



MERKBLÄTTER
DER FORSTLICHEN VERSUCHS- UND
FORSCHUNGSANSTALT
BADEN-WÜRTTEMBERG

1992

Nr.42

**Magnesium-, Calcium
und Kaliummangel bei Waldbäumen -
Ursachen, Symptome, Behebung**
von F. H. Evers, Freiburg und R. F. Hüttl, Kassel

Magnesium-, Calcium- und Kaliummangel bei Waldbäumen - Ursachen, Symptome, Behebung

Von F. H. Evers, Freiburg, und R. F. Hüttl, Kassel

1 Allgemeines

Im Zusammenhang mit dem Auftreten der sogenannten neuartigen Waldschäden sind u. a. auch Störungen im Nährstoffhaushalt der Bäume in den Vordergrund des Interesses gerückt. Diskutiert werden vor allem die Nährelemente Magnesium (Mg), Calcium (Ca) und Kalium (K). So ist zum Beispiel die Erkrankung der Fichte auf basenarmen Standorten in den höheren Lagen einiger Mittelgebirge oft mit akutem Mg-Mangel und schwacher Calciumversorgung verbunden. Auf lehmigen, tonhaltigen sowie auf organischen Böden tritt häufig K-Mangel auf. Mit Hilfe historischer Analysen-Vergleiche konnte belegt werden, daß sich der Versorgungsgrad von Fichten, Tannen und auch Buchen mit den basischen Kationen Mg^{2+} , Ca^{2+} und K^+ in den letzten Jahrzehnten auf vielen Standorten verschlechtert hat.

2 Calcium-Mangel

Ca-Mangelsymptome sind bei Waldbäumen -außer bei Gefäßkulturversuchen unter naturfremden Extrembedingungen - bisher nicht bekannt. Das beruht darauf, daß Calcium vor allem für die Bodengesundheit und Bodenfruchtbarkeit von entscheidender Bedeutung ist. Bei Calcium-Mangel im Boden besteht meistens eine hohe Versauerung, mit allen Folgen für das Bodenleben und die Bodenstruktur. Da die Versauerung auch zu allgemeinem Nährstoffmangel führt, zeigt sich der Calciummangel daher in der Regel als unspezifischer Versorgungsmangel. Auf Calciummangel kann daher nicht weiter eingegangen werden. Schwächen in der Calcium-Versorgung der Waldbestände sind im übrigen oft eine Begleiterscheinung bei Magnesium- oder Kaliummangel auf sauren Böden. In diesen Fällen muß auch Calcium (in Form von Kalk) mit der Düngung verabreicht werden.

3 Magnesium-Mangel

Magnesium-Mangel kann auf verschiedenen Böden, vor allem auf diluvialen, sandigen, stark ausgewaschenen und versauerten Böden auftreten. Auch auf Böden aus sauren Ausgangsmaterialien wie kristalline Gesteine (Granit, Gneis, Quarzit, Phyllit, Rhyolit) und Sandsteine (Buntsandstein, Kreidesandstein, Keupersandstein, Grauwacken) ist mit Mg-Mangel zu rechnen. Dies gilt auch für saure nährstoffarme Moorböden.

Neben niedrigen Mg-Gehalten im durchwurzelt Solum kann Mg-Mangel auch durch hohe Gehalte konkurrierender Ionen wie Al^{3+} und NH_4^+ induziert werden.

Die Mg-Ionen sind in der Pflanze leicht beweglich. Reicht die Mg-Aufnahme über die Wurzeln nicht mehr aus, so wird Mg aus den älteren Blättern ausgelagert und in jüngere Organe transportiert. Durch die Mg-Verlagerung aus älteren Blättern und Nadeln kommt es dort schließlich zum Chlorophyllabbau. Charakteristische Magnesiummangelsymptome treten dann auf.

3.1 Mg-Mangelsymptome bei Laubbäumen

Bei verschiedenen Laubbäumen wie Buche und Eiche finden sich an den älteren Blättern zunächst fleckige gelbliche Interkostalchlorosen, die rasch zusammenfließen und sich keilförmig zwischen den Hauptadern, die einen grünen Saum behalten, zum Stielansatz verschieben (s. Abb. 1 und 2). Im weiteren Verlauf kann es zum Auftreten von braunen Nekrosen kommen (s. Abb. 3). Ältere, aber noch



Abb. 1 △

▽ Abb. 2



Abb. 3



nicht vertrocknete Blätter können abgestoßen werden, wodurch es oft zu vorzeitigem Blattverlust kommt. Die jüngeren Blätter bleiben zunächst grün.

3.2 Mg-Mangelsymptome bei Nadelbäumen

Bei Nadeln von Koniferen beginnt die Chlorose an der Nadelspitze und breitet sich zur Nadelbasis hin aus. Die Vergilbung beginnt an den Nadeln der älteren Jahrgänge meist im mittleren Kronenbereich der Bäume (s. Abb. 4). Die Verfärbungssymptome treten vornehmlich an den Nadeln bzw. Zweigseiten auf, die direkt der Lichteinstrahlung ausgesetzt sind. Später werden die stark vergilbten Nadeln meist nekrotisch und fallen schließlich ab. In bestimmten Fällen ist aber auch ein natürliches Wiederergrünen vergilbter Nadeln möglich. Die jüngsten Triebe bleiben bei mäßigem Mangel grün (s. Abb. 5). Bei anhaltendem Mg-Mangel greift die

Abb. 4



Abb. 5

Verfärbung jeweils auf den nächsten noch grünen Nadeljahrgang über, wenn die neuen Triebe im Frühjahr gebildet werden. Das Höhenwachstum mäßig vergilbter Fichten scheint nicht reduziert zu sein. Jahringanalysen aber zeigen bei vergilbten Fichten einen im Vergleich zu symptomfreien Bäumen reduzierten Zuwachs. Die stärksten Nadelverluste treten häufig im mittleren Kronenbereich auf und führen zum Bild des "sub-top-dying" (s. Abb. 6). Schließlich sterben die Bäume ab. Dies geschieht häufig im Zusammenwirken mit Frost, Trockenheit, Schädlings- oder Nadelpilzbefall.

4 Kalium-Mangel

Kaliummangel kann auf leichten, sauren Böden mit geringer Kationenaustausch-Kapazität und Basensättigung auftreten. Auch Böden mit hohen Gehalten an Dreischicht-Tonmineralien, die z. B. aufgrund vorangegangener landwirtschaftlicher Nutzung Zwischenschicht-Kalium verloren



Abb. 6

haben, neigen aufgrund der K-Fixierung zu K-Mangel. Auf organischen Böden mit geringer K-Sorption und ohne entsprechende K-Nachlieferung kann K-Mangel ebenfalls auftreten. Obwohl die K-Ionenaufnahme zum Teil aktiv von der Pflanze bewerkstelligt wird, spielt der Massenfluß eine wichtige Rolle. Deshalb ist die K-Aufnahme bei Austrocknung der Böden erheblich erschwert, so daß selbst bei vergleichsweise hohen verfügbaren Boden-K-Gehalten nach längeren Trockenperioden K-Mangelsymptome anzutreffen sind.

Durch hohe Ca-Gehalte im Boden kann die Kalium-Aufnahme der Pflanzen nachteilig beeinflusst werden. Dies ist der sogenannte Kalium-Calcium-Antagonismus. Hohe NH_4 -Gehalte behindern die K-Verfügbarkeit ebenfalls.

Auch Stukturschwächen des Bodens, die

vermutlich auf Aggregatalterungen

beruhen und zu Oberflächenverarmungen der Austauschsubstanzen an Kalium führen, bewirken - speziell auf lehmigen Böden - zuweilen eine mangelhafte Kaliumversorgung.

4.1 K-Mangelsymptome bei Laubbäumen

Es bilden sich hellbraune bis dunkelbraune Nekrosen entlang der Blattspitzen und der Blattränder (s. Abb. 7 und 8). Chlorotische Aufhellungen können vorausgehen. Unmittelbar an das abgestorbene Gewebe kann gesund aussehendes Gewebe angrenzen. Neben den Spitzen- und Randnekrosen können sich chlorotische Aufhellungen zwischen den Adern zeigen (s. Abb. 8 und 9). Zuvor erscheinen die Blätter zuweilen auch dunkelgrün bis bronzefarbig. Die Symptome greifen später auf jüngere Blätter über. Die Blattränder rollen sich dann nach oben. Bei starkem Mangel ist das gesamte Blatt von den Symptomen betroffen. Die Bäume, insbesondere Eichen, zeigen Welketracht. Anders als bei Mg-Mangel können die Blätter noch längere Zeit an den Zweigen verbleiben. Laubbäume mit K-Mangel werden verstärkt von Blattpilzen und saugenden Insekten befallen.

Abb. 7





Abb. 8



Abb. 9

4.2 K-Mangelsymptome bei Nadelbäumen

Ähnlich wie bei Mg-Mangel beginnt der K-Mangel bei Nadelbäumen an den Spitzen der älteren Nadeln. Diese werden zunächst grüngelb bis graugrün, später blaßgelb, ohne scharfen Übergang zu dem meist grünen Basalteil der Nadeln (s. Abb. 10 und 11). Auch bei K-Mangel verstärkt Belichtung die Symptomausprägung. Rascher als bei Mg-Mangel werden die Nadeln nekrotisch, beginnend ebenfalls an den Spitzen (s. Abb. 11). Sie sterben schließlich ab (s. Abb. 12). Bei starkem K-Mangel beginnt die Verfärbung, insbesondere bei der Fichte, an den

Abb. 10



Abb. 11



Nadeln der Zweigenden sowie im Bereich der Gipfeltriebknospe, die sich in trockenen, warmen Sommern und im Verlauf des Winters röten und abfallen. Im Frühjahr sitzt dann die Knospe am kahlen Triebende. Wie bei Mg-Mangel sind auch die K-Mangelsymptome besonders deutlich im



Abb. 12

Herbst und im Frühjahr zu beobachten. Bei starkem Mangel kann der Baum schließlich völlig absterben.

5 Behebung von Mg- (Ca-) und K-Mangel

Durch Mg- und K-Mangel verursachte Schäden lassen sich mit gezielten Düngungsmaßnahmen abmildern oder sogar völlig beheben. Ist jedoch ein gewisser Schädigungsgrad überschritten, so ist eine Revitalisierung durch Düngung nicht mehr möglich. Daher erscheint es sinnvoll, nicht nur Bestände, die bereits durch akuten Mangel

gekennzeichnet sind, zu behandeln, sondern im Sinne einer Vorsorge, potentielle Mangelstandorte zu meliorieren. Im Zusammenhang mit den neuartigen Waldschäden, die regional mit Mg- bzw. K-Mangel und oft auch einer schwachen Ca-Versorgung einhergehen, konnte vielfach gezeigt werden, daß Bestände, die vor dem Auftreten dieser Schäden mit magnesiumhaltigem Kalk bzw. mit Kalium gedüngt worden waren, vitaler geblieben waren als die der ungedüngten Kontrollparzellen.

5.1 Mg-(Ca-)Düngung

Magnesium kann als Karbonat oder als Sulfat verabreicht werden. Karbonatisch gebundenes Mg (kohlenaurer Magnesiumkalk, z. B. Dolomit) eignet sich besonders für saure Böden mit Rohhumus-Auflage, da dadurch außer der Mg und Ca-Versorgung auch der bodenchemische Zustand durch Erhöhung des pH-Wertes, Verbesserung der Austauschkapazität und der Basensättigung positiv beeinflusst wird. Moderate Gaben von kohlenaurer Magnesiumkalk (2 bis 3 t/ha) lassen in der Regel keine ökologisch negativen Folgen befürchten. Um akuten Mg-Mangel (bei ausreichender Ca-Versorgung) rasch zu beheben, hat sich die Düngung mit sulfatisch gebundenem Magnesium bewährt. Auch hier sind keine negativen Wirkungen zu erwarten, wenn die Düngung auf Moder und Mullböden gezielt durchgeführt wird und standortangepaßte Mengen ausgebracht werden (50 bis 150 kg MgO/ha).

Zur Magnesium-Düngung stehen folgende Düngemittel zur Verfügung:

Calcium-Magnesium-Carbonat (auch Dolomit)	(CaCO ₃ mit verschiedenen MgCO ₃ -Gehalten)
Magnesiumcarbonat	(MgCO ₃)
Küttenkalk	(45 bis 47% CaO mit 7% MgO)
Kieserit	(MgSO ₄ x H ₂ O mit 27% MgO)
Bittersalz	MgSO ₄ x 7 H ₂ O mit 16% MgO)
Forst-Kieserit fein	(MgSO ₄ , K ₂ SO ₄ mit 20% MgO und 10% K ₂ O)

Mg-haltige Kalke können während des gesamten Jahres ausgebracht werden. Die Ausbringung von rasch löslichen Mg-Düngern sollte vor oder zu Beginn der Vegetationszeit erfolgen. Dies gilt vor allem für sandige Böden. Auf lehmigen und tonigen Böden kann während der gesamten Wachstumszeit gedüngt werden.

5.2 K-Düngung

Neben bislang kaum untersuchten K-haltigen Gesteinsmehlen kommt für die K-Düngung lediglich sulfatisch gebundenes Kalium in Frage. Je nach Standort und Stärke des Mangels werden 100 bis 200 kg K_2O /ha gedüngt. Da Kalium sehr intensiv in den Nährstoffkreislauf des Waldökosystems eingebunden ist, kann auch auf leichten Böden mit nachhaltigen positiven Effekten gerechnet werden.

Zur K-Düngung stehen die in der Tabelle (unten) aufgeführten Düngemittel zur Verfügung.

Bei kombiniertem Mg- und K-Mangel können (ggf. nach einer Grunddüngung mit Mg-Kalk) Kalimagnesia oder Forst-Kieserit fein eingesetzt werden.

Im Hinblick auf Ausbringungszeit und -art ist bei den rasch löslichen K-Düngern analog zu den schnell wirksamen Mg-Düngemitteln (Mg-Sulfat) zu verfahren.

Kaliumsulfat	(K_2SO_4 mit 50% K_2O)
Kalimagnesia	(K_2SO_4 , $MgSO_4$ mit 30% K_2O und 10% MgO)

Verfasser: Dr. F. H. Evers, Abt. Bodenkunde u. Waldernährung, Forstl. Versuchs- u. Forschungsanst. Baden-Württ., Wonnhalde 4, W-7800 Freiburg; Dr. R. F. Hüttl, Kali u. Salz AG, Forstreferat, Postfach 102029, W-3500 Kassel

Die Photos stellen die Verfasser zur Verfügung.