt.



625. Stängelteil einer Chrysantheme (*Chrysanthemum indicum*) mit Chlorosen, Blattrandnekrosen und Blattdeformierungen infolge von Cu-Mangel.

Cu



626. und 627. Blätter von Gerbera (*Gerbera jamesoni*) mit deformierten, schmalen Blattspreiten sowie nekrotischen, hakenförmig abgebogenen Blattspitzen infolge von Cu-Mangel.



628. Rhododendronpflanzen (*Rhododendron simsii*); links: ohne Cu-Düngung, keine Blütenbildung; rechts: Pflanze mit Cu gedüngt.



Cu

629. Jüngere Blätter der Phönixpalme (*Phoenix canariensis*) mit Chlorosen und Spitzennekrosen infolge von Cu-Mangel.

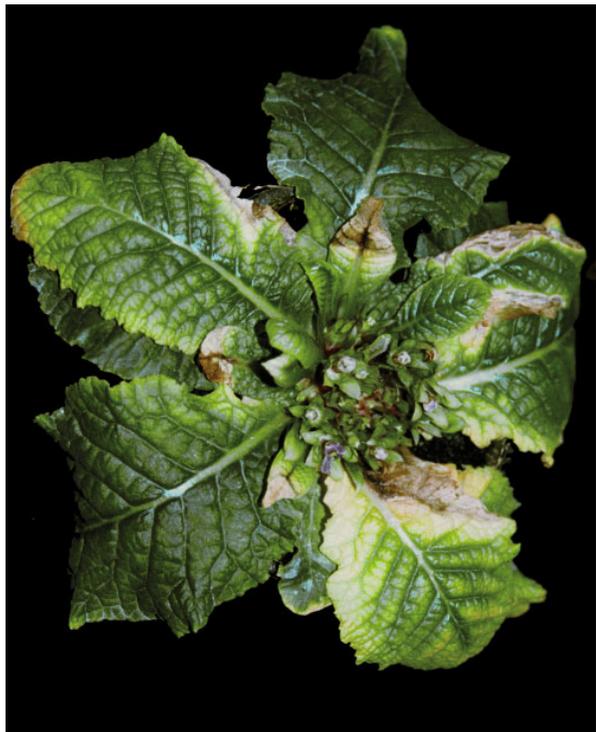


630. Primelpflanzen (*Primula obconica*); links: mit kümmerlichem Wuchs und spärlicher Blütenbildung infolge von Cu-Mangel; rechts: mit Cu gedüngt.

631. Primel (*Primula vulgaris*) mit reduzierter Blütenausbildung infolge von beginnendem Cu-Mangel.



632. Primel (*Primula vulgaris*) mit deformierten schmalen Blattspreiten, Blattnekrosen und reduzierter Blütenausbildung infolge von Cu-Mangel.



633. Verkümmerte Blüten und deformierte Spreiten jüngerer Blätter einer Primel (*Primula vulgaris*) infolge von Cu-Mangel.



Cu



634. Trieb eines Apfelbaumes (*Malus domestica*) mit deformierten, nekrotischen Blättern infolge von Cu-Mangel.



635. Apfelbäume (*Malus domestica*) mit entblätterten Triebspitzen infolge von Cu-Mangel ("Sommer-spitzendürre").

Cu

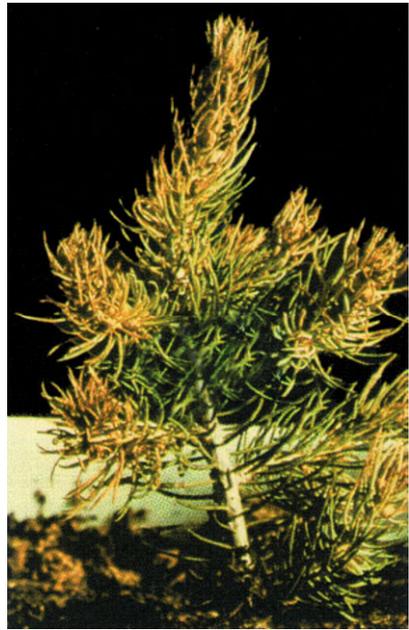


636. Rotbuchensämlinge (*Fagus sylvatica*); links: ohne Cu; rechts: mit Cu gedüngt.



637. Europäische Lärche (*Larix decidua*); links: "Pendulaform" infolge von Cu-Mangel; rechts: mit Cu gedüngt.

638. Monterey-Kiefer (*Pinus radiata*) mit sehr stark ausgeprägten Cu-Mangelsymptomen; starke Verkrümmung der oberen Zweige ("Schlangentriebbildung").



639. Sämling einer Fichte (*Picea abies*) mit stark fortgeschrittenem Cu-Mangel.

Cu

640. Fichte (*Picea abies*) mit spiralig verdrehten chlorotischen und nekrotischen Nadeln infolge von Cu-Mangel.





641. Haferfeld (*Avena sativa*) mit Fe-Mangel ähnlichen Symptomen an den Pflanzen infolge von Cu-Überschuss auf einem mit Kupferschlacke angereicherten Boden; abgesteckte Parzelle Mitte links 14 Tage nach Fe-Sulfat-Spritzung.



642. Haferpflanze (*Avena sativa*) mit Fe-Mangel ähnlichen Symptomen infolge von Cu-Überschuss auf einem mit Kupferschlacke angereicherten Boden.



643. Wintergerste (*Hordeum vulgare*) im Feldbestand in der Nähe eines Kupferschieferbergwerkes mit "induziertem Fe-Mangel" infolge von Cu-Überschuss.

644. Knaulgras (*Dactylis glomerata*) auf einem mit Cu angereicherten Boden mit Symptomen von Cu-Überschuss bzw. "induziertem Fe-Mangel".



645. Rapspflanzen (*Brassica napus oleifera*); links: Pflanze von einem mit Cu angereicherten Boden; rechts: desgleichen, aber nach Spritzung mit Fe-Sulfat; junge Blätter wieder ergrünt; Mitte: gesunde Pflanze.



646. Erbsenpflanze (*Pisum sativum*) von einem Kupferschieferboden mit Symptomen von Cu-Überschuss bzw. "induziertem Fe-Mangel".



Cu



647. Auswirkungen von Cu-Überschuss in einem Gefäßversuch bei Jungpflanzen von Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*).



648. Auswirkungen von mittlerem Cu-Überschuss im Gefäßversuch bei Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*) in einem späten Entwicklungsstadium.



649. Auswirkungen von starkem Cu-Überschuss in einem Gefäßversuch bei Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*); beachte: mehrere Blätter nur halbseitig chlorotisch.

650. Blatt einer Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*) mit Symptomen von Cu-Überschuss; beachte die einseitigen, unsymmetrischen chlorotischen Blattaufhellungen.



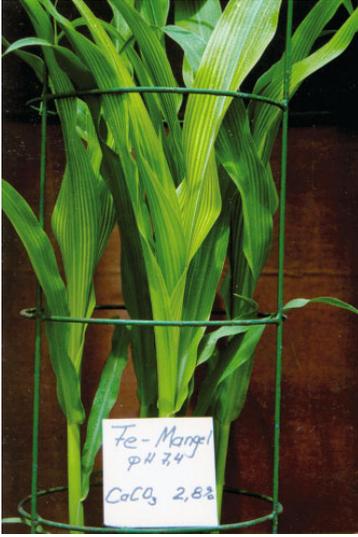
651. Cu-Überschuss an Blättern einer Tomate (*Lycopersicon esculentum*) mit Chlorosen.



652. Sprossspitze einer Luzernepflanze (*Medicago sativa*) mit Fe-Mangel ähnlichen Symptomen infolge von Cu-Überschuss auf einem Kupferschieferboden.



Cu



654. Maispflanzen (*Zea mays*) in Hydrokultur mit Fe-Mangelsymptomen.

653. Maispflanzen (*Zea mays*) mit beginnenden charakteristischen Fe-Mangelsymptomen.



Fe

655. Zuckerrübenpflanze (*Beta vulgaris saccharifera*) mit ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen.



656. Blätter der Zuckerrübe (*Beta vulgaris saccharifera*); links: Fe-Mangel; Mitte: gesundes Blatt; rechts: Mn-Mangel.

657. Blätter von Luzerne (*Medicago sativa*) in Hydrokultur; links: mit verschieden stark ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen; rechts: gesunde Blätter.



658. Blätter von Ackerbohnen (*Vicia faba*) in Hydrokultur mit Fe-Mangelsymptomen; rechts oben: gesundes Blatt.



659. Sonnenblumenpflanzen (*Helianthus annuus*) in Hydrokultur mit charakteristischen Fe-Mangelsymptomen an den jüngsten Blättern.





660. Blaue Lupine (*Lupinus angustifolium*) mit Fe-Mangelsymptomen auf einem Muschelkalkboden.



661. Jungpflanzen der Blauen Lupine (*Lupinus angustifolium*) mit beginnendem Fe-Mangel; rechts: gesunde Pflanze.

Fe



662. Blaue Lupine (*Lupinus angustifolium*) mit ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen; rechts: gesunde Pflanze.

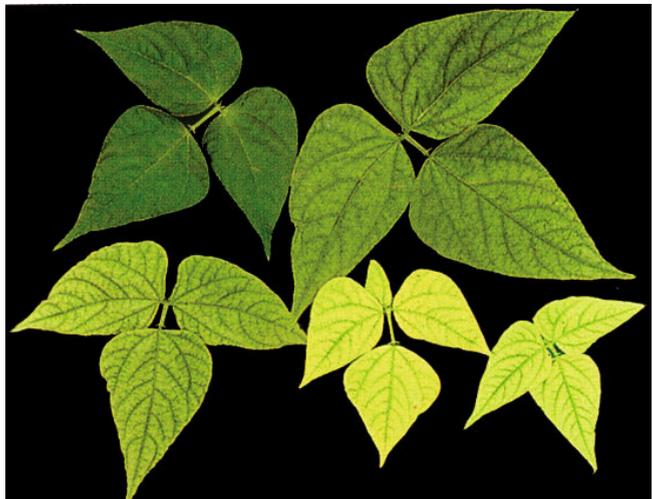
663. Blätter von Tabak (*Nicotiana tabacum*); links: Blatt mit ausgeprägtem Fe-Mangel; rechts: gesundes Blatt.



664. Blätter von Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*); links: mit Fe-Mangelsymptomen; rechts: gesundes Blatt.



665. Blätter von Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris*) in Hydrokultur; von links oben nach rechts unten zunehmender Fe-Mangel.



Fe



666. Tomatenpflanzen (*Lycopersicon esculentum*); links: mit Fe-Mangelsymptomen; rechts: gesund.



667. Blatt einer Tomate (*Lycopersicon esculentum*) mit beginnendem Fe-Mangel.

Fe



668. Blätter von Wirsingkohl (*Brassica oleracea* spp. *bullata*); links: beginnender; rechts: starker Fe-Mangel.

669. Schattenmorellen-
anlage (*Prunus cerasus*) mit sehr starkem
Auftreten von Fe-
Mangel bei einzelnen
Bäumen.



670. Süßkirsche
(*Prunus avium*) mit
Fe-Mangel der jünge-
ren Blätter.



671. Blätter von Süß-
kirschen (*Prunus avi-
um*) mit unterschied-
lich stark ausgepräg-
ten Fe-Mangelsymp-
tomen; oben: gesunde
Blätter; unten Mitte:
am stärksten geschä-
digte Blätter.



Fe



672. Zweig der Sauerkirsche (*Prunus cerasus*) mit stark ausgeprägtem Fe-Mangel.



673. Zweig eines Aprikosenbaumes (*Prunus armeniaca*) mit ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen.

Fe



674. Jüngere Blätter von Zwetschge (*Prunus domestica*) auf Carbonatboden mit sehr ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen (bereits Nekrosen im chlorotischen Gewebe).

675. Pfirsichbaum (*Prunus persica*) mit ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen.



676. Pfirsichbaum (*Prunus persica*) mit beginnenden ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen.



677. Zweig eines Pfirsichbaums (*Prunus persica*), dreimal mit Fe-Chelat gespritzt; beachte das nur punktförmige Ergrünen der ausgewachsenen Blätter.



Fe



678. Pfirsichbaum (*Prunus persica*) von Abb. 675. acht Wochen nach einer Bodendüngung mit Fe-Chelat; die Neutriebe ohne Fe-Mangel.



679. Apfelbaum (*Malus domestica*) der Sorte "Carola" mit starkem Fe-Mangel.

Fe



680. Beginnender Fe-Mangel an einem Apfelbaum (*Malus domestica*).



681. Zweig eines Apfelbaumes (*Malus domestica*) mit starkem Fe-Mangel.



682. Blätter von Apfelbäumen (*Malus domestica*); von links nach rechts zunehmender Fe-Mangel.



683. Blätter von Birne (*Pyrus communis*) mit Fe-Mangel; rechts: gesundes Blatt.



684. Weinberg mit starkem Fe-Mangel an den Rebstöcken (*Vitis vinifera*) im Vordergrund infolge von Bodenverdichtung bei erhöhtem Tongehalt am Fuß des Hanges; am oberen Hang gesunde Reben.



685. Weinrebe (*Vitis vinifera*) mit stark ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen.

Fe

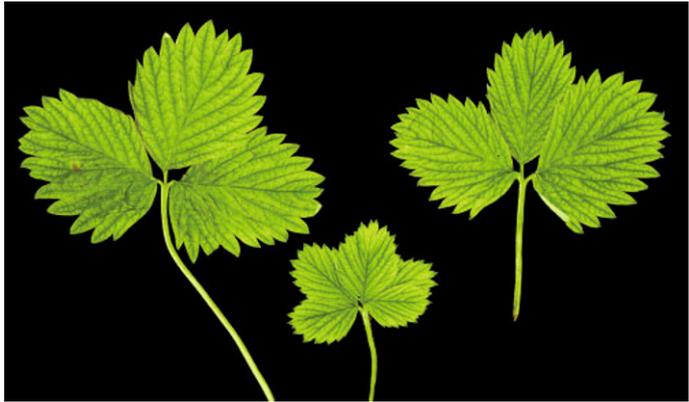


686. Blatt einer Weinrebe (*Vitis vinifera*) mit stark ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen und Randnekrosen.

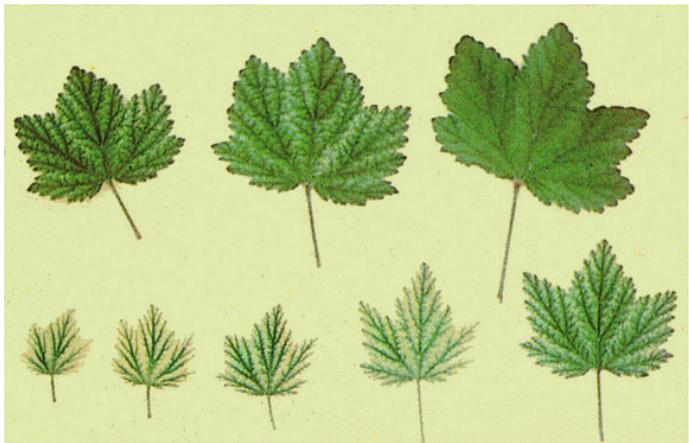
687. Erdbeerpflanzen (*Fragaria*) mit charakteristischen Fe-Mangel-symptomen.



688. Einzelblätter der Erdbeere (*Fragaria*) mit schwachem Fe-Mangel.



689. Blätter der Roten Johannisbeere (*Ribes rubrum*) mit unterschiedlich starken Fe-Mangelsymptomen; rechts oben: gesundes Blatt.



Fe



690. Brombeere (*Rubus fruticosus*) mit stark ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen.



691. Einzelblätter der Brombeere (*Rubus fruticosus*) von Abb. 690 mit unterschiedlich stark ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen; rechts: gesunde Fiederblätter.

Fe



692. Blätter von Brombeeren (*Rubus fruticosus*) mit Fe-Mangelsymptomen; rechts: gesundes Blatt.

693. Heckenrose (*Rosa canina*) mit Fe-Mangelsymptomen auf schwerem Carbonatboden (pH-Wert = 7,5).



694. Trieb einer Heckenrose (*Rosa canina*) mit Chlorosen und Nekrosen infolge von starkem Fe-Mangel.



695. Blätter einer Heckenrose (*Rosa canina*) von Abb. 694 mit unterschiedlich stark ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen.



Fe

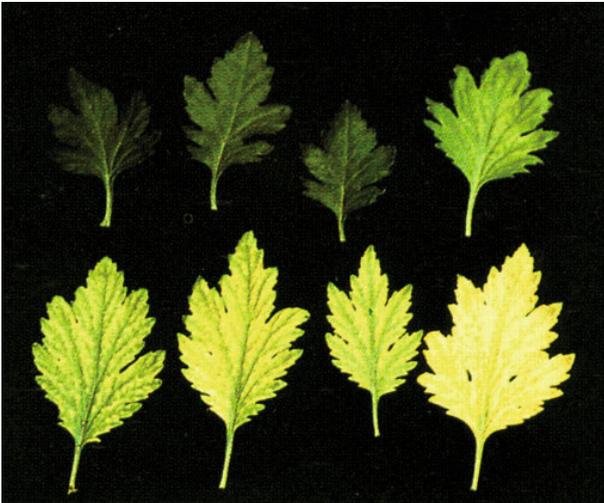


696. Chrysanthemenpflanze (*Chrysanthemum indicum*) mit stark ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen.



697. Sortenabhängiges Auftreten von Fe-Mangel bei Chrysanthemen (*Chrysanthemum indicum*) im gleichen Substrat vorn: Sorte "Dilana" (weiße Blüte) mit Fe-Mangelsymptomen; hinten: Sorte "Elgina" (gelbe Blüte) ohne Fe-Mangelsymptome.

Fe



698. Blätter von Chrysantheme (*Chrysanthemum indicum*) mit unterschiedlich stark ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen: links oben gesunde Blätter; rechts unten am stärksten geschädigt.



699. Blätter von Gerbera (*Gerbera jamesoni*) mit sehr stark ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen.



700. Einzelblatt von Gerbera (*Gerbera jamesoni*) mit charakteristischen, sehr stark ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen.



701. Pelargonienpflanze (*Pelargonium zonale*) mit Fe-Mangelsymptomen.

Fe



702. Hortensie (*Hydrangea hortensia*) mit stark ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen.



703. Hortensie (*Hydrangea hortensia*) mit starken Chlorosen und beginnenden Nekrosen infolge von Fe-Mangel.

Fe



704. Hibiscus (*Althaea officinalis*) mit charakteristisch abgestuften Fe-Mangelsymptomen.



705. Buddleia (*Buddleja davidii*) mit starken Chlorosen infolge von Fe-Mangel.



706. Forsythientriebe (*Forsythia suspensa*) mit starken Chlorosen infolge von Fe-Mangel.



707. Forsythientriebe (*Forsythia suspensa*); links: mit starken Chlorosen infolge von Fe-Mangel; rechts: gesunde Pflanze.

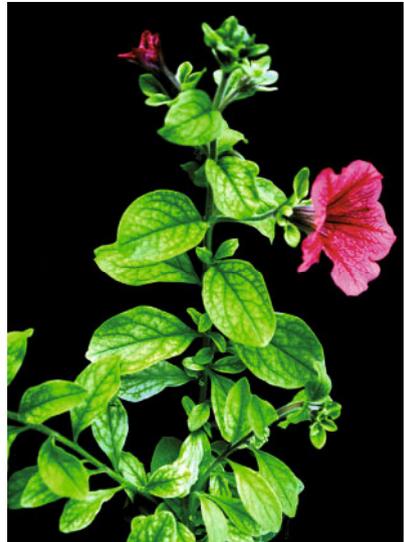


708. Petunie (*Petunia*); links: Chlorosen infolge von Fe-Mangel; rechts: gesunde Pflanze.

Fe



709. Petunie (*Petunia*) mit Chlorosen an den jüngeren Blättern infolge von Fe-Mangel.



710. Trieb einer Petunie (*Petunia*); mit Chlorosen infolge von Fe-Mangel.

711. Flieder (*Syringa vulgaris*) mit Chlorosen an den jüngeren Blättern infolge von Fe-Mangel.



712. Edelkastanie (*Castanea vesca* oder *sativa*) mit Fe-Mangelsymptomen.



Fe

713. Triebe von Edelkastanien (*Castanea vesca* oder *sativa*) mit Symptomen von Fe-Mangel.





714. Blätter von Japanischer Scheinquitte (*Chaenomeles speciosa*) mit unterschiedlich ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen; links: beginnender Fe-Mangel; rechts: starker Fe-Mangel.



715. Blätter von Japanischer Scheinquitte (*Chaenomeles speciosa*) mit stark ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen; Chlorosen und beginnende Nekrotisierung.

Fe



716. Zweig eines Quittenbaumes (*Cydonia oblonga*) mit typischen Fe-Mangelsymptomen an den jüngeren Blättern.

717. Blätter der Erle (*Alnus glutinosa*); rechts: gesundes Blatt; links: mit sehr stark ausgeprägten Fe-Mangelsymptomen bis zur Nekrose.



718. Blätter der Traubeneiche (*Quercus sessiliflora*) mit ausgeprägten Symptomen von Fe-Mangel.



719. Zweige von Pappel (*Populus nigra*); links: Trieb mit Fe-Mangelsymptomen der Blätter; rechts: gesunder Trieb.





720. Sämlinge von Kiefer (*Pinus sylvestris*); links und Mitte: sehr starker Fe-Mangel der Nadeln; rechts: gesunder Trieb.



Fe

721. Junge Monterey-Kiefer (*Pinus radiata*) mit Fe-Mangelsymptomen: blassgelbe Jungtriebe mit gelbgrüner Färbung der älteren Nadeln.



722. "Dörrfleckenkrankheit" bei Hafer (*Avena sativa*) in einem Feldbestand infolge von Mn-Mangel.



723. Starker Mn-Mangel bei Hafer (*Avena sativa*) in einem Gefäßversuch vor dem Rispenstehen.



724. Haferpflanzen (*Avena sativa*) in einem Gefäßversuch; links: stark ausgeprägter Mn-Mangel mit Abknicken der mittleren Blätter; rechts: mit Mn gedüngt.

Mn



725. Einzelpflanzen von Hafer (*Avena sativa*) mit ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen und Abknicken der Blätter im unteren Drittel.



726. Haferpflanzen (*Avena sativa*) mit ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen an jüngeren Blättern im unteren Blatt-drittel und zum Teil tauben Rispen.

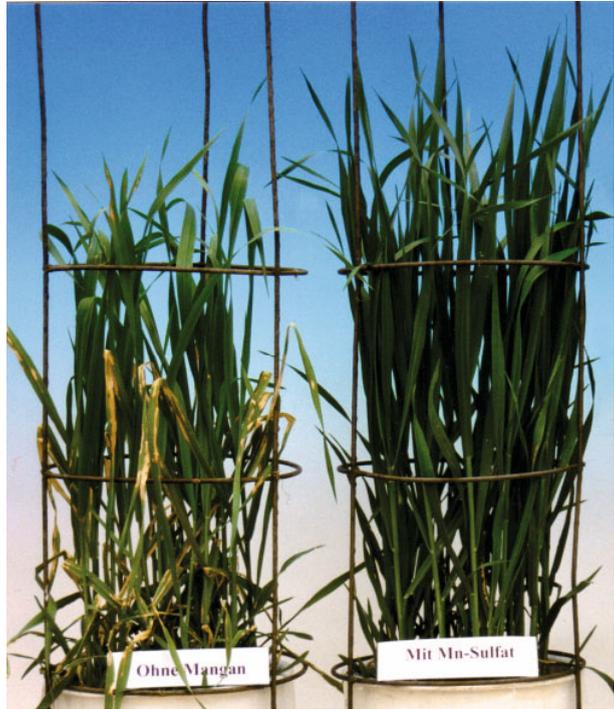


727. Haferblätter (*Avena sativa*) mit Mn-Mangelsymptomen; rechts: gesundes Blatt.



728. Haferblätter (*Avena sativa*) mit Mn-Mangelsymptomen (Mn-Gehalt: 11,2 mg/kg TM).

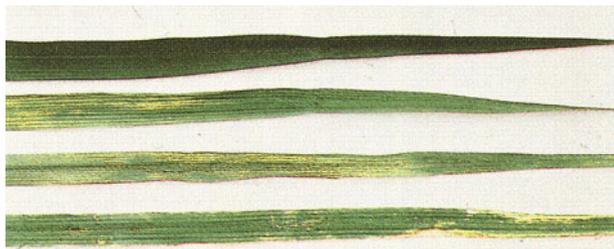
729. Weizenpflanzen (*Triticum aestivum*); links: mit typischen Mn-Mangelsymptomen; rechts: mit Mn gedüngt.



730. Winterweizen (*Triticum aestivum*) mit ausgeprägtem Mn-Mangel im Feldbestand.



731. Blätter von Sommerweizen (*Triticum aestivum*) mit Mn-Mangelsymptomen; oben: gesundes Blatt.





732. Frostschäden bei Wintergerste (*Hordeum vulgare*) im Feldbestand infolge von Mn-Mangel (Mn-Gehalt: 9,8 mg/kg TM).



733. Manganmangelsymptome bei Wintergerste (*Hordeum vulgare*; Mn-Gehalt: 12 mg/kg TM); rechts: gesunde Pflanze.



734. Starker Befall von Wintergerste (*Hordeum vulgare*) durch Mehltau (*Erysiphe graminis*) infolge von Mn-Mangel (Mn-Gehalt: 10,5 mg/kg TM); im Hintergrund gering befallene Pflanzen mit ausreichender Mn-Ernährung.

Mn



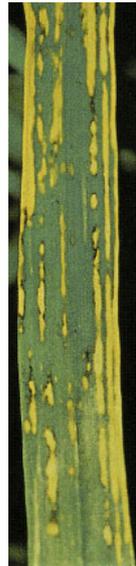
735. Sommergerstenpflanze (*Hordeum vulgare*) im Feldbestand mit stark ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen.



736. Einzelblätter von Sommergerste (*Hordeum vulgare*) mit Mn-Mangel unter Feldbedingungen (Mn-Blatt-Gehalt = 8,5 mg/kg TM).



737. Blätter von Gerste (*Hordeum vulgare*) mit unterschiedlich ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen.



738. Nahaufnahme eines Blattes von Sommergerste (*Hordeum vulgare*) mit Mn-Mangel ("Dörrflecken").



739. Mais (*Zea mays*) mit Mn-Mangelsymptomen auf den mittleren bis jüngeren Blättern.



740. Mais (*Zea mays*) in Hydrokultur mit charakteristischen, stärkeren Mn-Mangelsymptomen auf den mittleren bis jüngeren Blättern.



741. Mittlere bis jüngere Blätter von Mais (*Zea mays*) mit Mn-Mangelsymptomen im Anfangsstadium.

Mn



742. Zuckerrübe (*Beta vulgaris saccharifera*) mit stark ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen.



743. Blatt einer Zuckerrübe (*Beta vulgaris saccharifera*) mit beginnenden Mn-Mangelsymptomen.



744. Blatt einer Zuckerrübe (*Beta vulgaris saccharifera*) mit stark ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen.



745. Kartoffelpflanzen (*Solanum tuberosum*) mit schwach ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen an den mittleren bis jüngeren Blättern.



746. Kartoffelpflanzen (*Solanum tuberosum*) mit ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen an den jüngeren Blättern.

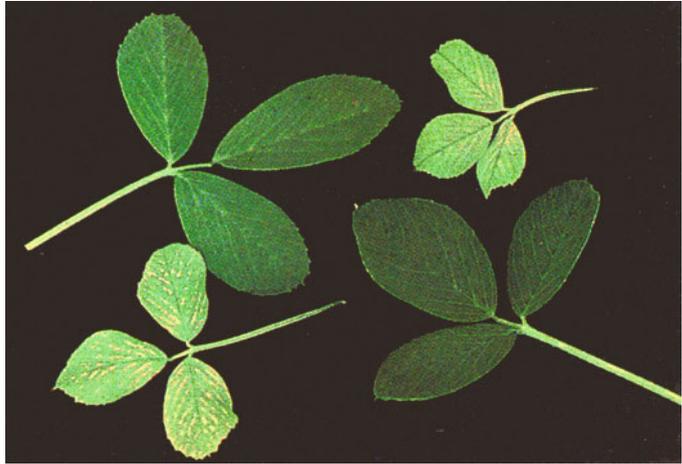


747. Kartoffelfiederblatt (*Solanum tuberosum*) mit Chloroseflecken und Punktnekrosen infolge von Mn-Mangel.



748. Nahaufnahme eines Kartoffelfiederblättchens (*Solanum tuberosum*) mit Chlorosen, Punkt- und größeren Randnekrosen infolge von Mn-Mangel.

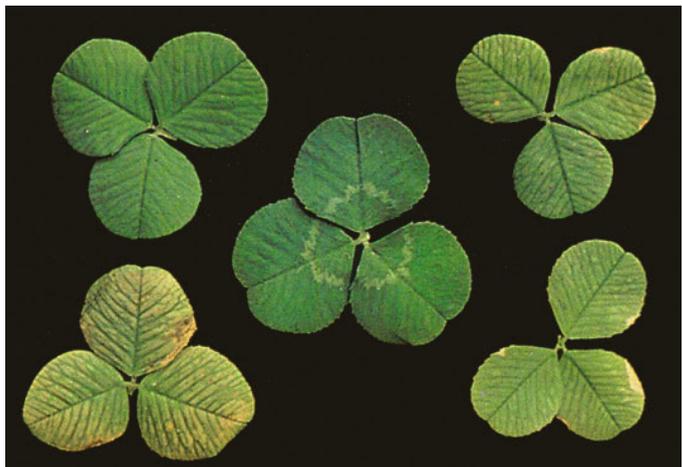
749. Blätter der Luzerne (*Medicago sativa*) in Hydrokultur mit Mn-Mangel im Vergleich zu gesunden Blättern.



750. Blätter von Rotklee (*Trifolium pratense*) mit Mn-Mangelsymptomen; Mitte: gesundes Blatt.



751. Blätter von Weißklee (*Trifolium repens*) in Hydrokultur mit Mn-Mangelsymptomen; Mitte: gesundes Blatt.



Mn



752. Erbsenpflanzen (*Pisum arvense*) mit Mn-Mangelsymptomen unter Feldbedingungen.



753. Blätter von Erbse (*Pisum arvense*) von Abb. 752 mit Mn-Mangelsymptomen unter Feldbedingungen.

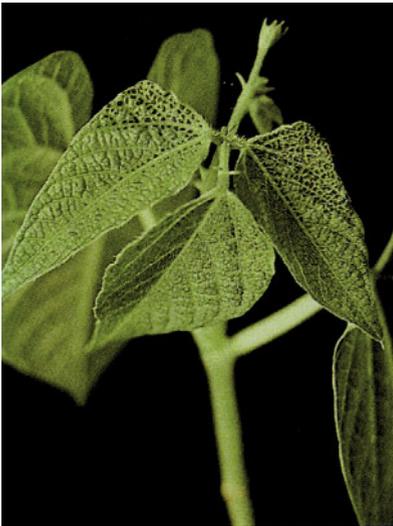
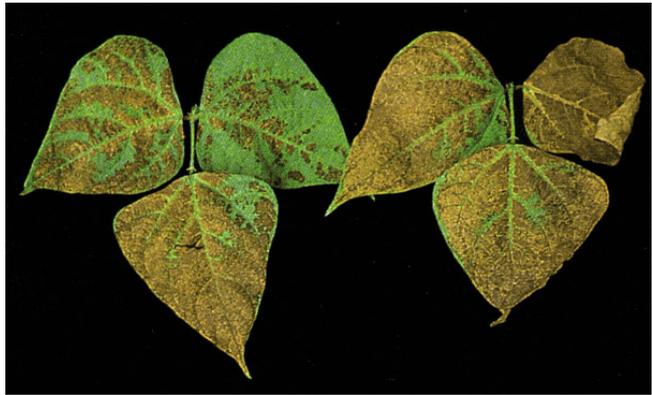


754. Blätter von Erbse (*Pisum arvense*) von Abb. 752 mit stärker ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen.

755. Blätter von Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris*) mit unterschiedlich ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen; rechts oben: gesundes Blatt.



756. Blätter von Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris*) bei sehr starkem Mn-Mangel.



757. Punktförmige Nekrosen an den jüngeren Blättern von Buschbohne (*Phaseolus vulgaris*) in Hydrokultur infolge von Mn-Mangel.



758. Buschbohnsamen (*Phaseolus vulgaris*) von Pflanzen in Hydrokultur mit typischen "Marsh spot"-Symptomen infolge von Mn-Mangel.

Mn



759. Sonnenblume (*Helianthus annuus*) in Hydrokultur mit stark ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen; jüngste Blätter noch ohne Symptome.



760. Sonnenblumenblatt (*Helianthus annuus*) mit Mn-Mangel im Anfangsstadium.



761. Sonnenblumenblatt (*Helianthus annuus*) mit nekrotischer Sprengelung über das gesamte Blatt infolge von starkem Mn-Mangel.

762. Möhren (*Daucus carota*) auf einem Niedermoorboden; links: ohne Mn-Düngung; rechts: mit Mn gedüngt.



763. Rote Rüben (*Beta vulgaris* var. *conditiva*); links: mit Mn-Mangelsymptomen; rechts: gesunde Pflanze.



764. Blätter von Roten Rüben (*Beta vulgaris* var. *conditiva*); links: mit Mn-Mangelsymptomen; rechts: gesundes Blatt.



Mn



765. Tomatenpflanzen (*Lycopersicon esculentum*); links: mit starkem Mn-Mangel; rechts: mit Mn gedüngt.



766. Tomatenpflanze (*Lycopersicon esculentum*) mit mäßig ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen.



767. Tomatenblatt (*Lycopersicon esculentum*) mit stärker ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen (Netzwerkchlorose).



768. Fiederblätter von Tomaten (*Lycopersicon esculentum*) mit Netzwerkchlorose infolge von Mn-Mangel.

769. Gewächshausgurkenpflanze (*Cucumis sativus*) mit Mn-Mangelsymptomen (beachte: jüngste Blätter noch blassgrün mit Saum um den Adern).



770. Blätter von Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) mit Mn-Mangelsymptomen (beachte: grünen Saum um den Adern; nicht verwechseln mit Fe-Mangel).



771. Blatt einer Spinatpflanze (*Spinacea oleracea*) in Hydrokultur mit stark ausgeprägten, typischen Mn-Mangelsymptomen.



Mn

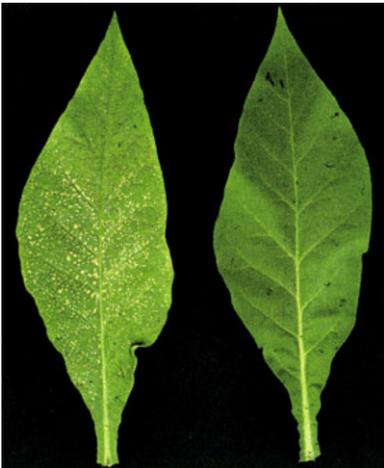


772. Salatpflanze (*Lactuca sativa*) in Hydrokultur mit Mn-Mangelsymptomen.



773. Paprikapflanze (*Capsicum annuum*) mit Mn-Mangelsymptomen.

Mn



774. Blätter von Tabak (*Nicotiana tabacum*); links: Blatt mit beginnendem Mn-Mangel; rechts: gesundes Blatt.

775. Apfelbaum (*Malus domestica*) mit Mn-Mangelsymptomen an den jüngeren Blättern.



776. Blätter eines Pflaumenbaumes (*Prunus domestica*) mit schwach ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen.

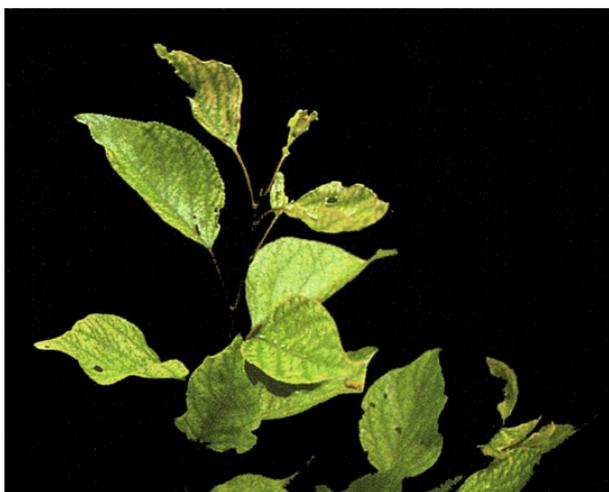


777. Blätter eines Pflaumenbaumes (*Prunus domestica*) auf Carbonatboden mit stark ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen.





778. Zweig einer Süßkirsche (*Prunus avium*) mit Mn-Mangelsymptomen an den jüngeren Blättern (beachte: grün gesäumte Adern; nicht verwechseln mit Fe-Mangel).



779. Zweig einer Aprikose (*Prunus armeniaca vulgaris*) mit stark ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen an den jüngeren Blättern.



780. Blätter eines Mirabellenbaumes (*Prunus domestica syriaca*) mit unterschiedlich ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen.

781. Zweige von Pfirsich (*Prunus persica*) mit ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen an den jüngeren Blättern; nicht verwechseln mit Fe-Mangel.



782. Weinrebe (*Vitis vinifera*) mit Mn-Mangelsymptomen.



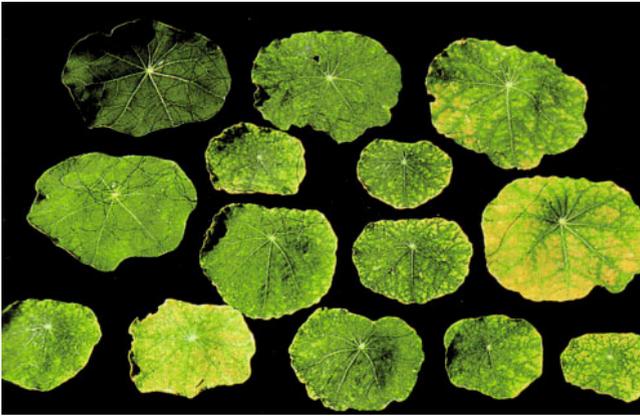
783. Blatt einer Weinrebe (*Vitis vinifera*) mit typischen Mn-Mangelsymptomen; nicht verwechseln mit Fe-Mangel.



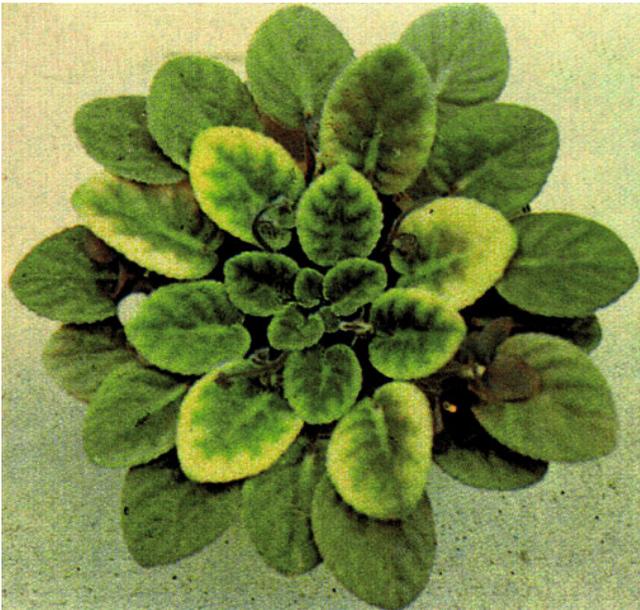
Mn



784. Blätter von Gerbera (*Gerbera jamesoni*) mit typischen Mn-Mangelsymptomen.



785. Blätter der Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*) auf kalkhaltigem Boden mit Mn-Mangelsymptomen; links oben: gesundes Blatt.



786. Usambaraveilchen (*Saintpaulia grandiflora*) mit Mn-Mangelsymptomen an den jüngeren Blättern; jüngste hellgrüne Blätter mit stark gesäumten Adern.

787. Rhododendron (*Rhododendron simsii*) mit Mn-Mangelsymptomen.



788. Blätter von Rhododendron (*Rhododendron simsii*) mit charakteristischen Mn-Mangelsymptomen.



789. Trieb einer Petunie (*Petunia*) mit typischen Mn-Mangelsymptomen.



Mn



790. Tulpenbaum (*Liriodendron tulipifera*) mit typischen Mn-Mangelsymptomen an den jüngeren bis jüngsten Blättern.



791. Bougainvillea (*Bougainvillea*) mit charakteristischen Mn-Mangelsymptomen.



792. Blätter von Pappeln (*Populus nigra*) mit Mn-Mangelsymptomen; links: typisches Mn-Mangelblatt; Mitte: totale Vergilbung nach anhaltendem Mn-Mangel; rechts: gesundes Blatt.

Mn



794. Zweig einer Kiefer (*Pinus sylvestris*) mit extremem Mn-Mangel.

793. Zweig einer Fichte (*Picea abies*) mit typischen Mn-Mangelsymptomen.

795. Zweig einer Tanne (*Abies alba*) mit Mn-Mangelsymptomen.



796. Nahaufnahme eines Tannenzweiges (*Abies alba*) mit stark ausgeprägten Mn-Mangelsymptomen.



Mn



797. und 798. Blätter von Sommergerste (*Hordeum vulgare*) aus einem Feldbestand (Boden-Mn-Gehalt = 58 mg/kg, pH-Wert = 3,8) mit stark ausgeprägten Mn-Überschusssymptomen; beachte: Punktnekrosen auf Blättern und Blattstielen.



799. Älteres Blatt einer Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*) mit Mn-Überschusssymptomen (Blatt-Mn-Gehalt = 2700 mg/kg TM); beachte: die ausgeprägten Blattstielnekrosen.



800. Nahaufnahme eines älteren Blattes einer Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*) mit Mn-Überschusssymptomen (Blatt-Mn-Gehalt = 2700 mg/kg TM); beachte: Nekrosen auf den Blattstielen und Mittelrippen.

801. Blattstiel einer Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*) mit abgezoGENER Epidermis: Nekrosen bzw. Mn-Ablagerungen (MnO_2 , Braunstein) nur in der Epidermis.



802. Rapspflanzen (*Brassica napus oleifera*) im Feldbestand auf einem sauren Boden mit Mn-Überschusssymptomen.



803. Rapspflanzen (*Brassica napus oleifera*) aus einem Feldbestand mit mittleren bis starken Mn-Überschusssymptomen.



804. Ältere Blätter von Rapspflanzen (*Brassica napus oleifera*) mit Mn-Überschusssymptomen.





805. Junge Zuckerrübenpflanzen (*Beta vulgaris saccharifera*) mit stark ausgeprägten Mn-Überschusssymptomen.



806. Ältere Blätter von Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*) mit stark ausgeprägten Mn-Überschusssymptomen.



807. Rotklee (*Trifolium pratense*) im Feldbestand mit stark ausgeprägten Mn-Überschusssymptomen (Boden-pH-Wert = 4,2).



808. Blätter von Rotklee (*Trifolium pratense*) mit zunehmend ausgeprägten Mn-Überschusssymptomen von links oben (gesundes Blatt) nach rechts unten (Mn-Gehalte: Blattränder = 1940 bis 3280 mg/kg TM, übriges Blatt = 935 bis 1110 mg/kg TM).

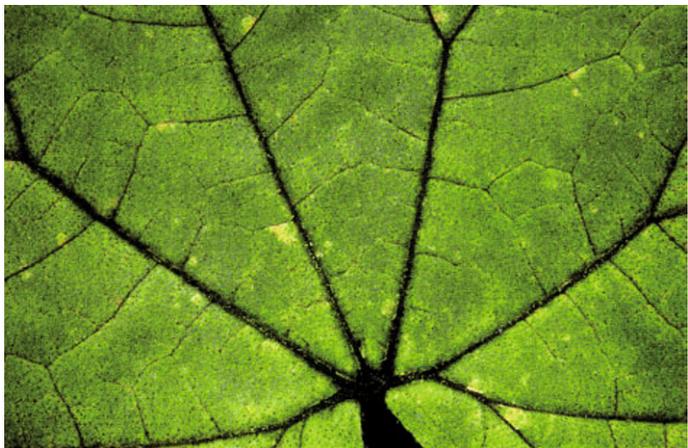
809. Hülsen und Teil des Blattes einer Buschbohnenpflanze (*Phaseolus vulgaris*) mit Mn-Überschusssymptomen.



810. Älteres Blatt einer Buschbohnenpflanze (*Phaseolus vulgaris*) mit schwarzen Punkten auf Blattstiel und Adern infolge von Mn-Überschuss.



811. Blatt einer Gurkenpflanze (*Cucumis sativus*) in Torfkultur bei pH 4,5 mit Mn-Überschusssymptomen (Blatt-Mn-Gehalt = über 600 mg/kg TM).



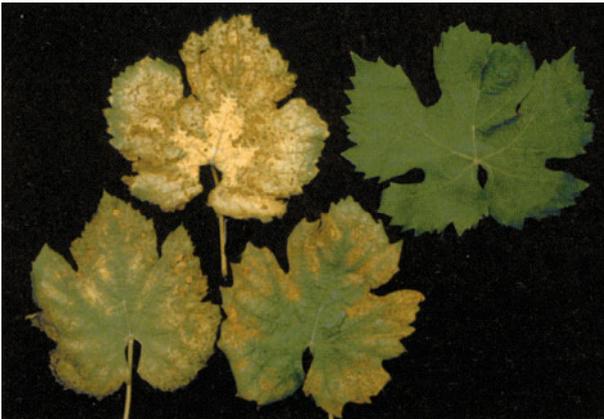
Mn



812. Blatt von Weißkohl (*Brassica oleracea capitata*) aus einem Feldbestand mit beginnenden Mn-Überschuss-symptomen bei einem "verfügbaren" Boden-Mn-Gehalt von 68 mg/kg und pH-Wert = 4,1.



813. Älteres Tomatenblatt (*Lycopersicon esculentum*) mit Nekrosen infolge von Mn-Überschuss.



814. Blätter der Weinrebe (*Vitis vinifera*) mit Mn-Überschuss- und Mg-Mangelsymptomen; rechts: gesundes Blatt.

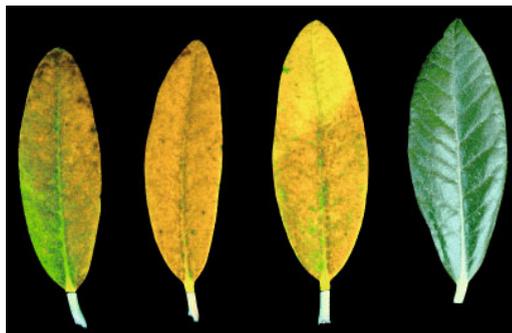
815. Gliederkaktus (*Phyllocactus*) im Gefäßversuch mit Mn-Überschusssymptomen an der linken Pflanze; rechts: gesunde Pflanze.



816. Blätter von Polyanthrosen (*Rosa*) mit Mn-Überschusssymptomen (Blatt-Mn-Gehalt = 1980 mg/kg TM).



817. Blätter von Anthurien (*Anthurium scherzeranum*) mit Mn-Überschuss (Mn-Gehalt: 820 mg/kg TM).



818. Blätter von Rhododendron (*Rhododendron simsii*); links bis Mitte: ältere Blätter mit Mn-Überschusssymptomen; rechts: gesundes Blatt.

Mn



819. Maispflanze (*Zea mays*) im Jugendstadium mit weiß bis weißgelben Streifen beiderseits der Mittelrippe und gestauchtem Wuchs infolge von Zn-Mangel auf Karbonatboden mit sehr hohem Boden P-Gehalt.



820. und 821. Nahaufnahmen von Maispflanzen (*Zea mays*) von Abb. 819 im Jugendstadium mit weiß bis weißgelben Streifen beiderseits der Mittelrippe und gestauchtem Wuchs infolge von Zn-Mangel.



822. Maispflanze (*Zea mays*) in Hydrokultur ohne Zn-Zugabe; Charakteristisches "Sitzenbleiben" der Pflanzen und chlorotische Blattaufhellungen infolge von Zn-Mangel.



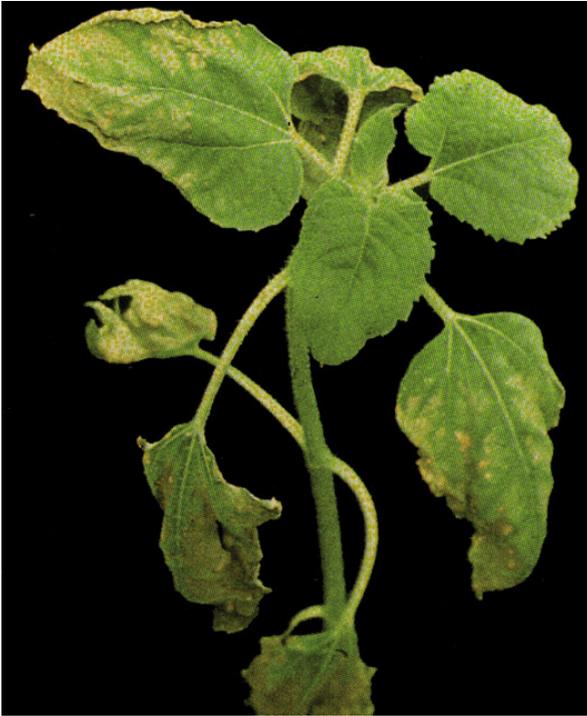
823. Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris*); mit schwach bis stark ausgeprägten Zn-Mangelsymptomen an den älteren Blättern.



824. Einzelblätter von Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris*) von Abb. 823 mit unterschiedlich ausgeprägten Zn-Mangelsymptomen; unten rechts: gesundes Blatt.



Zn



825. Sonnenblumenpflanze (*Helianthus annuus*) mit Zn-Mangelsymptomen: gestauchtes Wachstum der Sprossspitze und Chlorosen sowie Nekrosen an den mittleren und älteren Blättern.



826. Verschiedene Stadien der "Farnblättrigkeit" von Kartoffeln (*Solanum tuberosum*) infolge von Zn-Mangel; rechts unten: gesundes Blatt.

Zn

827. Ackerbohnenpflanzen (*Vicia faba*) in Hydrokultur; links: ohne Zn, beachte die "Kleinblättrigkeit" und den gestauchten Wuchs der Sprossspitze infolge von Zn-Mangel; rechts: mit Zn gedüngt.



828. Spross einer Ackerbohnenpflanze (*Vicia faba*) in Hydrokultur mit Zn-Mangel; rechts oben: Blatt einer gesunden Pflanze.



829. Blätter von Ackerbohnenpflanzen (*Vicia faba*); links: ohne Zn; rechts: mit Zn gedüngt.



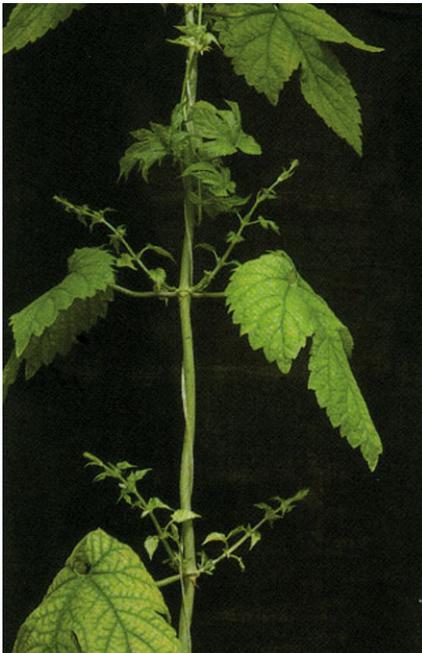
Zn



830. Hopfenpflanze (*Humulus lupulus*) in Hydrokultur zur Zeit der Zapfenbildung; links: mit Zn-Mangel ("Kräuselkrankheit"); rechte Pflanze: mit Zn gedüngt, Zapfen und Blätter in normaler Größe.



831. Stark gehemmte Seitentriebbildung und "Kleinblättrigkeit" einer Hopfenpflanze (*Humulus lupulus*) in Hydrokultur infolge von Zn-Mangel links; rechte Pflanze: mit Zn gedüngt.



832. Hopfenpflanze (*Humulus lupulus*) in Hydrokultur mit mittlerem bis starkem Zn-Mangel an den älteren Blättern und stark reduzierter Seitentriebbildung mit kleinen Blättern.

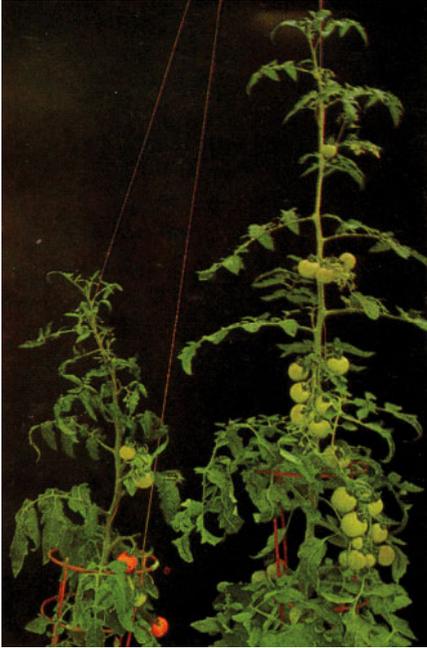
833. Blätter von Hopfen (*Humulus lupulus*); beginnender Zn-Mangel; Mitte oben: gesundes Blatt.



834. Blätter von Hopfen (*Humulus lupulus*); ausgeprägte Zn-Mangelsymptome; Mitte oben: gesundes Blatt.



835. Zapfen von Hopfen (*Humulus lupulus*); obere Reihe: mit Zn-Düngung; untere Reihe: ohne Zn-Düngung.



836. Tomatenpflanzen (*Lycopersicum esculentum*); links ohne Zn; rechts: mit Zn gedüngt.



837. Tomatenpflanze (*Lycopersicum esculentum*); mit "Kleinblättrigkeit", chlorotischen und nekrotischen Blattflecken, gestauchtem Wuchs und tütenförmigem Einrollen der Blätter infolge Zn-Mangel.



838. Stark ausgeprägter Zn-Mangel im apikalen Teil einer Tomatenpflanze (*Lycopersicum esculentum*) mit Früchten.

839. Ältere Blätter einer Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*) mit Zn-Mangelsymptomen.



840. Gewächshausgurkenpflanze (*Cucumis sativus*) mit gestauchtem Wuchs und gestauchter Triebspitze sowie deformierten und chlorotischen Blättern ("Rosettenbildung") infolge von Zn-Mangel.

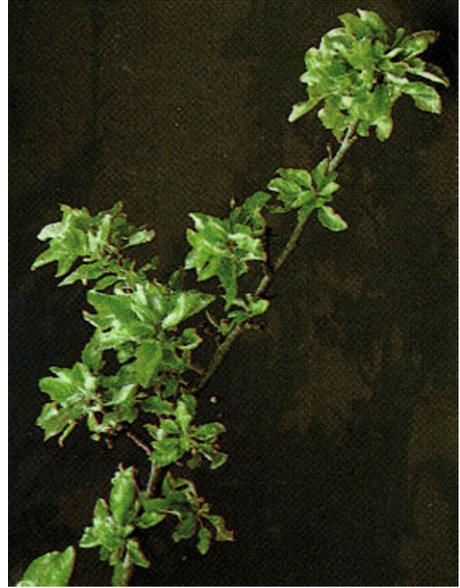


841. Blätter von Gewächshausgurke (*Cucumis sativus*); oben: 3 Blätter von gesunden Pflanzen; unten: Blätter von Zn-Mangelpflanzen, beachte: "Kleinblättrigkeit", deformierte Blätter und offene Stielbuchten.





842. Augusttriebe eines Apfelbaumes (*Malus domestica*) mit "Kleinblättrigkeit" und "Rosettenbildung" infolge von Zn-Mangel.



843. Zweig eines Apfelbaumes (*Malus domestica*) von einem Standort mit sehr hohem Boden-P-Gehalt: "Kleinblättrigkeit" und "Rosettenbildung" infolge von Zn-Mangel.



844. Blätter eines Apfelbaumes (*Malus domestica*) mit Zn-Mangelsymptomen.



845. Augusttriebe eines Apfelbaumes (*Malus domestica*) mit "Kleinblättrigkeit" und "Rosettenbildung" infolge von Zn-Mangel; rechts Trieb von gesundem Baum.



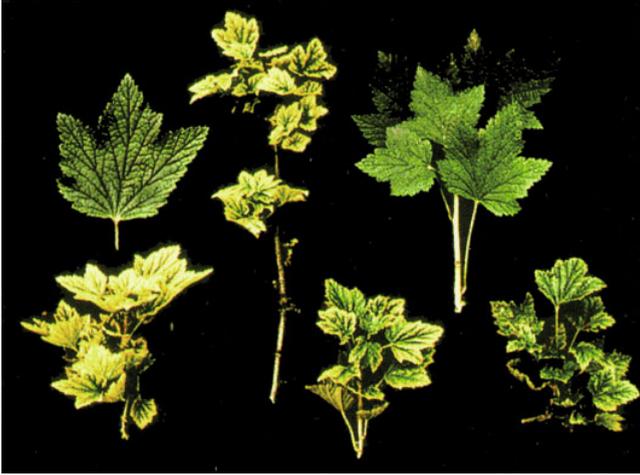
846. Zweige und Blätter von Kirschbäumen (*Prunus avium*) mit Zn-Mangelsymptomen; Mitte: Zweig von einem gesunden Baum.



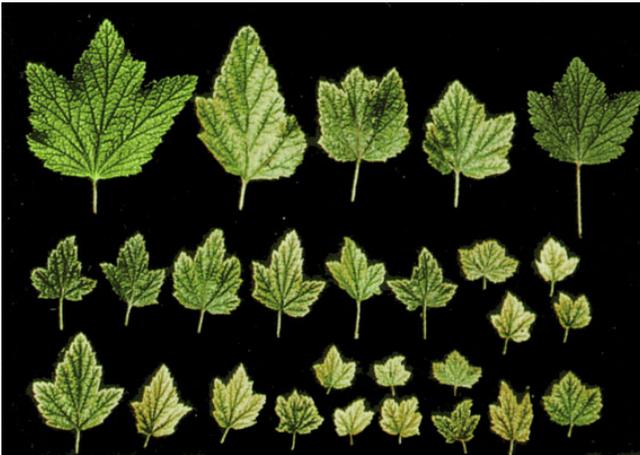
847. Zweig eines Kirschbaumes (*Prunus avium*) mit gestauchtem Wuchs, "Rosettenbildung" und Chlorosen der Blätter infolge von Zn-Mangel.



848. Blätter des Kirschbaumes von Abb. 847 (*Prunus avium*) mit Zn-Mangelsymptomen; nicht verwechseln mit Fe- oder Mn-Mangel.



849. Zweigspitzen der Roten Johannisbeere (*Ribes rubrum*) mit Zn-Mangelsymptomen; rechts oben Zweig eines ausreichend mit Zn ernährten Strauches.

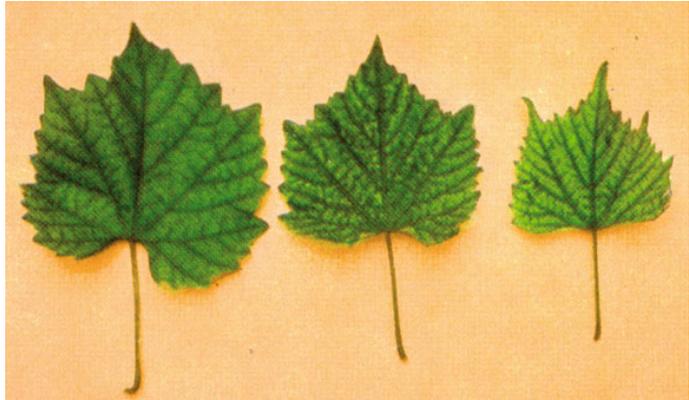


850. Blätter von Roten Johannisbeeren (*Ribes rubrum*) mit Zn-Mangelsymptomen; links und rechts oben: gesunde Blätter.



851. Weinrebe (*Vitis vinifera*) mit Zn-Mangelsymptomen.

852. Blätter der Weinrebe (*Vitis vinifera*), von links nach rechts zunehmende Zn-Mangelsymptome ("Kleinblättrigkeit" rechts).



853. Trauben der Weinrebe (*Vitis vinifera*) mit unterschiedlich stark ausgeprägten Zn-Mangelsymptomen (verringertes Fruchtansatz und kleine Früchte); rechts: ohne Zn-Mangel.



854. Zinnie (*Zinnia elegans*) mit Wachstums-
hemmung ("Kleinblättrigkeit") der
jüngeren Blätter und Interkostal-
chlorosen im Blatt-
spitzenbereich der
älteren Blätter in-
folge von Zn-
Mangel.





855. Zweig eines Mandarinenbaumes (*Citrus reticulata*) mit stark ausgeprägten Symptomen von Zn-Mangel.



856. Zweig eines Mandarinenbaumes (*Citrus reticulata*) mit stark ausgeprägten Symptomen von Zn-Mangel an den jüngeren Blättern.



857. Blatt eines Mandarinenbaumes (*Citrus reticulata*) mit stark ausgeprägten Zn-Mangelsymptomen.



858. Zweig der Monterey-Kiefer (*Pinus radiata*) mit Zn-Mangelsymptomen; Chlorosen und Nekrosen der Nadelspitzen, kurze Nadeln der Jungtriebe und abgestorbene Triebspitzen.

859. Sommergerste (*Hordeum vulgare*) auf einem Zn-belasteten Boden (pH-Wert = 4,4) mit Zn-Überschusssymptomen; Jungpflanzen bereits abgestorben.



860. Mais (*Zea mays*) in einem Gefäßversuch auf Lehm Boden mit 1000 mg/kg Zn; Fe-Mangel ähnliche Chlorosen infolge von Zn-Überschuss.



861. Älteres Blatt einer Weinrebe (*Vitis vinifera*) in Hydrokultur mit leichten Zn-Überschusssymptomen.

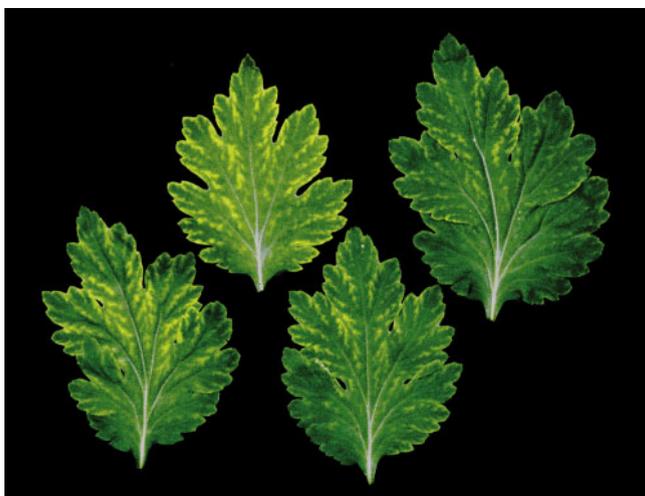




862. Blätter von Weinreben (*Vitis vinifera*) in Hydrokultur mit Symptomen von starkem Zn-Überschuss.



863. Mn- und Fe-Mangel ähnliche Chlorosen in Blättern von Alpenveilchen (*Cyclamen persicum*) infolge hoher Zn-Gehalte der Blätter (250 mg/kg TM); Mitte oben: gesundes Blatt.



864. Blätter einer Chrysantheme (*Chrysanthemum indicum*) mit Zn-Überschussymptomen an älteren Blättern; nicht verwechseln mit Mn-Mangel.



865. Blätter von Gerbera (*Gerbera jamesoni*) mit Fe- und Mn-Mangel ähnlichen Chlorosen infolge von Zn- und Cu-Überschuss; nicht verwechseln mit Mn- oder Fe-Mangel.



866. Blätter von Gerbera (*Gerbera jamesoni*) mit ausgeprägten Chlorosen und Nekrosen infolge von Zn- und Cu-Überschuss; rechts: gesundes Blatt.



867. Wirkung steigender NaCl-Gehalte im Boden auf das Wachstum von Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*) bei niedriger Wasserversorgung des Bodens (30 % der nutzbaren Feldkapazität); vergleiche mit Abb. 868; NaCl-Gehalt im Boden von links nach rechts: 0 - 0,2 % - 0,5 % - 1,0 %.



868. Wirkung steigender NaCl-Gehalte im Boden auf das Wachstum von Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*) bei hoher Wasserversorgung des Bodens (70 % der nutzbaren Feldkapazität); vergleiche mit Abb. 867; NaCl-Gehalte im Boden von links nach rechts: 0 - 0,2 % - 0,5 % - 1,0 %.

869. Blätter von Winterweizen (*Triticum aestivum*) mit NaCl-Überschusssymptomen.



870. Blätter von Sommerweizen (*Triticum aestivum*) mit starken NaCl-Überschusssymptomen.



871. Kopfsalat (*Lactuca sativa capitata*) mit Schädigung durch hohe Salzgehalte im Torfsubstrat; links: 9,0 g/Liter Substrat; Mitte: 6,8 g/Liter Substrat; rechts: 2,3 g/Liter Substrat.



Salz



872. Salat (*Lactuca sativa capitata*) mit Ca-Mangel an den jüngeren Blättern infolge gestörter Wasserversorgung durch zu hohen Salzgehalt im Boden und Na-Überschuss in den älteren Blättern (0,7 % Na i. d. TM).



873. Deformierte Früchte von Gewächshausgurken (*Cucumis sativus*) aufgrund gestörter Wasserversorgung infolge eines überhöhten Salzgehaltes des Kultursubstrates (9,8 g/l Salz).



874. Triebe eines Apfelbaumes (*Malus domestica*) mit Chlorosen und Nekrosen infolge von Überdüngung mit KCl ("Salzschäden").



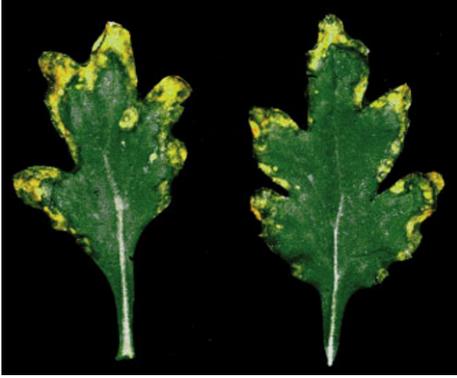
875. Primelpflanze (*Primula vulgaris*) mit Chlorosen und Randnekrosen infolge eines sehr hohen Salzgehaltes im Substrat.



876. Ursprünglich durch sehr hohen Salzgehalt im Substrat geschädigte Primelpflanze (*Primula vulgaris*) mit gesundem Neuaustrieb 8 Wochen nach der Salzauswaschung.



877. Blätter von Primel (*Primula vulgaris*) mit Randchlorosen und beginnenden Randnekrosen infolge Cl-Toxizität; nicht zu verwechseln mit K-Mangel.



878. Blätter von Chrysanthemen (*Chrysanthemum indicum*) mit Randchlorosen und -nekrosen infolge von Cl-Toxizität; nicht zu verwechseln mit K-Mangel.



879. Blätter von Chrysanthemen (*Chrysanthemum indicum*) mit beginnenden Randnekrosen infolge zu hoher K-Düngung ("Salzschäden").



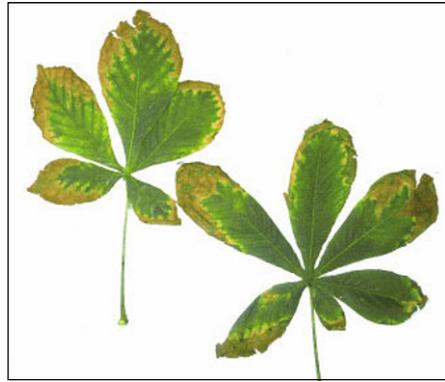
880. Edelrosen (*Rosa*) mit von links nach rechts zunehmender Schädigung durch hohe Cl-Gehalte im Substrat.



881. Blätter von Edelrosen (*Rosa*) mit Randchlorosen und -nekrosen infolge Cl-Toxizität; nicht zu verwechseln mit K-Mangel.



882. Durch Auftausalzbelastung des Bodens stark geschädigte Kastanie (*Aesculus hippocastanum*) innerhalb einer Stadt; nicht zu verwechseln mit Trockenschäden.



883. Blätter einer Kastanie (*Aesculus hippocastanum*) mit Cl-Überschuss-symptomen.



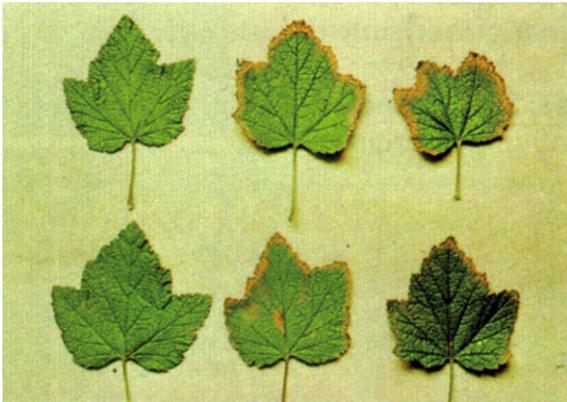
884. Blätter eines Lindenbaumes (*Tilia platyphyllos*) mit Schadsymptomen durch Auftausalze (NaCl).



885. Zweig eines Lindenbaumes (*Tilia platyphyllos*) im Freiland mit experimentell erzeugten Schadsymptomen durch NaCl-Belastung.



886. Blatt von Ahorn (*Acer campestre*) mit NaCl-Überschusssymptomen (Cl-Gehalt = 1,6 % i. d. TM).



887. Blätter der roten Johannisbeere (*Ribes rubrum*) mit unterschiedlich stark ausgeprägten Salzschäden.



888. Auf einem Stadtautobahn-Mittelstreifen gepflanzte Jungkiefer (*Pinus sylvestris*) mit Schadsymptomen im darauf folgenden Mai durch Auftausalzbelastung während des Winters.

889. Zweige einer Omorikafichte (*Picea omorica*): an der Triebspitze beginnende Chlorosen infolge von Cl-Toxizität.



890. Zweige einer Omorikafichte (*Picea omorica*) mit rotbrauner Verfärbung und Abfallen der Nadeln infolge von Cl-Toxizität.



891. Zweig einer Fichte (*Picea Abies*) mit Cl-Toxizitätssymptomen.



892. Zweig einer Thuja (*Thuja*) mit NaCl-Toxizitätssymptomen infolge der Anwendung von Auftausalzen.



893. Wachstumshemmung und Blattchlorosen bei Zuckerrüben (*Beta vulgaris saccharifera*) im Gefäßversuch auf einem sandigen Lehmboden mit pH-Wert = 6,0 und steigenden Boden-Cd-Gehalten (von links nach rechts: 0, 25, 50, 100, 300 mg/kg Cd).



894. Goldgelbe Chlorose an den jüngsten Blättern einer Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*) infolge von Cd-Toxizität.



895. Sommerraps (*Brassica napus oleifera*); links: reduziertes Wachstum und Blattaufhellungen infolge von Cd-Toxizität; rechts: gesunde Pflanzen.

896. Blätter einer Buschbohnenpflanze (*Phaseolus vulgaris*) mit chlorotischen Aufhellungen entlang der Adern infolge von Cd-Toxizität.



897. Buschbohnenpflanzen (*Phaseolus vulgaris*) mit stärker ausgeprägten Chlorosen an jüngeren und älteren Blättern infolge von Cd-Toxizität.



898. Chlorotische Blattflecken auf älteren Blättern und starke Chlorosen in den jüngeren Blättern einer Tomatenpflanze (*Lycopersicon esculentum*) infolge von Cd-Toxizität.





899. Fe-Mangel ähnliche Chlorosen bei Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris*), induziert durch Ni-Toxizität (>100 mg/kg Gesamt-Ni im Boden).



900. Chlorotisch aufgehellte Blätter von Haferpflanzen (*Avena sativa*), mit "feberkurvenartigen grünen Querstreifen" infolge von Ni-Toxizität (>100 mg/kg Gesamt-Ni im Boden).

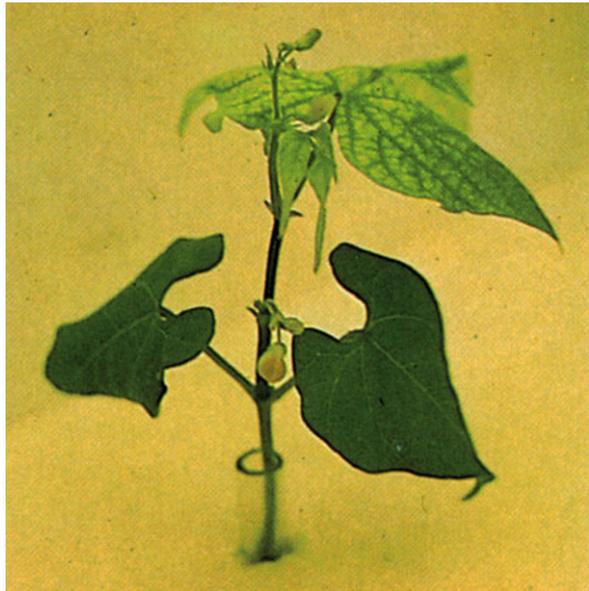


901. Krebsartige Wucherungen an deformierten Möhren (*Daucus carota*) bei >20 mg/kg Gesamt-Hg im Boden.

902. Buschbohne (*Phaseolus vulgaris*) auf einem Boden mit 3 mg/kg Gesamt-Thallium und einem pH-Wert von 5,3.



903. Fe-Mangel ähnliche Chlorose bei einer Buschbohne (*Phaseolus vulgaris*) in Hydrokultur mit 5 mg V/l bei pH-Wert 6,5.

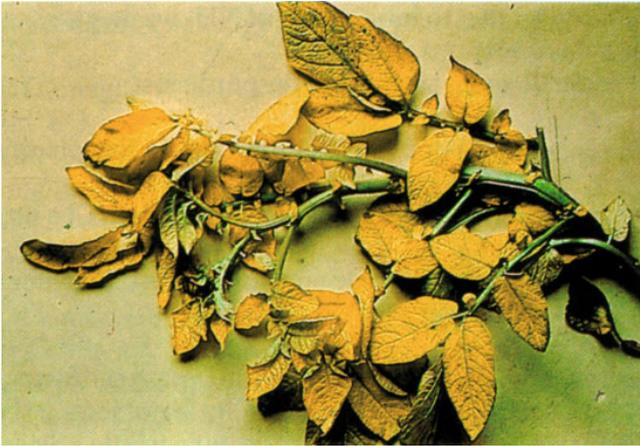


904. Blätter von Chrysanthemen (*Chrysanthemum indicum*) mit Cu- und Zn-Überschusssymptomen; links und Mitte: chlorotisch-nekrotische Blätter: 63 mg Cu und 450 mg Zn/kg TM; rechts: grünes Blatt 38 mg Cu und 235 mg Zn/kg TM.





905. Blätter von Pelargonien (*Pelargonium zonale*) mit Fe-Mangel ähnlichen Chlorosen, induziert durch Schwermetallüberschuss; Blattgehalte: 25...55 mg Cu, 420...775 mg Mn und 270...450 mg Zn/kg TM.



906. Spross einer Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*) mit Totalchlorose der Blätter von einem Rieselfeld mit 10 mg Cd, 55 mg Cr, 305 mg Cu, 14 mg Ni, 283 mg Pb und 309 mg Zn/kg Boden



907. Stark geschädigte Zuckerrübenpflanze (*Beta vulgaris saccharifera*) infolge von Cd-Toxizität.

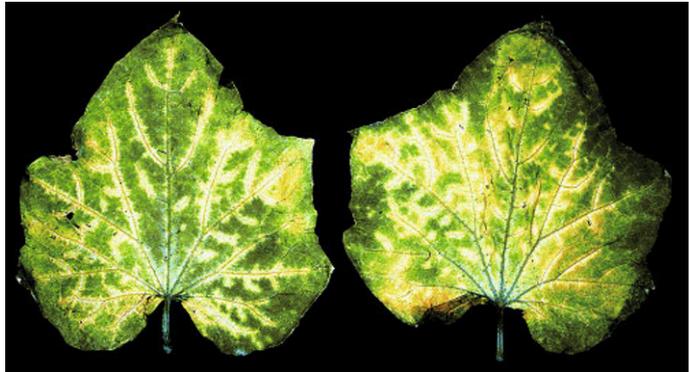
908. Jüngere Blätter von Tomate (*Lycopersicon esculentum*); links: mit Fe-Mangel ähnlicher Chlorose infolge von Cu-, Mn- und Zn-Toxizität; rechts: gesundes Blatt.



909. Jungpflanzen von Zuckerrübe (*Beta vulgaris saccharifera*) mit starken Chlorosen infolge von Cu-, Cd- und Zn-Toxizität.



910. Blätter von Gurke (*Cucumis sativus*) mit starken Interkostalchlorosen infolge von Zn- und Mn-Toxizität.





911. Maispflanzen (*Zea mays*) mit Symptomen von Ni-Toxizität.

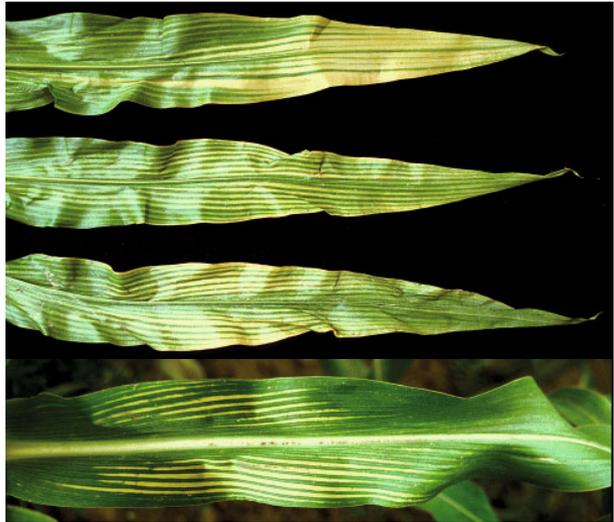


912. Weizenpflanzen (*Triticum aestivum*) mit Chlorosen infolge von Cd-Toxizität; rechts: gesunde Pflanze.

913. Maispflanzen (*Zea mays*) mit Chlorosen jüngerer Blätter und Nekrosen älterer Blätter infolge von Cu-, Pb- und Zn-Toxizität auf einer Bergbauhalde.



914. und 915. Blätter von Mais (*Zea mays*) mit Chlorosen jüngerer Blätter infolge von Cu-, Pb- und Zn-Toxizität auf einer Bergbauhalde.

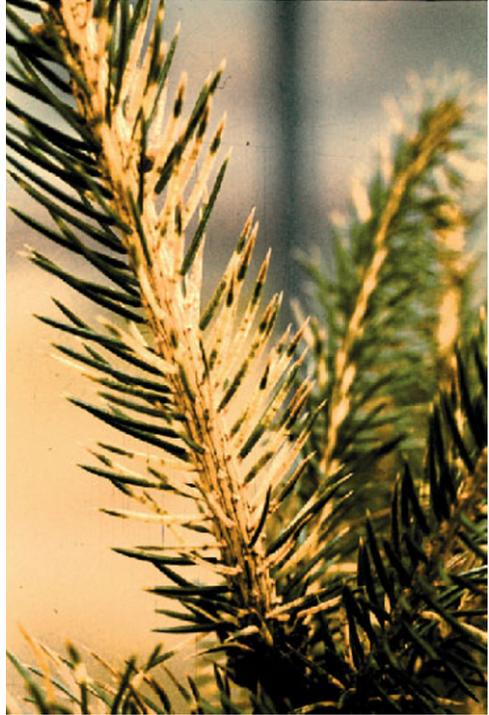


916. Große Brennnessel (*Urtica dioica*) mit Cd-Überschusssymptomen.





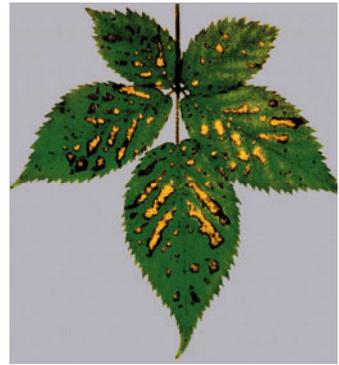
917. Blatt der Stieleiche (*Quercus robur*) mit Nekrosen durch HCl-Immissionen.



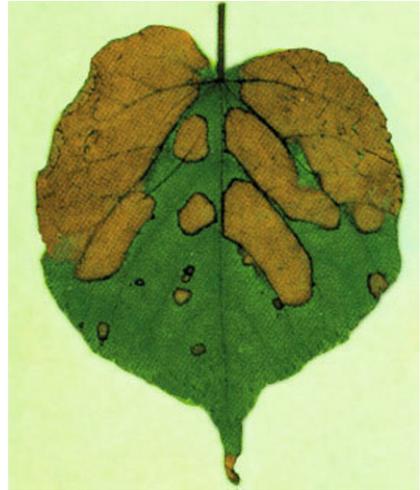
918. Zweig einer Fichte (*Picea abies*) mit entfärbten und nekrotischen Nadeln nach Cl₂-Begasung.



919. SO₂-Immissionsschäden an den Blättern eines Lindenbaumes (*Tilia platyphyllos*) in einem Industriegebiet.



920. SO₂-Schäden am Blatt einer Brombeere (*Rubus fruticosus*).



921. Nekrosen im Blatt eines Lindenbaumes (*Tilia platyphyllos*) durch SO_2 -Begasung.



922. SO_2 -Schäden an den Nadeln einer Kiefer (*Pinus sylvestris*) in der Nähe eines Industriegebietes.



923. Nekroseschäden an den Blättern einer Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum*) nach Begasung mit NH_3 .



924. Aufwölbungen der Blattflächen und Nekrosen an Blättern eines Apfelbaumes (*Malus domestica*) nach HF-Immissionen.



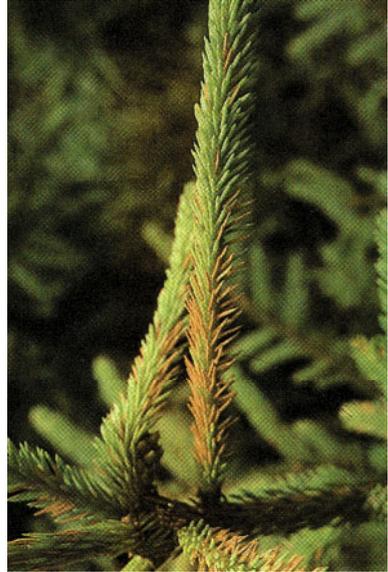
925. Aufwölbungen der Blattflächen und Nekrosen an den Blatträndern und -spitzen eines Birnbaumes (*Pyrus communis*) nach HF-Immissionen (Blatt-F-Gehalt = 309 mg/kg TM).



926. Durch HF-Immissionen geschädigte Apfelfrüchte (*Malus domestica*) der Sorte "Cox Orange" mit eingesunkenen schwarz verfärbten Gewebepartien.



927. Nadelbräunungen bei jungen Trieben von Fichten (*Picea abies*) infolge von Fluor-Immissionen.



928. Nadelbräunungen bei jungen Trieben von Fichten (*Picea abies*) infolge von Fluor-Immissionen: abgestorbene, nekrotische braune Nadeln inmitten noch grüner Nadeln.



929. Fluor-Immissionsschäden an Zweigen der Weymouthskiefer (*Pinus strobus*): nekrotische Nadelspitzen.



930. Fluor-Immissionsschäden an Zweigen der Weymouthskiefer (*Pinus strobus*): lückige Benadelung durch bereits abgefallene nekrotisierte Nadeln.

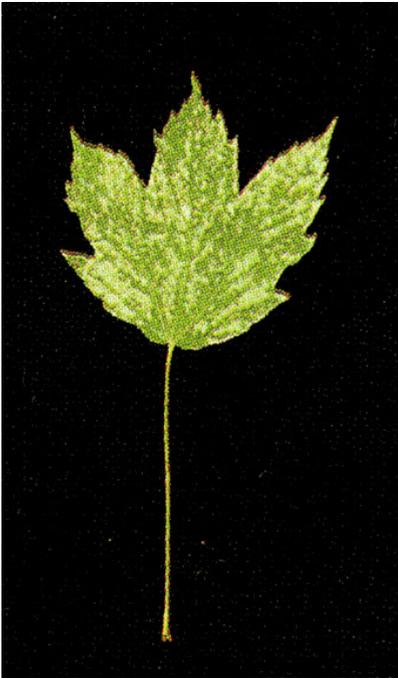


931. Durch Immissionsbelastungen geschädigter Fichtenwald (*Picea abies*) (schütterere, entnadelte Kronen der Bäume, "Kronenverlichtung").



932. Starke "Kronenverlichtung" Nadelchlorosen und -nekrosen eines Tannenbaumes (*Abies alba*) infolge von Luftverunreinigung ("saurer Regen") und Phytooxidanzien.

933. Zweig von Bergahorn (*Acer spicatum*) mit "Silberblatt"-Ausbildung infolge Schädigung durch Ozon-Immissionen.



934. Blatt von Bergahorn (*Acer spicatum*) mit "Silberblatt"-Ausbildung infolge Schädigung durch Ozon-Immissionen.



935. Ausschnitt eines Blattes von Bergahorn (*Acer spicatum*) mit "Silberblatt"-Ausbildung infolge Schädigung durch Ozon-Immissionen.



936. Tabakpflanze (*Nicotiana tabacum*) mit "Silberblatt"-Ausbildung infolge Schädigung durch Ozon-Begasung.



937. Blatt einer Tabakpflanze (*Nicotiana tabacum*) mit "Silberblatt"-Ausbildung infolge Schädigung durch Ozon-Begasung.



938. Zweigausschnitt einer Fichte (*Picea abies*) mit kleinstpunktförmigen, chlorotischen Verfärbungen, genannt "Flecking" als Ozon-Schadsymptom an Fichtennadeln.

10. Farbbilder-Autorennachweis

Aus Bergmann, W. "Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen":

11, 14, 15, 20, 21, 25, 27, 30, 32, 33, 34, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 74, 75, 76, 79, 80, 81, 83, 87, 89, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 116, 117, 129, 135, 145, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 162, 165, 166, 167, 168, 171, 173, 174, 180, 181, 183, 184, 186, 187, 188, 189, 190, 192, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 206, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 218, 220, 223, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234a, 234b, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 289, 290, 291, 292, 295, 296, 298, 306, 313, 316, 320, 321, 322, 326, 334, 336, 337, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 354, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 371, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 386, 387, 388, 389, 392, 393, 394, 396, 397, 398, 399, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 457, 458, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 497, 498, 499, 500, 502, 504, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 552, 553, 554, 555, 557, 559, 560, 564, 565, 566, 567, 568, 573, 574, 575, 576, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 597, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 615, 618, 619, 620, 621, 622, 625, 626, 628, 630, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 652, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 663, 664, 665, 667, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 684, 686, 687, 689, 692, 693, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 703, 712, 713, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 725, 726, 727, 730, 731, 735, 737, 738, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 766, 767, 769, 771, 772, 774, 775, 777, 778, 779, 780, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 790, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 849, 850, 851, 854, 855, 856, 857, 858, 860, 861, 862, 863, 873, 882, 885, 887, 888, 889, 890, 891, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 913, 914, 915, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938

Heß, H.: 1, 2, 3, 4, 16, 17, 19, 26, 118, 119, 660, 714, 715

Marks, G.: 5, 13, 28, 63, 77, 80, 86, 88, 98, 110, 111, 113, 115, 120, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 157, 163, 170, 175, 177, 184, 191, 193, 203, 299, 311, 312, 324, 332, 338, 355, 370, 372, 373, 527, 528, 531, 532, 614, 616, 617, 653, 666, 702, 704, 705, 706, 707, 724, 765, 791, 872

Viktor, K.: 729

Schröter, H.: 172

Zorn, W.: 6, 7, 8, 9, 10, 12, 18, 22, 23, 24, 29, 31, 35, 37, 44, 59, 61, 69, 70, 71, 72, 73, 77, 78, 82, 84, 85, 92, 93, 96, 99, 106, 107, 108, 109, 112, 114, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 137, 158, 159, 160, 161, 164, 169, 176, 177, 179, 182, 204, 205, 210, 217, 219, 221, 222, 224, 242, 243, 244, 257, 258, 259, 266, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 293, 294, 297, 300, 301, 302,

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2016

W. Zorn et al., *Handbuch zur visuellen Diagnose von Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen*, DOI 10.1007/978-3-662-49145-4

303, 304, 305, 307, 308, 309, 310, 314, 315, 317, 318, 319, 322, 323, 325, 327, 328, 329, 330, 331, 333, 335, 345, 353, 368, 369, 384, 385, 390, 391, 395, 400, 453, 454, 455, 456, 459, 494, 495, 496, 500, 503, 522, 523, 524, 525, 526, 529, 530, 539, 540, 548, 549, 550, 551, 556, 558, 561, 562, 563, 569, 570, 571, 572, 577, 578, 596, 598, 612, 613, 623, 624, 627, 629, 631, 632, 633, 651, 661, 662, 668, 682, 683, 685, 688, 690, 691, 694, 695, 708, 709, 710, 711, 728, 732, 733, 734, 736, 768, 773, 776, 781, 789, 804, 805, 806, 812, 814, 815, 816, 817, 818, 847, 848, 852, 853, 859, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 883, 884, 886, 892, 908, 909, 910, 911, 912, 916

11. Sachwortverzeichnis

- „alkali disease“ 13, 52
- Alkalitätsschäden 51
- Aluminium
 - , Überschuss 50
- Apikaldominanz
- , Verlust der 40
- Assimilatstau
 - , Purpurfärbung der Blätter durch 11
 - , Anthozyanfärbung durch 34 f., 49
- Auxinabbau 44
- Behebung von Ernährungsstörungen,
 - , Grundsätze 54 ff.
 - , Nährstoffmangel 54 ff.
 - , der Folgefrüchte 57 ff.
 - , während der Vegetation 55 ff.
 - , Nährstoff- und/oder Schwermetall-überschuss 58 f.
- Boden
 - , „Aziditätskomplex“ 38, 42
 - , Kalkböden 13
 - , pH-Werte 13
 - , -- hohe 13
 - , -- niedrige 13
 - , „Kalkfaktor“ 38
 - , „Kalk-Kali-Gesetz“ 38
 - , „Kalk-Magnesium-Gesetz“ 38
 - , Rhizosphären-pH-Werte 13
- Boden- und Pflanzenanalyse als Ergänzung zur visuellen Pflanzendiagnose 52 ff.
- Boden- und Pflanzenprobenahme 52 f.
- Bodenuntersuchung 52
- Bor
 - , Mangel 17, 20, 40 f.
 - , Überschuss 48 f.
- Braunfleckigkeit 41
- Braunherzigkeit 41
- Braunsteinablagerungen 50
- Calcium
 - , Mangel 17, 20, 38 f.
 - , Überschuss 48
- Chlor, Überschuss 49
- Cobalt, Überschuss 50
- Düngung
 - , Blatt- 56 f.
 - , Boden- 55, 58 f.
 - , Entzugs- 58
 - , Kopf- 55
 - , --empfohlene Düngergaben 55
 - , -- Mikronährstoff- 57 f.
 - , --- optimale Gaben 57
- Drehherzmücke 42
- Eisen
 - , Mangel 17, 19, 32 f.
 - , Überschuss 49 f.
- Eisenmangelchlorosen 32 f.
- Entnahme von Boden- und Pflanzenproben als Ergänzung zur visuellen Diagnose 52 f.
- Ernährungsstörungen
 - , abiotische Faktoren 11
 - , durch Umweltfaktoren 8 f.
 - , pH-Wert- Einfluss 12 f.
 - , phytopathogene 11
 - , Symptome 10 f.
- Fluor, Überschuss 51
- Glutathionperoxidase, Selengehalt 52
- Ionenantagonismus 15
- Kalium
 - , Mangel 17 f, 28 f.
 - , Überschuss 47 f
- „Kalkchlorose“ 32
- Kupfer
 - , Mangel 17, 20, 36 f.
 - , Überschuss 49
- Magnesium
 - , Mangel 17 f, 26 f.
 - , Überschuss 48
- Mangan
 - , Mangel 17, 19, 30 f.
 - , Überschuss 49

- Molybdän
 -, Mangel 17, 21, 42 f.
 -, Überschuss 49
 Molybdenose 13
 Moniliabefall 37
 Natrium, Überschuss 51
 N/S-Verhältnisse 34, 47, 58
 Pflanzenanalyse 52 ff.
 Pflanzendiagnose
 -, Ausbildung von Schadsymptomen 10 f.
 -, Bestimmungsschlüssel von Mangel-
 symptomen 17 ff.
 -, an älteren Blättern 18
 -, an jüngeren Blättern 19 f.
 -, und/oder älteren- 21
 -, Nährstoffmangel ähnliche Symptome 7,
 11 f.
 -, Notwendigkeit der
 -, Kombination mit Boden- und Pflanzen-
 analyse 7, 52
 -, orientierendes Diagnosesystem 17
 „Pfadanalyse“ 17
 Phosphor
 -, Mangel 17 f, 24 f.
 -, Überschuss 47
 Pflanzen, „säuretolerante“ 13
 „physiologische Vertrocknung“ 51, 59
 „Rauchgasschäden“ 47
 Saatgutinkrustierung 58
 Salzsäuren 47, 49, 51, 59
 -, durch Streusalze 29
 „Saurer Regen“ 47, 51
 Säurekomplex 50
 Säureschäden 12, 27, 38, 57
 Schadsymptome
 -, Entstehung 6, 10 f.
 -, „Blattrand- und Innenblattnekrosen“ 20,
 38 f., 49
 -, „Blattrandverbrennungen“ 28, 49, 51
 -, „Blau- oder Schwarzfleckigkeit“ 18, 29
 -, „Blütenendfäule“ 20, 39
 -, „Blütenwelke“ 20, 40
 -, „Braunfleckigkeit“ (bronzing) von
 Sumpfreis 49
 -, „Braunherzigkeit“ 41
 -, „Dörrfleckenkrankheit“ 30
 -, durch Nährstoffmangel 10 ff.
 -, - Mineralstoffüberschuss 46 ff.
 -, - Pflanzennährstoffe 47 ff.
 -, - Schwermetalle und andere Elemente
 50 ff.
 -, „Durchrieseln der Gescheine“ 41
 -, „Farnblättrigkeit“ der Kartoffeln 44
 -, „Flaggentypus“ 28
 -, „Fleischbräune“ 39
 -, „Gelb- oder Goldspitzigkeit“ 27
 -, „Gelbblaugigkeit“ 32
 -, „gelbweiße Blüten“ 35
 -, „gestauchtes Internodienwachstum“ 44f.
 -, „Glasigkeit“ 41
 -, „Grünfleckigkeit“ bei Birnen 39
 -, „Heidemoorkrankheit“ 36
 -, „Herz- und Trockenfäule“ 41
 -, „Hexenbesenbildung“ 20, 41
 -, „Hohlfleckigkeit“ bei Möhren 39
 -, „Hohlherzigkeit“ 29
 -, „Huhn- und Kückenkrankheit“ der
 Trauben 41
 -, „Hyperchlorophyllierung“ 24
 -, „Storchennestbildung“ 11, 20, 41
 -, „Symptom-Syndrom“ 15
 -, „innere und äußere Korkfleckigkeit“ bei
 Äpfeln und Birnen 41
 -, „Kalkchlorose“ 32
 -, „Kleinblättrigkeit“ 44 f.
 -, „Klemmherzigkeit“ 21, 42
 -, „Kräuselblättrigkeit“ (crinkle leaf) 49
 -, „Kräuselkrankheit des Hopfens“ 44
 -, „Löffelbildung der Blätter“ 35
 -, „neuartige Waldschäden“ 27, 34
 -, „Marmorierung perlschnurartig“ 26
 -, „Marschfleckigkeit“ 31
 -, Mischsymptome 12
 -, „multiple“ 12
 -, „nadelbaumähnliches Adermuster“ 30
 -, „Pinselkrankheit“ 26
 -, „Peitschenstiel“ (whiptail)-Erkrankung
 21, 42
 -, „Pendulaform“ 20, 37
 -, „Pollensterilität“ 36
 -, „Primärsymptome“ 15
 -, Regeln zur Erkennung 15 ff.
 -, „Rosettenbildung“ 21, 44
 -, „Rot- und Rotbraunspitzigkeit“ 29
 -, „Schiffchen“ oder „Löffelform“ 51
 -, „Schlangentriebe“ 37
 -, „Schlechtwetterchlorose“ 32
 -, „Schwarzherzigkeit“ bei Sellerie 39
 -, „Sekundärsymptome“ 15
 -, „Sichelform“ 28
 -, „Sitzenbleiben“ 35, 41, 44
 -, „Sommersterben“ 32
 -, „Sommersterben der Zweigenden“ 45
 -, „Sommervertrocknung“ 37
 -, „Spitzen- oder Wipfeldürre“ 11, 37
 -, „Spitzenwelke“ 36

- „Stängelabknicken“ 38
- „Stängelweiche“ 38
- „Starrtracht“ 23 f., 34 f.
- „Stiellähme der Trauben“ 27
- „Stippigkeit“ bei Äpfeln 20, 39
- „Tigerung“ 26
- „Trauerform“ 28
- „Überlastungschlorose“ 32
- „Urbarmachungskrankheit“ 36
- „Verbrennungen der Blätter“ 51, 59
- „Verdichtungschlorose“ 32
- „Verkahlen der Zweige“ 26
- „Wegweiserstellung“ 36
- „Welketracht“ 18, 28, 36
- „Weidenköpfe und Hexenbesen“ bei
Reben und Bäumen 41
- „Weißährigkeit“ 36
- „Weißfleckigkeit“ 28
- von Zuckerrüben 44
- „Weißknospigkeit“ 44
- „Weißspitzigkeit“ 36
- „Wintersterben“ 33
- „Wintersterben der Zweige“ 45
- „Zwergwuchs“ 23 f.
- Selen
 - Überschuss 52
 - wirksam als Antioxidants 52
- Stickstoff
 - Mangel 18, 19
 - Überschuss 47
- Schwefel
 - Mangel 17, 19, 34 f.
 - Überschuss 47
- Schwermetalle (Cd, Cr, Hg, Pb),
Überschuss 51
- Schwermetalltoxizität 12, 52
- „Verdichtungschlorose“ 32
- Vanadium, Überschuss 51
- Wurzeln, Reduktionskapazität der 13
- Zink
 - Mangel 17, 21, 44 f
 - Überschuss 50

12. Bildverzeichnis nach Pflanzenarten und Ernährungsstörungen

Die Zahlen entsprechen den Bildnummern

Einfache Nennung des Elementes = Nährstoffmangel;

Nennung des Elementes mit Zusatz „+“ = Überschuss.

- Ackerbohne (*Vicia faba*)
- N: 29
 - Mg: 348, 355
 - Fe: 658
 - Zn: 827, 828, 829
- Ahorn (*Acer campestre*)
- N: 52
 - K: 253
 - Mg: 419
 - Salzsäuren: 886, 887
- Alpenveilchen (*Cyclamen persicum*)
- P: 103
 - B: 514
 - B+: 554
 - Zn+: 863
- Anthurie (*Anthurium andraeanum*)
- B+: 558
 - Mn+: 817
- Apfel (*Malus domestica*)
- N: 42, 43
 - N+: 65
 - K: 231, 233,
 - Ca: 312
 - Mg: 404, 405, 406
 - B: 498, 501, 502, 503
 - Cu: 634, 635
 - Fe: 679, 680, 681, 682
 - Mn: 775
 - Zn: 842, 843, 844, 845
 - Salzsäuren: 874
 - Immissionsschäden: 924, 926
- Aprikose (*Prunus armeniaca vulgaris*)
- K: 234, 235
 - Fe: 673
 - Mn: 779
- Artischocke (*Cynara scolymus*)
- K: 216
- Bergahorn (*Acer spicatum*)
- Immissionsschäden: 933, 934, 935
- Bergkiefer (*Pinus montana*)
- K: 265
 - Kalk: 339
- Mg: 425
- Birne (*Pyrus communis*)
- S: 151
 - B: 499, 500
 - Fe: 683
 - Immissionsschäden: 925
- Blumenkohl (*Brassica oleracea var. botrytis*)
- N+: 61
 - P: 97
 - K: 198, 199, 200
 - Ca: 283, 284, 285, 286
 - Mg: 376, 377, 378
 - B: 474, 475, 476, 477, 478, 479
 - Mo: 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584
- Bougainvillea (*Bougainvillea*)
- Mn: 791
- Brennnessel (*Urtica dioica*)
- Schwermetalle: 916
- Brokkoli (*Brassica oleracea var. italica*)
- S: 138, 139
- Brombeere (*Rubus fruticosus*)
- Fe: 690, 691, 692
 - Immissionsschäden: 920
- Buche (*Fagus sylvatica*)
- K: 247
- Buddleia (*Buddleja davidii*)
- Fe: 705
- Buschbohne (*Phaseolus vulgaris*)
- S: 143
 - Mg: 393
 - Fe: 665
- Buschbohne (*Phaseolus vulgaris*)
- Mn: 755, 756, 757, 758
 - Mn+: 809, 810
 - Zn: 823, 824
 - Schwermetalle: 896, 897, 899, 902, 903
- Chicorée (*Cichorium endivia*)
- K: 219
 - Ca: 307
 - Kalk: 335

- B: 482
- Chinakohl (*Brassica rapa* spp. *pekinensis*)
- Ca: 308, 309, 310
- B: 494, 495, 496
- Chrysantheme (*Chrysanthemum indicum*)
- B: 507, 508
- B+: 549, 550, 551
- Cu: 625
- Fe: 696, 697, 698
- Zn+: 864
- Salzsäuren: 878, 879
- Schwermetalle: 904
- Douglasie (*Pseudotsuga taxifolia*)
- N: 53
- Edelkastanie (*Castanea sativa*)
- Mg: 421
- Fe: 712, 713
- Eberesche (*Sorbus aucuparia*)
- K: 256
- Erbse (*Pisum arvense*)
- Mn: 752, 753, 754
- B: 465
- Cu+: 646
- Erdbeere (*Fragaria*)
- Fe: 687, 688
- Erle (*Alnus glutinosa*)
- P: 102
- K: 252
- Mg: 420
- Fe: 717
- Fenchel (*Foeniculum vulgare*)
- Ca: 282
- Fichte (*Picea abies*)
- N: 55
- K: 260, 261, 262, 263
- Ca: 316
- Kalk: 338
- Mg: 428
- Cu: 639, 640
- Mn: 793
- Salzsäuren: 891
- Immissionschäden: 918, 927, 928, 931, 938
- Flamingoblume (*Anthurium scherzerianum*)
- K: 240
- Flieder (*Syringa vulgaris*)
- K: 245
- Fe: 711
- Forsythie (*Forsythia suspensa*)
- Fe: 706, 707
- Gerbera (*Gerbera jamesoni*)
- K: 242
- B: 511, 512
- Mo: 595, 596
- Cu: 626, 627
- Cu+: 866
- Fe: 699, 700
- Mn: 784
- Zn+: 865, 866
- Gerste (*Hordeum vulgare*)
- N: 2, 8
- P: 69
- S: 113, 114
- K: 157 158, 159
- Kalk: 317, 318, 319, 322, 323, 325
- B+: 520, 521, 522, 523, 524, 525
- Cu: 610, 611, 612, 613, 614
- Cu+: 643
- Mn: 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738
- Mn+: 797, 798
- Zn+: 859
- Gladiole (*Gladiolus*)
- Mo: 598
- Gliederkaktus (*Phyllocactus*)
- Mn+: 815
- Gräser
- Cu: 615
- Grünkohl (*Brassica oleracea* var. *acephala*)
- Mg: 379
- Grünland
- K: 164
- Gurke (*Cucumis sativus*)
- N: 41
- N+: 57, 58, 59, 60
- P: 94, 95, 96
- P+: 107, 108, 109
- K: 209
- Ca: 301, 302, 303, 304
- Mg: 389, 390, 391, 392
- B: 490, 491
- B+: 542, 543
- Fe: 664
- Mn: 769, 770
- Mn+: 811
- Zn: 839, 840, 841
- Salz: 873
- Schwermetalle: 910
- Hafer (*Avena sativa*)
- N: 4, 5, 6, 7
- P: 67, 68
- S: 111, 112
- K: 155, 156
- Mg: 341, 344
- Cu: 605, 606, 607, 608, 609

- Cu+: 641, 642
- Mn: 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728
- Schwermetalle: 900
- Hanf (*Cannabis sativa*)
- K: 197
- Hibiscus (*Althaea officinalis*)
- Fe: 704
- Hopfen (*Humulus lupulus*)
- Mg: 395, 396
- Zn: 830, 831, 832, 833, 834, 835
- Hortensie (*Hydrangea hortensia*)
- Fe: 702, 703
- Japanische Lärche (*Larix leptolepis*)
- N: 54
- Japanische Scheinquitte (*Choenomeles speciosa*)
- Fe: 714, 715
- Johannisbeere (*Ribes rubrum*)
- N: 44
- K: 237, 238
- Fe: 689
- Zn: 849, 850
- Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*)
- S: 150
- Mg: 410, 411
- Mn: 411, 785
- Kartoffel (*Solanum tuberosum*)
- N 19, 20,
- P: 90, 91, 92, 93
- S: 128
- K: 167, 168, 169, 170, 171, 172
- Ca: 271, 272
- Mg: 349, 350, 351, 352, 353
- B: 448, 449, 450, 451, 452
- B+: 534, 535, 536
- Cu+: 650
- Mn: 745, 746, 747, 748
- Mn+: 799, 800, 801
- Zn: 826
- Schwermetalle: 894, 906
- Immissionschäden: 923
- Kastanie (*Aesculus hippocastanum*)
- K: 257
- Salzschaeden: 882, 883
- Kiefer (*Pinus sylvestris*)
- N: 56
- P: 105
- K: 266, 267, 268
- Mg: 424
- Fe: 720
- Mn: 794
- Salzschaeden: 888
- Immissionschäden: 922
- Kirsche (*Prunus avium*)
- Mg: 407, 408, 409
- Fe: 670, 671
- K: 232
- Mn: 778
- Zn: 846, 847, 848
- Knaulgras (*Dactylis glomerata*)
- S: 135, 136
- K: 165, 166
- Cu+: 644
- Kohlrabi (*Brassica oleracea var. gangylodes*)
- K: 202
- Mg: 380
- Mo: 590
- Kohlrübe (*Brassica napus var. napobrassica*)
- N: 21
- K: 218
- B: 447
- Lärche (*Larix decidua*)
- Mg: 426
- Cu: 637
- Lebensbaum (*Thuja orientalis*)
- K: 258, 259
- Lein (*Linum usitatissimum*)
- N: 27
- P: 89
- S: 134
- K: 195, 196
- Ca: 270
- Mg: 370, 371
- B: 463, 464
- Cu: 619
- Linde (*Tilia platyphyllos*)
- Mg: 413
- Salzschaeden: 884, 885
- Immissionschäden: 919, 921
- Lupine (*Lupinus angustifolium und Lupinus luteus*)
- Ca: 281
- Mg: 362, 363, 364
- Fe: 660, 661, 662
- Luzerne (*Medicago sativa*)
- N: 31
- K: 187, 188
- Kalk : 330, 331, 332
- B: 468, 469
- Mo : 564, 565, 566
- Cu+ : 652
- Fe: 657
- Mn: 749

Mais (*Zea mays*)

- N: 12, 13, 14, 15
- P: 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80
- S: 115, 116, 117
- K: 160, 161, 162, 163, 164
- Ca: 269
- Kalk: 321, 326, 327, 328
- Mg: 346, 347
- B: 432, 433, 434
- B+: 526, 527, 528, 529, 530
- Cu: 616, 617, 618
- Fe: 653, 654
- Mn: 739, 740, 741
- Zn: 819, 820, 821, 822
- Zn+: 860
- Schwermetalle: 911, 913, 914, 915
- Mandarinbaum (*Citrus reticulata*)
- Zn: 855, 856, 857
- Markstammkohl (*Brassica oleracea* var. *medullosa*)
- N: 32
- Mirabelle (*Prunus domestica syriaca*)
- Mn: 780
- Möhre (*Daucus carota*)
- P: 98
- S: 147
- K: 203, 204, 205
- Mn: 762
- Schwermetalle: 901
- Mohn (*Papaver somniferum*)
- Ca: 277
- B: 466, 467
- Monterey-Kiefer (*Pinus radiata*)
- B: 517, 518, 519
- Cu: 638
- Fe: 721
- Zn: 858
- Nelke (*Dianthus caryophyllus*)
- K: 241
- Ca: 314, 315
- Mo: 597
- Omorikafichte (*Picea omorica*)
- Mg: 427
- Salzsäuren: 889, 890
- Pappel (*Populus nigra*)
- K: 254
- Kalk: 336
- Mg: 417, 418
- B: 515, 516
- Fe: 719
- Mn: 792
- Paprika (*Capsicum annum*)
- S: 146

- Ca: 298, 299, 300
- B: 488, 489
- Mn: 773
- Pelargonie (*Pelargonium zonale*)
- Fe: 701
- Schwermetalle: 905
- Petunie (*Petunia*)
- Fe: 708, 709, 710
- Mn: 789
- Pfirsich (*Prunus persica vulgaris*)
- S: 152
- K: 236
- Fe: 675, 676, 677, 678
- Mn: 781
- Pflaume (*Prunus domestica*)
- B+: 548
- Mn: 776, 777
- Phacelia (*Phacelia tanacetifolia*)
- Kalk: 333
- Salzsäuren: 873
- Philodendron (*Monstera*)
- B+: 552, 553
- Phönixpalme (*Phoenix canariensis*)
- Cu: 629
- Porree (*Allium porrum*)
- S: 149
- Primel (*Primula vulgaris*)
- K: 243, 244
- B+: 557
- Cu: 630, 631, 632, 633
- Salzsäuren: 875, 876, 877
- Quitte (*Cydonia oblonga*)
- Fe: 716
- Raps (*Brassica napus oleifera*)
- N: 22, 23, 24, 25, 26,
- N+: 63
- P: 85, 86
- S: 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127
- K: 177, 178, 179, 180, 181, 182
- Ca: 275, 276
- Kalk: 329
- Mg: 365, 366, 367, 368, 369
- B: 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459
- Mo: 562, 563
- Cu+: 645
- Mn+: 802, 803, 804
- Schwermetalle: 895
- Rettich (*Raphanus sativus*)
- K: 206
- Rhododendron (*Rhododendron simsii*)
- Cu: 628
- Mn: 787, 788

- Rhododendron (*Rhododendron simsii*)
 - Mn+: 818
- Robinie (*Eulecanium corni pseudoacacia*)
 - K: 251, 252
- Roggen (*Secale cereale*)
 - N: 3, 9
 - P: 66
 - P+: 106
 - Fe+: 106
 - Mg: 340, 343
 - Mo: 561
- Rosen (*Rosa*)
 - P: 104
 - K: 239
 - B: 509, 510
 - B+: 555, 556
 - Mo: 594
 - Cu: 622, 623, 624
 - Fe: 693, 694, 695
 - Mn+: 816
 - Salzsäuren: 880, 881
- Rosenkohl (*Brassica oleracea gemmifera*)
 - N: 40
 - Ca: 287, 288
 - Mo: 585, 586, 587, 588, 589
- Rotbuche (*Fagus sylvatica*)
 - N: 50
 - Mg: 415
 - B+: 559, 560
 - Cu: 636
- Rotklee (*Trifolium pratense*)
 - S: 131
 - K: 183, 184, 185, 186
 - Ca: 280
 - Mg: 359
 - B: 470, 471
 - Mo: 567
 - Mn: 750
 - Mn+: 807, 808
- Rote Rübe (*Beta vulgaris var. conditiva*)
 - B: 472, 473
 - Mn: 763, 764
- Rüben (*Beta vulgaris saccharifera* und *Beta vulgaris*)
 - N: 16, 17, 18,
 - P: 81, 82, 83, 84
 - S: 129, 130
 - K: 173, 174, 175, 176
 - Mg: 356, 357, 358
 - B: 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441,
 442, 443, 444, 445, 446
 - B+: 533
 - Mo: 568, 569, 570
- Rüben (*Beta vulgaris saccharifera* und *Beta vulgaris*)
 - Cu+: 647, 648, 649
 - Fe: 655, 656
 - Mn: 742, 743, 744
 - Mn+: 805, 806
 - Schwermetalle: 893, 907, 909
- Salat (*Lactuca sativa var. capitata*)
 - N: 38
 - N+: 62
 - K: 210
 - Ca: 305
 - Mg: 381
 - B: 483, 484
 - B+: 544
 - Mo: 591, 592
 - Mn: 772
 - Salzsäuren: 871, 872
- Sauerkirsche (*Prunus cerasus*)
 - Fe: 669, 672
- Schilfrohr (*Phragmites australis*)
 - B+: 531, 532
- Schnittlauch (*Allium schoenoprasum*)
 - K: 217
- Sellerie (*Apium graveolens*)
 - N: 39
 - S: 144, 145
 - K: 207, 208
 - Ca: 306
 - Mg: 386, 387, 388
 - B: 480, 481
- Senf (*Sinapis alba*)
 - Ca: 273, 274
 - B+: 541
- Soja (*Glycine max*)
 - Mg: 354
- Sonnenblume (*Helianthus annuus*)
 - N: 28
 - P: 87, 88
 - S: 132, 133
 - K: 191, 192, 193, 194
 - Ca: 278, 279
 - Mg: 372, 373, 374, 375
 - B: 460, 461, 462
 - B+: 537, 538, 539, 540
 - Cu: 620, 621
 - Fe: 659
 - Mn: 759, 760, 761
 - Zn: 825
- Spinat (*Spinacia oleracea*)
 - N: 37
 - Mo: 571, 572, 573, 574
 - Mn: 771

Stieleiche (*Quercus robur*)

- Schwermetalle: 917

Tabak (*Nicotiana tabacum*)

- N: 30, 100

- P: 100

- K: 220, 221

- Ca: 313

- Mg: 394

- B: 492, 493

- Mo: 593

- Fe: 663

- Mn: 774

- Immissionsschäden: 936, 937

Tanne (*Abies alba*)

- K: 264

- Mo: 599

- Mn: 795, 796

- Immissionsschäden: 932

Thuja (*Thuja*)

- K: 258, 259

- Salzscha-den: 892

Tomate (*Lycopersicum esculentum*)

- N: 33, 34, 35, 36

- N+: 64

- P: 99

- K: 211, 212, 213, 214, 215

- Ca: 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295,
296, 297

- Mg: 382, 383, 384, 385

- B: 485, 486, 487

- B+: 545, 546, 547

- Cu+: 651

- Fe: 666, 667

- Mn: 765, 766, 767, 768

- Mn+: 813

- Zn: 836, 837, 838

- Schwermetalle: 898, 908

Traubeneiche (*Quercus sessiliflora*)

- N: 51

- K: 248, 249, 250

- Kalk: 337

- Mg: 414, 416

- Mn: 729, 730, 731

- Salzscha-den: 869, 870

- Schwermetalle: 912

Weymouthskiefer (*Pinus strobus*)

- Mg: 422, 423

- Immissionsschäden: 929, 930

Wirsing (*Brassica oleracea* spp. *bullata*)

- S: 14, 142

- Fe: 668

Zimmerlinde (*Sparmannia africana*)

- Mg: 412

Zinnie (*Zinnia elegans*)

- Zn: 854

Zwiebel (*Allium cepa*)

- S: 148

- Ca: 311

Zwetschke (*Prunus domestica*)

- B: 497

- Fe: 674