



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](http://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

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b> .....	5
<b>2.</b>	<b>Erkennen von Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen</b> .....	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
<b>3.</b>	<b>Einfacher Schlüssel zur Bestimmung von Nährstoffmangelsymptomen bei Kulturpflanzen</b> .....	16
<b>4.</b>	<b>Ergänzende Hinweise zum Auftreten von Nährstoffmangelsymptomen</b> .....	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
<b>5.</b>	<b>Erkennen von Schadsymptomen ausgelöst durch Mineralstoffüberschuss</b> .....	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



<b>6.</b>	<b>Entnahme von Boden- und Pflanzenproben zur Analyse als Ergänzung zur visuellen Diagnose</b> .....	52
<b>7.</b>	<b>Grundsätze für das Beheben von Ernährungsstörungen</b> .....	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
<b>8.</b>	<b>Weiterführende Literatur</b> .....	61
<b>9.</b>	<b>Bildteil</b> .....	63
<b>10.</b>	<b>Farbbilder-Autorennachweis</b> .....	361
<b>11.</b>	<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	362
<b>12.</b>	<b>Bildverzeichnis nach Pflanzenarten und Ernährungsstörungen</b> .....	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.

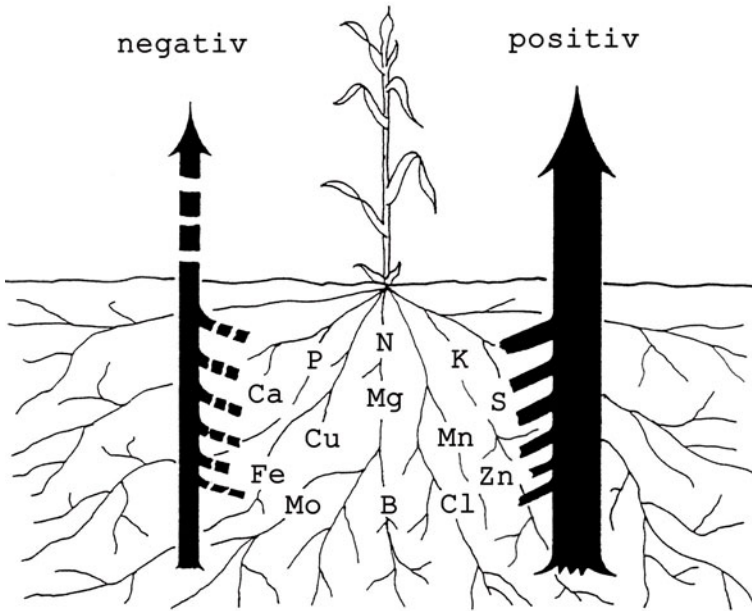
Außerdem muss darauf hingewiesen werden, dass phytopathogene (tierische Schädlinge, Pilze, Bakterien, Viren), umweltbedingte (niedrigere Temperaturen, Trockenheit, Staunässe, Wind, schlechte Bodenstruktur etc.) und anthropogene (Herbizid- und Pflanzenschutzmittelspritzungen, Wuchsstoff- und Wachstumsregleranwendungen, 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, CO<sub>2</sub>-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
- CO<sub>2</sub>-, Bikarbonatanreicherung
- O<sub>2</sub>-Mangel
- gehemmtes Wurzelwachstum
- Mäusefraß, Nematodenbefall und andere phytopathogene Schädigungen der Wurzeln und der Leitgefäße

- hohe Transpiration der Pflanzen
- gute Bodenstruktur und O<sub>2</sub>-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 (**“Spitzendürre“**);
- 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  $\text{Al}^{3+}$ -,  $\text{Mn}^{2+}$ -, 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.  $\text{NH}_4^+$ - oder  $\text{NO}_3^-$ -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  $\text{NH}_4$ -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 Symptombildung 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).

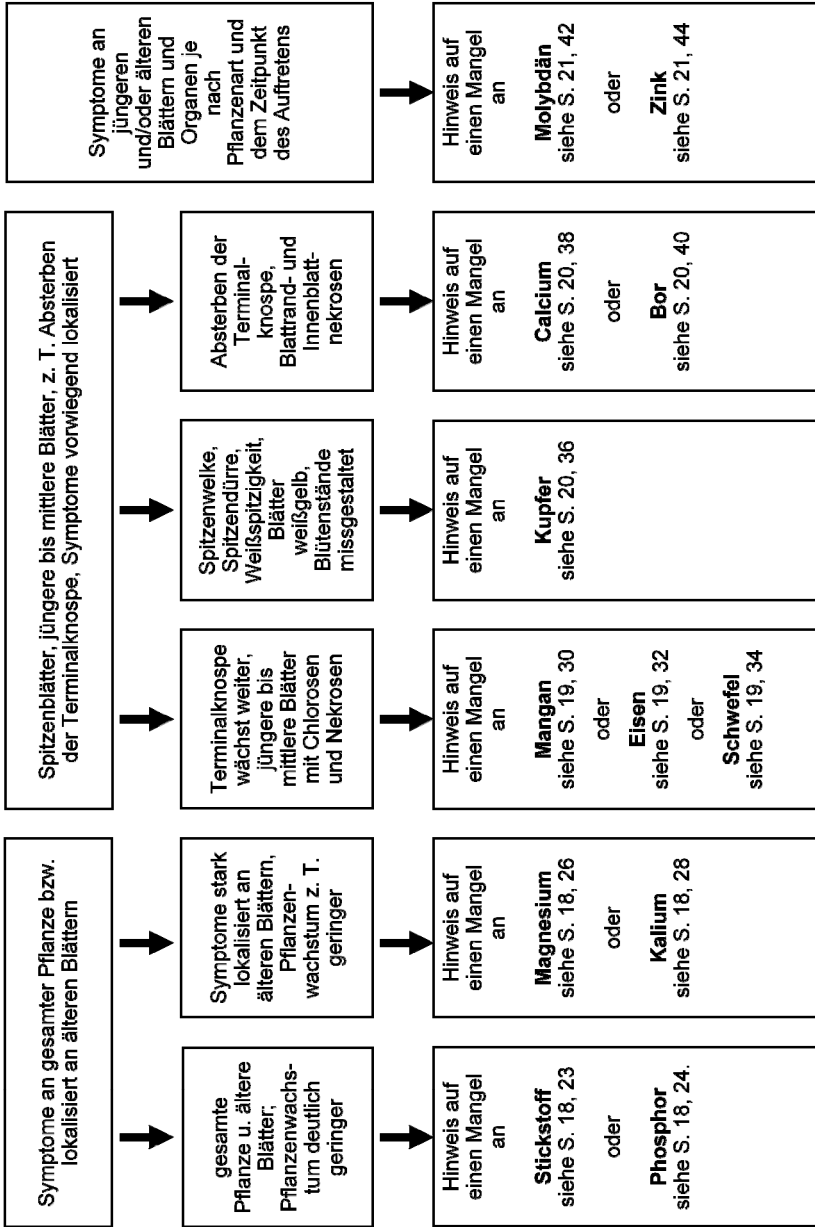
Im nachfolgenden Diagnoseschlüssel werden unterschieden:

- 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:
<b>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;</b>	
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.
<b>Symptome meistens lokalisiert; chlorotische Fleckenbildung mit oder ohne Nekrosen bzw. abgestorbene Zonen an den Basalblättern; mit oder ohne Absterben der Basalblätter;</b>	
<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 <b>“Blau- oder Schwarzfleckigkeit“</b></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:
<b>Terminalknospe wächst gewöhnlich weiter; Welken bzw. Chlorose der jüngeren oder Knospenblätter mit oder ohne Nekrosen; Adern hell- oder dunkelgrün;</b>	
<b>Junge Blätter nicht verwelkt; Chlorosen mit oder ohne Nekrosen über Basalteil oder das ganze Blatt verteilt;</b>	
<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.
<b>Jüngste Blätter zeigen Chlorosen, meist ohne Nekrosen; Adern entweder hell- oder dunkelgrün; z. T. Adern ebenfalls chlorotisch;</b>	
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 (<b>“Pendulaform“</b>)</p>	<p>Kupfer <b>(Cu)</b> siehe auch S. 36 f.</p>
<p><b>Nach dem Erscheinen von Verformungen an den jüngsten Blättern, von der Spitze oder vom Basalende beginnend, Absterben der Terminalknospen;</b></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; <b>“Blütenendfäule“</b> bei Früchten; <b>“Stippigkeit“</b> bei Äpfeln; <b>“Blattrand- und Innenblattnekrosen“</b> bei Gemüsepflanzen;</p>	<p>Calcium <b>(Ca)</b> 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 <b>“Herz- und Trockenfäule“</b>; in Stängeln und Strünken hohle Stellen; bei Obstbäumen <b>“Blütenwelke“</b>, <b>“Hexenbesenbildung“</b>; bei Nadelbäumen <b>“Storchennestbildung“</b>;</p>	<p>Bor <b>(B)</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**

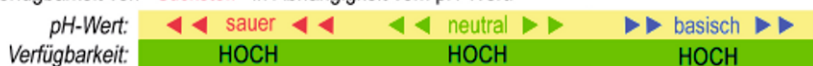
	Mangel an:
<p>N-Mangel ähnliche Symptome bei Leguminosen;  blassgrüne oder gelbfleckige Blätter bei anderen Kulturpflanzen;  Blattspitzen und Blattränder mit Nekrosen nach hohen N-Gaben;  Graugrün- bis Blaugrünfärbung von Blattflächen bei Brassica-Arten;  gescheckte und an den Rändern aufgerollte, gekräuselte Blätter mit reduzierter Blattspreite; chlorotische und nekrotische Flecken;  Mittelrippen wachsen oft allein mit stark reduzierten oder ohne Blattspreiten;  <b>“Peitschenstiel“</b>- oder <b>“whiptail“</b>-Erkrankung bei Blumenkohl;  Vegetationspunkt stirbt unter Verdrehen der Herzblätter ab;  <b>“Klemmherzigkeit“</b> bei Blumenkohl;  Symptome überwiegend an jüngeren Blättern;</p>	<p>Molybdän  <b>(Mo)</b>  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 (<b>“Zwergwuchs“</b>) mit büschelartig angeordneten Blättern (<b>“Rosettenbildung“</b>)  Dikotyle Pflanzen mit kurzen Internodien; gestauchter Spross;</p>	<p>Zink  <b>(Zn)</b>  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;