

Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Obstbau



Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen
und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, 1010 Wien
Erarbeitet vom Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz des BMLFUW
unter dem Vorsitz von Lothar Wurm
Redaktion: Andreas Baumgarten
Autorinnen und Autoren: Gottfried Lafer, Peter Modl, Manfred Wiesenhofer, Robert
Strahlhofer, Michael Gölles, Leonhard Steinbauer, Dietmar Stelzer und Josef Klement
Fotonachweis: Lothar Wurm (Titelbild (S. 1), Gottfried Lafer (Abb. 1, S.16, Abb. 2, S.30,
Abb. 3, S.38; Abb. 4, S.40, Abb. 5., S 42; Abb. 6, S. 45);
Wien, 2025. Stand: 10. Juni 2025

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind
ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.
Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger
Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundesministeriums für Land-
und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft und der
Autorin / des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche
Meinung der Autorin / des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen
Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an
andrea.spanischberger@bmluk.gv.at.

Vorwort



Norbert Totschnig

Die optimale Nährstoffversorgung ist eine wesentliche Grundlage für einen wirtschaftlich erfolgreichen Obstbau. Derzeit ist der Obstbau mit einer Reihe von Herausforderungen und Trendänderungen konfrontiert, die eine Überarbeitung und Anpassung der Empfehlungen an die neuen Gegebenheiten veranlassten.

Neue invasive Schaderreger wie die Kirschessigfliege, Schäden durch zunehmende Witterungsextreme wie Trockenperioden, Starkregenereignissen, Spätfrost oder Hagel, aber auch die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen wirken sich sowohl auf die Kulturführung als auch die Ertragssituation aus. Es gibt den Trend zu stärker wüchsigen Unterlagen und großkronigeren Bäumen für die „klassischen“ Kulturen. In den letzten Jahren wurden auch viele Obstsorten mit früher wenig bedeutenden Obstsorten wie Walnüssen, Haselnüssen oder Edelkastanien und „neuen“ Obstsorten, wie Kornelkirschen oder Mandeln gepflanzt. Hier wurden entsprechende Anpassungen in den Vorgaben für die Pflanzenernährung vorgenommen.

Aufbauend auf diesen Entwicklungen und den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen wurde die Richtlinie zur sachgerechten Düngung im Obstbau grundlegend überarbeitet und ergänzt. Diese soll als Unterstützung dienen, die heimische Obstproduktion zu stärken und langfristig zu sichern.

Mag. Norbert Totschnig, MSc
Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft,
Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft

Inhalt

Vorwort	3
Einleitung	6
1 Ernährung der Obstpflanzen	8
1.1 Die Notwendigkeit der Nährstoffversorgung	8
1.2 Nährstoffe	9
1.3 Nährstoffversorgung als Grundlage für vegetatives und generatives Wachstum	9
1.4 Nährstoffkreislauf, Nährstoffentzug und Nährstoffbedarf	11
1.5 Mangel- und Überschussserscheinungen bei Obstpflanzen	12
2 Methoden der Nährstoffbedarfsermittlung	19
2.1 Bodenuntersuchung	19
2.1.1 Entnahme der Bodenproben	20
2.1.2 Interpretation der Bodenanalysen	21
2.1.3 Die N_{min} -Methode	23
2.2 Nährstoffbedarfsermittlung durch Blattanalysen	25
2.2.1 Zeitpunkt der Blattanalysen	25
2.2.2 Probenahme	26
2.2.3 Interpretation der Analysenergebnisse	26
2.3 Fruchtanalysen	28
3 Düngung im Obstbau	31
3.1 Nährstoffbedarf und -versorgung von Neuanlagen	31
3.2 Nährstoffbedarf und -versorgung von Junganlagen	32
3.3 Nährstoffbedarf und -versorgung von Ertragsanlagen	32
3.3.1 Berechnung des Nährstoffbedarfs	32
3.3.2 Stickstoffdüngung	36
3.3.3 Kaliumdüngung	38
3.3.4 Kalkdüngung und Kalziumversorgung	40
3.3.5 Magnesiumdüngung	44
3.4 Blattdüngung	45
3.5 Anwendung von Wirtschaftsdüngern	50
4 Besonderheiten in der Düngung der einzelnen Obstkulturen	51
4.1 Kernobst	51
4.2 Steinobst	52
4.3 Beerenobst	54
4.4 Schalenobst	59

5 Rahmenbedingungen des Düngungsmanagements	66
Tabellenverzeichnis.....	68
Abbildungsverzeichnis.....	70

Einleitung

Die Mineralstoffversorgung von Obstanlagen ist nicht nur für die Wüchsigkeit der Pflanzen und den Ertrag, sondern auch für die Qualität und die Lagerfähigkeit der Früchte von wesentlicher Bedeutung. Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Schwefel, Magnesium und eine Reihe von lebenswichtigen Spurenelementen werden fast zur Gänze aus dem Boden aufgenommen. Um den fortwährenden Entzug dieser Elemente auszugleichen, der durch die Abfuhr von Ernteprodukten eintritt, müssen die entzogenen Mineralstoffe den Böden wieder zugeführt werden.

Ziel dabei ist es, der Pflanze die benötigten Nährstoffe im jeweils erforderlichen Maß zur Verfügung zu stellen. Zusätzliche Nährstoffeinträge aus dem Beregnungswasser, Niederschlägen oder aus der Luft sind nur schwer bewertbar. Das gilt auch für unvermeidbare Nährstoffverluste durch Auswaschung, Abgasung oder für die Fixierung von Nährstoffen im Boden. Durch gezielte Bewirtschaftungsmaßnahmen und angepasste Düngestrategien können diese Verluste verringert werden. Nährstoffempfehlungen orientieren sich unter anderem an der aktuellen Nährstoffsituation des jeweiligen Bodens und bilden damit eine wesentliche Voraussetzung für dessen nachhaltige Bewirtschaftung.

Der Ernährungszustand der Pflanzen kann aktuell durch Pflanzenanalysen festgestellt werden, längerfristig stellt aber eine Bodenuntersuchung ein wichtiges Instrument zur Beurteilung der Versorgungssituation dar. Sie dient als Basis für die Erstellung einer Düngeempfehlung und damit für die Steuerung der Nährstoffzufuhr. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, die Einschätzung des Bodenvorrates an Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium, Calcium, Natrium und Spurennährstoffen vorzunehmen und darauf aufbauend die Düngung zu planen.

Neben den aktuellen Untersuchungsdaten sind auch die jeweiligen Standortverhältnisse zu berücksichtigen. Da besonders beim Stickstoff der Witterungsverlauf einen großen Einfluss auf die Nachlieferung ausübt, stellen die in der vorliegenden Broschüre enthaltenen Richtwerte nur Empfehlungen dar, die in Abhängigkeit vom Standort noch angepasst werden können.

Diese Unterlage stellt grundsätzlich eine fachliche Empfehlung dar. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass diese Richtlinie bei der Beurteilung von Rechtsfragen heran-

gezogen wird und sich daraus auch mittelbar Rechtswirkungen ergeben. Es wird daher empfohlen über die Düngeplanung schriftliche Aufzeichnungen zu führen. In diesem Zusammenhang wird auch darauf hingewiesen, dass bei jeder Düngungsmaßnahme die für den jeweiligen Standort gültigen Rechtsvorschriften jedenfalls zu befolgen sind. Dazu zählen zum Beispiel die Bestimmungen des Wasserrechtsgesetzes (insbesondere die Bestimmungen über die Bewilligungspflichten, Beobachtungs- und Maßnahmengebiete, Aktionsprogramm Nitrat, Schutz- und Schongebiete) und der Landes-Bodenschutzgesetze. Weiteres sind bei Teilnahme an Agrarumweltprogrammen auch die jeweiligen Förderungsvoraussetzungen einzuhalten. Darüber hinaus bestehen gesetzliche Vorschriften, welche das Inverkehrbringen von Lebensmitteln in Österreich und im europäischen Binnenmarkt regeln. So sieht z. B. die Trinkwasserverordnung (2001) vor, dass das Inverkehrbringen von Trinkwasser mit einem Gehalt von mehr als 50 mg Nitrat je Liter verboten ist.

1 Ernährung der Obstpflanzen

1.1 Die Notwendigkeit der Nährstoffversorgung

Dass Pflanzen in der Lage sind, Wasser und Kohlendioxid mit Hilfe von Lichtenergie zu Zucker und damit einer universell verwendbaren chemischen Speicherform von Energie aufzubauen, begründet deren relativ große Unabhängigkeit beim Aufbau organischer Substanz. Pflanzen sind also anders als Pilze oder Tiere nicht direkt auf die Aufnahme organischer Substanz angewiesen um Leben und Wachsen zu können. Sehr wohl benötigen sie aber die Grundbausteine organischer Substanz, also Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Kalzium und Magnesium sowie Spurenelemente, aus denen sie dann Kohlenhydrate, Aminosäuren, sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe und andere organische Substanzen selbstständig herstellen können. Deshalb wird auch der Begriff der Ernährung bei Pflanzen im Sinne der Aufnahme von Nährstoffen und nicht wie bei Tieren der Aufnahme von schon „fertigen“ organischen Stoffen verstanden.

Diese Grundlage für Qualitäts- und Ertragsbildung darf nicht nur unter dem Aspekt der Nährstoffergänzung (Düngung) betrachtet werden, sondern steht in Wechselwirkung und Zusammenhang mit dem Nährstoffaneignungsvermögen der Sorte und Unterlage, den Standortverhältnissen, der Produktionsart, dem Anbausystem und sämtlichen Pflegemaßnahmen, speziell der Bodenpflege und Wasserversorgung.

Beispielsweise kann die im Apfelanbau häufige Kalziummangelerscheinung der Frucht, die Stippe, am einfachsten dadurch bekämpft werden indem man sehr stippeanfällige Sorten vom Anbau ausschließt, also durch entsprechende Vorsicht bei der Sortenwahl. Diese Zusammenhänge zu beachten, stellt daher die Voraussetzung für eine ökonomisch und ökologisch sinnvolle Nährstoffversorgung dar. Im Rahmen dieser Broschüre werden in erster Linie die Aspekte der Pflanzenernährung, speziell die von Obstpflanzen, in Hinblick auf eine qualitätsorientierte, umweltschonende Obstproduktion beleuchtet. Die Ergänzung der dem Boden über die Fruchternte entzogenen Mineralstoffe auf der Grundlage von Boden-, Blatt- und Fruchtanalysen als Bodendüngung steht dabei im Mittelpunkt, Blatt- und Fruchtdüngung kann im Obstbau als wesentliche Ergänzung und Feinabstimmung zur Optimierung von Frucht- und Blütenknospenqualität verstanden werden.

1.2 Nährstoffe

Entsprechend der von den Pflanzen benötigten Nährstoffmengen wird in der Pflanzenernährung von Massennährstoffen, Hauptnährstoffen (Makronährstoffen) und Spurenelementen (Mikronährstoffe) gesprochen. Die **Massennährstoffe** Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O) stammen aus der Luft bzw. aus dem Wasser und werden im Zuge der Photosynthese zu Zucker und in weiterer Folge zu diversen pflanzlichen organischen Verbindungen (Biomasse) synthetisiert. Die **Hauptnährstoffe** Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg) und Schwefel (S) werden in relativ größerer Menge als Spurenelemente von den Pflanzen vorwiegend aus dem Boden in gelöster Form (Bodenlösung) aufgenommen. **Spurenelemente** werden nur in geringen Mengen benötigt, ein ausreichendes Angebot an Mikronährstoffen ist aber ebenfalls für die Pflanze lebensnotwendig. Von Bedeutung für Obstpflanzen sind Bor (B), Eisen (Fe), Zink (Zn), Mangan (Mn), Kupfer (Cu) und Molybdän (Mo).

Die Hauptmenge an Nährstoffen wird meist als Ion über die Wurzel (siehe Bodendüngung) im Bereich der Wurzelspitzen aufgenommen. Ein geringerer Anteil über das Blatt (siehe Blattdüngung) und die Frucht (siehe Kalziumdüngung).

Eine störungsfreie Nährstoffaufnahme über die Wurzel setzt daher eine gesunde Pflanze bzw. Unterlage und einen „lebendigen“, lockeren, optimal nährstoffversorgten, nicht zu trockenen Boden voraus.

1.3 Nährstoffversorgung als Grundlage für vegetatives und generatives Wachstum

Für gesundes Trieb- und Fruchtwachstum müssen alle lebensnotwendigen Nährstoffe zum Zeitpunkt des Bedarfs in ausreichendem Ausmaß und im richtigen Verhältnis zueinander verfügbar sein. Bei Nährstoffungleichgewichten kann es zu Mangelerscheinungen und physiologischen Störungen dadurch kommen, dass ein Nährstoff auf Kosten eines anderen verstärkt aufgenommen wird. Solche **Antagonismen** betreffen immer gleichnamig geladene Teilchen, in erster Linie, die Kationen: Ammonium (NH_4^+), Kalium (K^+), Natrium (Na^+), Kalzium (Ca^{2+}) und Magnesium (Mg^{2+}). Allerdings können auch Anionen betroffen sein: Nitrat (NO_3^-), Chlorid (Cl^-), Sulfat (SO_4^{2-}) und Phosphat (PO_4^{3-}). Auch der gegenteilige Effekt, eine

gegenseitige Förderung der Nährstoffaufnahme, genannt Synergismus, ist bekannt. Zu welchem Zeitpunkt welcher Nährstoff benötigt wird, hängt in erster Linie von der Nährstoffkonzentration in den Pflanzenorganen (vor allem Trieb und Frucht) während einer bestimmten Entwicklungsphase ab. So steigt etwa der Kaliumbedarf mit zunehmenden Fruchtwachstumsraten deutlich an, da die meisten Obstfrüchte verhältnismäßig kalireich sind. Bedarf an Stickstoff hingegen ist während der gesamten Vegetationsperiode gegeben, da zu Vegetationsbeginn Stickstoff für den Austrieb und vor allem die Blüte, im Frühsommer für die Triebentwicklung benötigt wird und mit Triebwachstumsstillstand zunehmend Fruchtwachstum, Blütenknospenbildung, Triebreifung und Stamm- bzw. Wurzel (Reservebildung) zu Attraktionszentren für Stickstoff werden. Kalzium wiederum wird zwar die ganze Vegetationszeit über aufgenommen, die für die Fruchtqualität bei Kernobst entscheidende Aufnahme phase beginnt aber kurz vor der Blüte und endet bereits kurz nach Blühende, da ab einsetzendem Triebwachstum kaum noch Kalzium in die Früchte verlagert wird.

Bezüglich Stickstoff ist die Blütezeit der Obstpflanzen eine kritische Phase, da die Blüte viel Stickstoff verbraucht und zu diesem Zeitpunkt, insbesondere bei frühblühenden Obstsorten, noch kaum Stickstoff aus organischer Substanz von Mikroorganismen im Boden mineralisiert wird.

Tabelle 1: Wechselwirkungen zwischen Nährstoffen (Quelle: R. Niederhäuser)

N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Si	Cl	Na	B	Mn	Cu	Zn	Mo
N		S	S	S	S									S
P	S				B			B				B		B
K	S			A	A			S/B		A				
Ca	S	B	A		A		A			A	B	B	B	B
Mg	S	B	A	A						A				
S									A					
Fe		B	S/B	A							A	A	A	
Si						A								
Cl														
Na			A	A	A									
B				B										
Mn		B		B			A						A	

N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Si	Cl	Na	B	Mn	Cu	Zn	Mo
Cu				B			A							A
Zn		B		B			A					A		
Mo	S											A		
A: Antagonismus														
B: Blockierung														
S: Synergismus														

1.4 Nährstoffkreislauf, Nährstoffentzug und Nährstoffbedarf

Im Obstbau sind Nährstoffkreisläufe soweit geschlossen, als Blätter und Schnittholz in den Anlagen verbleiben. Die in der organischen Substanz festgelegten Nährstoffe werden im Zuge der Mineralisation durch Bodenlebewesen wieder freigesetzt. Längerfristig sind die durch den Fruchtertrag dem Boden entnommenen Nährstoffe zu ersetzen. Bei Nachpflanzungen müssen auch die im älteren Holz gespeicherten Nährstoffe berücksichtigt werden, da in der Regel nach der Rodung stärkeres Holz nicht in der Anlage verbleibt. Verluste durch Auswaschung bleiben im Obstbau gering. Das im heimischen Anbau übliche System des Grasmulches in den Fahrgassen kann von den Obstpflanzen nicht benötigte Nährstoffmengen an sich binden und verhindert darüber hinaus Erosion praktisch zur Gänze. Über längere Zeiträume hinweg betrachtet führt das Grasmulchsystem zu einer Anreicherung von Humus. Dies fördert die Wasser- und Nährstoffspeicherkapazität eines Bodens und damit die Bodenfruchtbarkeit. Der offen gehaltene Bereich des Baumstreifens ist so zu gestalten, dass Erosion und negative Einflüsse auf die Bodenfruchtbarkeit, möglichst gering sind, die Konkurrenzwirkung des Grasmulches für die Obstpflanzen allerdings nicht ertrags- und qualitätsmindernd wirkt. Ein zeitlich begrenztes Offenlassen des Bodens auch in der Fahrgasse kann notwendig sein, wenn etwa starke Baumausfälle durch Wühlmaus (Junganlagen) drohen oder im Trockengebiet keine Möglichkeit zur Bewässerung gegeben ist.

Der Nährstoffentzug entspricht der mit der Ernte abgeführten Nährstoffmenge und ist stark vom Ertragsniveau abhängig. Bei einer Obstanlage in der Ertragsphase entspricht der Entzug den in den Früchten, bei Strauchbeeren den in Früchten und Schnittholz und bei Junganlagen den im wachsenden Holzkörper gebundenen Nährstoffen.

Der Nährstoffentzug ist speziell im Fall von Stickstoff immer geringer als der tatsächliche ertragsbezogene Nährstoffbedarf, da sämtliche Pflanzenorgane, nicht nur die wachsenden Früchte, zur rechten Zeit ausreichend versorgt werden müssen. Zudem kann der pflanzenverfügbare Stickstoff nur teilweise durch die Pflanze aufgenommen werden. Antagonismen, Konkurrenzverhältnisse zwischen den Nährstoffen um Ionenaustauschplätze an den Tonbestandteilen des Bodens, ein für die Aufnahme nicht optimaler pH-Wert und bodenbiologische Nährstofffixierung können das Nährstoffanreicherungsvermögen einer Obstpflanze und die Nährstoffverfügbarkeit beeinträchtigen.

1.5 Mangel- und Überschussscheinungen bei Obstpflanzen

Stickstoffmangel

Dieser kann bei allen Obstarten, besonders auf humusarmen Böden auftreten. Die Blätter bleiben klein, die Färbung der Blattoberfläche erscheint erst gelbgrün bis gelb, später orange bis rotviolett. Auch eine vorzeitige herbstliche Verfärbung kann durch N-Mangel hervorgerufen werden. Blätter an der Basis fallen früher ab. Die Triebe sind kurz, dünn und brechen auch leicht. Einjähriges Holz ist manchmal gelb gefärbt. Der Triebabschluss setzt früher ein. Die Blütenbildung bleibt schwächer mit meist starkem Junifruchtfall. Starke Ertragsschwankungen sind die Folge. Die Früchte sind kleiner, die Grundfarbe hellt früher auf. Das Fruchtfleisch kann eine festere Konsistenz aufweisen. Höhere Temperaturen im Sommer wirken sich bei N-Mangel besonders negativ auf die Assimilationsvorgänge aus.

Stickstoffüberschuss

Eine überhöhte N-Versorgung zeigt sich in einer verstärkten Triebbildung und einem späten Triebabschluss im Herbst. Dadurch kann es im Winter zu Frostschäden kommen. Zusätzlich verursacht das langanhaltende Wachstum im Herbst ein Durchtreiben der Blütenknospen. An den Früchten tritt eine Reifeverzögerung durch einen überhöhten Chlorophyllgehalt im Fruchtfleisch auf. Aufgrund der schlechten Ausfärbung werden die Früchte länger an den Bäumen belassen. Physiologische Fruchtstörungen, wie Stippe, Fleischbräune, Kernhausfäule oder Glasigkeit treten verstärkt auf. Die Lagerfähigkeit der Früchte nimmt stark ab.

Phosphormangel

Symptome für P-Mangel sind kleine dunkelgrüne Blätter, die dann purpur bis bronzefarben werden. Vor allem die Verminderung der Blütenknospenbildung ist auf P-Mangel zurückzuführen. Auch halbmondförmige Nekrosen an den Rändern älterer Blätter deuten auf zu geringen Phosphorgehalt hin. Bei zu niedrigem oder zu hohem pH-Wert kann es zu Phosphorfestlegung im Boden kommen. Dies führt zu einer empfindlichen Beeinträchtigung der Pflanzenentwicklung. Auch geringer Humusgehalt im Boden kann zu Phosphormangel führen.

Phosphorüberschuss

P-Überschuss tritt selten auf, da dieses Element im Boden stark fixiert ist. Ein erhöhtes P-Angebot kann aber zu Mangelsymptomen bei anderen Nährstoffen führen. Vor allem Kalzium, Bor, Kupfer und Mangan können davon betroffen sein.

Kaliummangel

Kaliummangel ist ein häufiges Erscheinungsbild bei heimischen Obstarten. An der Triebbasis treten bei den älteren Blättern zuerst gelbe, später braune Nekrosen auf, wobei sich der abgestorbene Blattrand nach oben rollt. Man spricht dann von der Blattranddürre. Diese Nekrosen treten bei den einzelnen Obstarten unterschiedlich in Erscheinung. Während sich die Gelbfärbung beim Kernobst von der Blattspitze beginnend als schmaler Streifen am Blattrand fortsetzt, tritt beim Steinobst die Gelbverfärbung mehr zwischen den Blattnerven auf. Beim Beerenobst zeigen die Blätter blaugrüne Verfärbung. K-Mangel führt zu einer verstärkten Frostanfälligkeit der Triebe. Auch mangelnde Wuchsleistung (kürzere Internodien) ist ein typisches Zeichen für einen Mangel, genauso wie überreicher Blütenansatz, der aber durch Frost zur Blütezeit stark gefährdet ist. Die Früchte sind schlecht ausgefärbt und meist klein. Das Fruchtfleisch ist ohne Aroma. Weiteres führt K-Mangel zu verstärkter Atmung und damit verbunden zu einem höheren Atmungskoeffizienten, weil die Regulierung der Spaltöffnungen von der Kaliumversorgung abhängig ist. Auch höhere Empfindlichkeit der Früchte gegenüber niedrigen Lagertemperaturen und somit höhere Anfälligkeit für Kältefleischbräune ist nachgewiesen worden. K-Mangel zur Hauptfruchtwachstumszeit behindert die Ertragsbildung und wirkt sich auf die Entwicklung der Blütenknospen negativ aus. Kaliummangel kann auch durch eine zu hohe N- und P-Versorgung entstehen.

Kaliumüberschuss

Symptome, wie Wachstumsverzögerungen oder Verbrennungen an Blättern sind eher auf das Cl-Anion zurückzuführen, als durch K-Überschuss, da Kalium ähnlich dem Phosphor im Boden relativ stark fixiert ist. Zusätzlich können die Pflanzen erhöhte K-Gaben schadlos überstehen. Es kommt aber zu Ca-Mangelsymptomen, die Qualitätsminderungen an Früchten (Stippigkeit der Äpfel) verursachen. Eine Reifeverzögerung kann K-Überschuss ebenfalls induzieren.

Kalziummangel

Durch Ca-Mangel kann die Aufnahme der anderen Nährstoffe beeinträchtigt werden. Die Symptomatik betrifft in erster Linie die Früchte. Stippe, Fleischbräune und vorzeitige Reife sind Folgen zu geringer Ca-Versorgung der Frucht und gehen einher mit verstärkter Atmungsintensität. Kalziummangel führt weiteres zur Hemmung des Wurzelwachstums.

Kalziumüberschuss

Die sogenannten „Kalkchlorosen“ sind auf zu hohe Kalkgehalte im Boden zurückzuführen. Es kommt dabei zu einer Fixierung von Eisen. Symptome sind das Gelbwerden der Blätter, von der Spitze aus beginnend. Ganze Astpartien werden dann in der Folge geschädigt. Ca-Überschuss verursacht zusätzlich auch noch Bor-, Mangan- und Zinkmangel.

Magnesiummangel

Charakteristische Symptome sind hellgelbe, später braun und dürr werdende Flecken, zwischen den Adern der Blätter, die sich von der Blattmitte ausgehend zum Rand hin ausdehnen. Kirschen zeigen zum Beispiel eine deutliche Rotfärbung der Blätter. Typisch ist auch das Krümmen der Blätter nach unten. Blätter fallen von der Triebbasis ausgehend vorzeitig und plötzlich ab. Triebe zeigen, bedingt durch die mangelnde Assimilationsleistung kein Dickenwachstum. Durch den Blattverlust ist auch die Blütenbildung und -entwicklung beeinträchtigt und die Frosthärtung vermindert. Die Früchte bleiben klein, geschmacklos, zuckerarm und auch schwach gefärbt. Magnesiummangel kann auch als Folge zu hoher Kali- und Kalziumversorgung (Antagonismus) auftreten.

Magnesiumüberschuss

Schäden, die allein auf Mg-Überschuss beruhen, sind nicht bekannt. Erhöhter Mg-Anteil wirkt aber auf das Ca-Mg-Gleichgewicht störend. Stippigkeit an Apfelfrüchten kann entstehen. Mg-Überschuss hemmt auch die Aufnahme von Kalium und Mangan.

Schwefelmangel

Die Symptome sind ähnlich dem N-Mangel. Es kommt zur Aufhellung der grünen Pflanzenteile, bedingt durch den Abbau von Chlorophyll. Da der Transport des Schwefels nur in einer Richtung, von den Wurzeln in die Blätter erfolgen kann, erscheinen Mangelsymptome zuerst an jüngeren Blättern. Die Blattränder zeigen manchmal eine wellige Verformung.

Schwefelüberschuss

Ein Überangebot an Schwefel in heimischen Obstgehölzen entsteht, wenn SO_2 gasförmig über die Blätter aufgenommen und in den Pflanzen in die Sulfatform übergeführt wird. Typische Symptome sind dann Blattrandverbrennungen.

Bor-Mangel

Das Spitzenwachstum der Triebe ist stark eingeschränkt. In weiterer Folge kommt es zum Vertrocknen der Triebspitzen und zum Austrieb tiefer stehender Knospen und damit zur Hexenbesenbildung. Triebe können buckelige Anschwellungen und Deformationen zeigen. Die Blätter sind rötlich bis braun gefärbt und löffelartig gekrümmmt. Sie bleiben kleiner und können auch vorzeitig abfallen. Blütendeformationen sowie Blütenwelke zur Zeit der Hauptblüte deuten ebenfalls auf Bormangel hin. Die Kernobstfrüchte zeigen an der Oberfläche bis zu walnussgroße, beulige Deformationen. Es entsteht der sogenannte Innenkork (braune, abgestorbene Gewebeteile im Fruchtfleisch). Zusätzlich kann das Fruchtfleisch derb und trocken schmecken. Birnen sind dafür besonders anfällig. Bei Pfirsichen sind die gelbfleischigen Sorten anfälliger. Auch das Verrieseln bei Johannisbeeren kann in Zusammenhang mit Bormangel stehen. Grundsätzlich kann in trockenen Jahren trotz ausreichender Bor-Versorgung im Boden Bormangel auftreten. Auf kalkhaltigen Böden besteht eine höhere Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Mangelsymptomen.

Borüberschuss

Alle Obstarten sind gegenüber B-Überschuss empfindlich, wobei der Übergang von optimaler zu überhöhter Versorgung fließend verläuft. Spitzenvergilbungen bzw. Spitzenverbrennungen, die in Braunfärbung der ganzen Blätter übergehen, sind typische Symptome. In den Früchten, vor allem bei Apfel, treten Glasigkeit, Jonathanflecken oder Fleischbräune auf.

Abbildung 1: Bormangel in Apfelfrüchten



Eisenmangel

Typisch sind die Aufhellungen zwischen den Seitennerven, vor allem an jungen Blättern. Das Adernnetz hingegen bleibt grün. Starker Fe-Mangel (Chlorose) führt zur Spitzendürre, Vertröcknen der Blätter und Blattabwurf. Dadurch wird der Baum und vor allem das Fruchtholz geschädigt. Das Triebwachstum ist reduziert und der Austrieb verspätet, Triebspitzen sterben ab. Der Fruchtansatz ist gestört. Die Früchte hellen früh auf und zeigen eine intensive Rotfärbung. Bei hohem Kalkgehalt, kann Eisenmangel trotz ausreichender Versorgung auftreten.

Eisenüberschuss

Eine intensive dunkelgrün bis blaugrüne Verfärbung der Blätter wird durch Fe-Überschuss hervorgerufen. Auch das Spross- und Wurzelwachstum kann gehemmt werden.

Manganmangel

Es kommt zu einer Aufhellung der Blätter zwischen den Blattadern, die in der Folge auch fleckig gelb werden. Entlang der Blattrippen sind die grünen Streifen breiter. Im Gegensatz zu Eisenmangel werden zuerst die Basisteile der einjährigen Triebe geschädigt. Die Spitzen bleiben vorerst grün. Am älteren Fruchtholz treten die Mangelsymptome früher auf. Bei Manganmangel ist häufig Trockenheit die Ursache für die geringe Verfügbarkeit dieses Nährstoffes.

Manganüberschuss

Es kommt zu Blattrandnekrosen an jungen Blättern, die in weiterer Folge die ganzen Blätter erfassen. An den verholzten, jungen Trieben treten blasige Erhebungen auf. Anschließend platzt die Rinde und rollt sich auf. Bei starkem Überschuss werden ganze Astpartien geschädigt. Früchte zeigen rotbraune bis bronzenfarbene Verfärbungen.

Zinkmangel

Die Blätter bleiben klein und schmal. Durch das gestauchte Wachstum der Triebe stehen auch die Blätter eng zusammen. Man spricht dann von der Weidenblättrigkeit. Die Triebspitzen sterben verstärkt im Winter ab („Wintersterben“). Da Zinkmangel die Eiweiß- und Wuchsstoffbildung hemmt, kommt es zu mangelhaftem Fruchtansatz. Auf stark kalkhaltigen Böden treten Mangelsymptome früher auf. Auch ein Überangebot an Phosphor kann Zn-Mangel verursachen.

Zinküberschuss

Zn-Überschuss tritt auf den Blättern in Form von Flecken- und Randnekrosen auf. Auch das Wachstum lässt nach, wobei Zn-Überschuss früher nur auf Böden auftrat, wo es Zinkvorkommen gab. Durch die Ausbringung von Klärschlamm, eine Maßnahme, die im Obstbau nicht zulässig ist, kommt es unter anderem zu überhöhter Zn-Anreicherung in den Böden.

Kupfermangel

Bei Cu-Mangel stellen die Obstbäume schon Anfang Juni das Triebspitzenwachstum ein. Die Blätter bleiben klein. Es kommt zu einem frühzeitigen Abbau des Chlorophylls. Dies führt zu Chlorose Erscheinungen und Nekrosen. Von der Triebspitze beginnend fallen die Blätter ab. In leichten Böden ist pflanzenverfügbares Cu oft nur in geringen Mengen vorhanden.

Kupferüberschuss

Cu-Überschuss kann im Obstbau in erster Linie durch jahrzehntelangen Einsatz Cu-haltiger Spritzmittel in höheren Konzentrationen verursacht werden. Verbrennungen und Wachstumsdepressionen sind die Folge. Auch das Bodenleben, etwa die Aktivität der für Umsetzungsprozesse im Boden so wichtigen Regenwürmer, wird beeinträchtigt.

Molybdänmangel

Molybdän wird von der Pflanze nur in geringen Mengen benötigt. Mangel äußert sich in einer Aufhellung der älteren Blätter. Durch Störungen des N-Haushaltes können Wachstumsdepressionen auftreten. Bei niederm pH-Wert ist die Mo-Aufnahme eingeschränkt. Die Beweglichkeit von Molybdän in der Pflanze ist sehr gering.

2 Methoden der Nährstoffbedarfsermittlung

2.1 Bodenuntersuchung

Durch eine Bodenuntersuchung können die spezifischen Eigenschaften und der Nährstoffzustand eines Bodens erfasst und über längere Zeiträume beobachtet werden. Die Ergebnisse einer Bodenanalyse dienen als Grundlage für einen Düngungsplan. Bodenanalysen können in zwei Gruppen eingeteilt werden. Die erste Gruppe ermöglicht die Erstellung einer „Visitenkarte“ des Bodens (Bodendauereigenschaften), sie umfasst Parameter, die sich über längere Zeiträume nur unwesentlich ändern. Im Folgenden werden die wesentlichsten Parameter aufgezählt (die jeweils zu verwendende Methode ist in Klammern angeführt):

- **Bodenart** (Gehalt an Sand, Schluff und Ton; nach ÖNORM L 1061-2)
- **pH-Wert** (nach ÖNORM EN ISO 10390)
- **Kalkgehalt** (nach ÖNORM L 1084)
- **Kalkaktivität** (AGES - Verfahren)
- **Humusgehalt (Gehalt an organischen Kohlenstoff)**, nach ÖNORM L 1080)
- **Gesamtgehalt an Stickstoff** (nach ÖNORM EN 15936)
- **Gehalt an nachlieferbarem Stickstoff** (ÖNORM L 1204)
- **Kaliumfixierung und** (nach ÖNORM L 1097)
- **Kationenaustauschkapazität** (nach ÖNORM L 1086-1)

Die zweite Gruppe charakterisiert den Nährstoffzustand des Bodens und umfasst die Analyse der pflanzenverfügbaren Anteile der Nährstoffe:

- **Phosphor, P** (nach ÖNORM L 1087)
- **Kalium, K** (nach ÖNORM L 1087)
- **Magnesium, Mg** (nach ÖNORM L 1093 oder im CAT Extrakt)
- **Kalzium, Ca** (nach ÖNORM L 1086-1)

sowie bei Bedarf den verfügbaren Anteil an **Spurenelementen**:

Eisen, Fe; Mangan, Mn; Zink, Zn; Kupfer, Cu (nach ÖNORM L 1089 oder im CAT-Extrakt)

und

Bor, B (nach ÖNORM L 1090 oder im CAT-Extrakt)

Aus der Kombination beider Untersuchungsgruppen können standortbezogene Nährstoffempfehlungen erstellt werden. Dabei ist allerdings auch zu berücksichtigen, dass die Verfügbarkeit der Nährstoffe im Boden auch von zusätzlichen Faktoren wie dem Wasserhaushalt, der pflanzennutzbaren Bodentiefe, vom Steinanteil und von der biologischen Aktivität abhängig ist. In einer Laboruntersuchung werden diese Parameter üblicherweise nicht erfasst. Eine zusätzliche Begutachtung der Bodenstruktur im Bodenprofil oder durch eine Spatenprobe ist in jedem Fall zu empfehlen. So können etwa Bodenverdichtungen und Staunässe die Nährstoffverfügbarkeit trotz hoher Nährstoffgehalte beeinträchtigen.

2.1.1 Entnahme der Bodenproben

Entscheidend für einen genauen Bodenbefund ist die sorgfältige Entnahme der Bodenprobe. Zur Entnahme einer Bodenprobe eignet sich am besten ein Bodenbohrer. Wenn kein Bodenbohrer zur Verfügung steht, kann auch ein Spaten verwendet werden. Die Entnahme der Bodenprobe erfolgt aus mindestens 20–25 verschiedenen, über das einzelne Quartier (bis zu einer Größe von max. 1 ha) gleichmäßig verteilten Stellen. Handelt es sich um eine größere, bodenkundlich einheitliche Fläche (insbesondere um Planieböden) kann die Bodenprobennahme auf einer ausgewählten Testfläche von einem Hektar erfolgen. Da je nach Sorte, Unterlage und Bodenbeschaffenheit ein wesentlicher Anteil der Wurzeln auch in tieferen Bodenschichten liegen kann, ist es sinnvoll, zumindest bei der ersten Probenahme Bodenmaterial aus dem Ober- (0–25 cm) und Unterboden (25–50 cm) zu entnehmen. Dass aus den einzelnen Probenahmestellen entnommene Bodenmaterial soll in einem sauberen Eimer gesammelt und gut durchmischt werden (Durchschnittsprobe). Zur Durchführung einer Bodenanalyse ist eine Durchschnittsprobe mit einer Mindestmasse von 0,5 kg erforderlich. Die Durchschnittsproben sind in sauberem Verpackungsmaterial (Papiersäckchen, Plastiksäckchen oder Schachteln) abzufüllen. Jede Bodenprobe muss selbstverständlich deutlich gekennzeichnet werden, nähere Angaben über Obstsorte, Grundstücksgröße etc. sind im Erhebungsbogen der Untersuchungsanstalt einzutragen. Günstige Tarife für die Bodenuntersuchung gibt es z. B. im Rahmen von Bodenuntersuchungsaktionen der Landwirtschaftskammern. Die Untersuchung der Bodendauereigenschaften kann in größeren Abständen erfolgen, die Nährstoffuntersuchung sollte zumindest **alle 5 Jahre wiederholt** werden.

2.1.2 Interpretation der Bodenanalysen

Das pH-Optimum richtet sich nach der Bodenart und dem Humusgehalt im Boden (Tabelle 2). Der optimale Humusgehalt wiederum variiert nach der Bodenart (Tabelle 3). Die Richtwerte für die Gehalte an Phosphor, Kalium und Magnesium sowie für Bor und andere Spurenelemente sind in den Tabellen 4, 5, 6, 8 und 9 wiedergegeben. Neben der Bodenschwere hat auch das Verhältnis zwischen Kalium und Magnesium einen wesentlichen Einfluss auf die Nährstoffverfügbarkeit (Tabelle 7). Die Ergebnisse der Bodenuntersuchung werden gemäß den unten angeführten Werten für die Düngungsbedarfsermittlung verwendet.

Tabelle 2: Einteilung der Böden nach der Bodenart und optimale pH-Werte

Obstart	Bodenart	Tongehalt	Optimaler pH-Wert (nach ÖNORM L 1083)
Kern-, Stein- und Beerenobst	leichte Böden	< 15 %	5,0–6,0
Kern-, Stein- und Beerenobst	mittelschwere Böden	15–25 %	6,0–6,5
Kern-, Stein- und Beerenobst	schwere Böden	> 25 %	6,5–6,8
Himbeeren			5,7–6,0
Heidelbeeren			4,5–5,0

Tabelle 3: Einteilung der Böden nach der Bodenart und optimaler Humusgehalt

Bodenschwere	Bodenart	Tongehalt	Humusgehalt in %		
			gering	optimal	hoch
leicht	S, uS, IS, sU	< 15 %	< 1,0	1,0–2,5	> 2,5
mittel	tS, U, IU, sL	15–25 %	< 1,5	1,5–3,5	> 3,5
schwer	L, uL, sT, IT, T	> 25 %	< 2,5	2,5–4,0	> 4,0

Tabelle 4: Einstufung der Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphat (nach ÖNORM L 1087)

Gehaltsklasse	mg P je 1000 g Feinboden
A sehr niedrig	< 26
B niedrig	26–46

Gehaltsklasse	mg P je 1000 g Feinboden
C ausreichend	47–111
D hoch	112–174
E sehr hoch	> 174

Tabelle 5: Einstufung der Gehalte an pflanzenverfügbarem Kalium (nach ÖNORM L 1087) unter Berücksichtigung der Bodenschwere

mg K je 1000 g Feinboden			
Gehaltsklasse	Bodenschwere leicht	Bodenschwere mittel	Bodenschwere schwer
A sehr niedrig	< 50	< 66	< 83
B niedrig	50–87	66–112	83–137
C ausreichend	88–178	113–212	138–245
D hoch	179–291	213–332	246–374
E sehr hoch	> 291	> 332	> 374

Tabelle 6: Einstufung der Gehalte an pflanzenverfügbarem Magnesium (nach ÖNORM L 1093 oder CAT-Extraktion) unter Berücksichtigung der Bodenschwere

mg Mg je 1000 g Feinboden			
Gehaltsklasse	Bodenschwere leicht	Bodenschwere mittel	Bodenschwere schwer
A sehr niedrig	-	< 30	< 40
B niedrig	< 50	30–55	40–75
C ausreichend	50–75	56–105	76–135
D hoch	76–150	106–190	136–220
E sehr hoch	> 150	> 190	> 220

Tabelle 7: Beurteilung des K : Mg Verhältnisses

Beurteilung des Verhältnisses von K zu Mg	
ungünstig	größer als 5 : 1 Magnesiummangelsymptome möglich

Beurteilung des Verhältnisses von K zu Mg

günstig	1,7 : 1 bis 5 : 1	optimal
ungünstig	kleiner als 1,7 : 1	Kaliummangelsymptome möglich

Tabelle 8: Einstufung der Gehalte an pflanzenverfügbarem Bor in mg je 1000 g Feinboden (nach ÖNORM L 1090) – unter Berücksichtigung der Bodenschwere

Gehaltsklasse	Leichter Boden	Mittelschwerer/schwerer Boden
A sehr niedrig	< 0,2	< 0,3
C ausreichend	0,2–2,0	0,3–2,5
E sehr hoch	> 2,0	> 2,5

Tabelle 9: Einstufung der Gehalte an pflanzenverfügbaren Spurenelementen in mg je 1000g Feinboden (nach ÖNORM L 1089) unter Berücksichtigung des Kalkgehaltes oder pH-Wertes

Abstufung des Kalkgehalts bzw. des pH-Wertes	Klasse	Kupfer	Zink	Mangan	Eisen
Kalkgehalt ≤15% oder pH ≤ 7,5	A	< 2	< 2	< 20	< 20
	C	2–20	2–20	20–200	20–300
	E	> 20	> 20	> 200	> 300
Kalkgehalt > 15% oder pH > 7,5 bzw. kalkempfindliche Sorten oder Unterlagen	A	< 2	< 2	< 50	< 70
	C	2–20	2–20	50–200	70–300
	E	> 20	> 20	> 200	> 300

Der Gehalt an verfügbaren Spurenelementen kann auch im CAT-Extrakt ermittelt werden.

2.1.3 Die N_{min}-Methode

Mehr als 95 % des gesamten Stickstoffs im Boden sind in der Humusfraktion organisch (Aminosäuren, Amide etc.) gebunden. Die mineralischen, d.h. die pflanzenaufnehmbaren Formen des Stickstoffs (N_{min}) bestehen überwiegend aus Nitrat (NO₃⁻) und Ammonium (NH₄⁺). Die Ammoniummenge hängt einerseits vom pH-Wert des Bodens (steigender Gehalt mit abnehmendem pH-Wert), andererseits aber auch von der Verwendung organischer Dünger

ab. Die Umwandlung von organischen in mineralischen Stickstoff (N-Mineralisierung) erfolgt durch zahlreiche Mikroorganismen im Boden, deren Aktivität von der Bodenwärme, Bodenfeuchtigkeit, Sauerstoffgehalt und dem pH-Wert (Optimum: 6–7) abhängig ist. Die Ermittlung des Angebotes an pflanzenverfügbarem mineralischen Stickstoff nach der N_{min} Methode stellt eine Momentaufnahme des N-Angebotes dar. Die tatsächliche Stickstoffnachlieferung ist aufgrund der nicht prognostizierbaren N-Dynamik schwer abschätzbar. Leider stimmt das saisonale Angebot oft nicht mit dem Bedarf überein, so dass es trotzdem in bestimmten Vegetationsabschnitten, speziell in der Phase nach der Blüte, zu einer Unterversorgung mit Stickstoff kommen kann. Aus diesem Grund erscheint eine Stickstoffbedarfsermittlung nach der N_{min} Methode in der obstbaulichen Praxis mit Ausnahme des Erdbeeranbaus nur bedingt zielführend.

Der optimale Zeitraum für eine N_{min} Analyse liegt ca. zwischen Ende März und Anfang April. Der ertragsbegrenzende Faktor ist meist das N_{min} Angebot im Frühjahr. Während der Hauptwachstumsphase von Mitte Mai bis Mitte Juli reicht die N-Nachlieferung nicht immer aus, um den Bedarf der Bäume vollständig zu decken. Deshalb sollte zur Apfelblüte ein ausreichender N_{min} Vorrat vorhanden sein.

Die Bodenprobe sollte im Pflanzstreifen aus zwei Bodentiefen (0–30 cm, 30–60 cm) gezogen werden. Die Hauptmasse der Baumwurzel befindet sich in einer Tiefe von 0–40 cm. Nach der Probenziehung müssen die Proben gekühlt und so rasch ins Untersuchungslabor gebracht werden. Für den Transport der Proben sind Kühltaschen zweckmäßig. Von einigen Labors (z. B. AGES) werden Fixierungslösungen für die Bodenproben zur Verfügung gestellt, die die Haltbarkeit verlängern. Die Analyse kann von Untersuchungsstellen (z. B. Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit – AGES, Landwirtschaftliches Versuchszentrum Steiermark) oder von den mobilen Labors der Landwirtschaftskammern durchgeführt werden. Grundsätzlich gibt es für den Praktiker auch die Möglichkeit einer halbquantitativen Analyse über Nitrat-Teststreifen (Firma Merck), welche sich je nach Nitratgehalt in der Bodenlösung unterschiedlich stark verfärbten. Die Auswertung kann durch den Vergleich mit einer Referenzfarbskala oder reflektometrisch erfolgen. In diesem Fall ist jedoch genau auf die jeweiligen Vorschriften der Probenvorbereitung (Homogenisierung) und Analyse (Analysenverfahren, Berechnung der Ergebnisse bezogen auf Trockenmasse) zu achten.

2.2 Nährstoffbedarfsermittlung durch Blattanalysen

Neben der Bodenuntersuchung kann unter bestimmten Voraussetzungen auch eine Blattanalyse Auskunft über den Ernährungszustand der Obstpflanzen geben. Sie zeigt die direkt aufgenommenen Nährstoffmengen an und erlaubt damit eine Aussage über den eigentlichen Ernährungszustand der untersuchten Obstgewächse. Die Blattanalysen sollten die Bodenanalysen nicht ersetzen, sondern im Bedarfsfall (Auftreten von latenten und akuten Nährstoffmangelerscheinungen) nur ergänzen (siehe Tab. 10).

Tabelle 10: Vergleich von Boden- und Blattanalysen

differenzierende Faktoren	Bodenanalyse	Blattanalyse
Methoden	unterschiedlich	einheitlich
Extraktion	Pflanzenverfügbare Nährstoffe	Gesamtnährstoffe
Vergleichbarkeit (verschiedene Bodenanalysen bzw. Blattanalysen untereinander)	nur teilweise gegeben	ist gegeben
Standorteinflüsse auf Nährstoffaufnahme	teilweise berücksichtigt	werden berücksichtigt
Probenahme	aufwendig	einfacher durchführbar
Nährstoffbedarfsermittlung	für mehrere Jahre	Momentaufnahme

2.2.1 Zeitpunkt der Blattanalysen

In der Praxis sind zwei Zeitpunkte der Probenahme für die Blattanalysen geeignet:

- Frühe Blattanalyse (Ende Mai–Anfang Juni)
- Späte Blattanalyse (Ende Juli–Anfang August) - Standard

Im August sind allerdings kaum mehr Korrekturmaßnahmen für dieselbe Vegetationsperiode möglich. Aus diesem Grund ist die Akzeptanz der späten Blattanalysen in der Praxis relativ gering, sodass die Präferenz heute eindeutig bei der frühen Blattanalyse liegt.

Was spricht für die frühe Blattanalyse?

- Die Blattanalyse zum Zeitpunkt des höchsten Nährstoffbedarfes gibt bessere Hinweise auf eine Unter- oder Überversorgung
- Ein Ungleichgewicht in der Nährstoffversorgung wirkt sich in dieser Wachstumsphase stärker aus als zu einem späteren Zeitpunkt
- Der Obstbauer kann noch in der gleichen Vegetationsperiode über Düngungsmaßnahmen auf allfälligen Nährstoffmangel reagieren.

2.2.2 Probenahme

Eine Probe umfasst 100 Blätter, wobei immer die 2 mittleren Blätter von Kurz- bzw. Langtrieben entnommen werden sollen. Je Baum sind von 2 Trieben die Blätter zu entnehmen, das ergibt in der Summe 25 Bäume pro Anlage. Auszuwählen sind durchschnittliche Bäume mit normaler Behangdichte. Die Triebe sind aus dem mittleren Bereich der Baumkrone auszuwählen, die Blätter müssen gut belichtet sein (Sonnenblätter). Die Probenahme darf nicht nach stärkeren Regenfällen, intensiver Beregnung und nach Blattdüngungsmaßnahmen erfolgen. Die Probe sollte in Säckchen mit Luftführung verpackt, mit einem Begleitschreiben versehen und rasch zum Untersuchungslabor gebracht bzw. dorthin geschickt werden. Eine sorgfältige Probenahme bestimmt wesentlich die Aussagekraft der Blattanalyse.

2.2.3 Interpretation der Analysenergebnisse

Die Auswertung der Ergebnisse von Blattanalysen orientiert sich an den Richtwerten für Nährstoffgehalte der jeweiligen Obstkultur (siehe Tabelle 11 und 12), sollte aber nicht nach einem starren Schema erfolgen. Außerdem zeigt schon ein Vergleich der Tabellen 11 und 12, dass die Grenzen des Optimal Bereiches von unterschiedlichen Versuchsanstalten unterschiedlich gesetzt werden. Ursache dafür sind unter anderem standortspezifisch unterschiedliche Erfahrungswerte.

Folgende Faktoren sind bei der Interpretation mit einzubeziehen:

- Sorte
- Witterung der letzten 14 Tage
- Triebwachstum - Schnittintensität
- Behang Dichte
- Blattdüngungsmaßnahmen

- Bodenanalysenergebnisse
- Beobachtungen im Bestand (Blattentwicklung, Blattfarbe etc.)

Es existieren verschiedene PC-unterstützte Interpretationsschemata. Die Interpretation sollte durch oder gemeinsam mit dem Berater erfolgen, wobei eine graphische Darstellung der Ergebnisse die Interpretation erleichtert (siehe Abbildung 2).

Tabelle 11: Richtwerte für Nährstoffgehalte in Apfelblättern (Angabe in % bezogen auf TS)

Nährstoff	Einheit	Zeitpunkt der Analyse früh ¹ (Ende Mai–Anfang Juni)	Zeitpunkt der Analyse spät ² (Ende Juli–Anfang August)
N	%	2,6–3,0	2,3–2,6
P	%	> 0,26	0,16–0,26
K	%	1,5–2,0	1,20–1,70
Ca	%	> 0,90	1,20–2,0
Mg	%	> 0,24	0,20–0,36
Zn	ppm	25–50	20–50
Cu	ppm	8–15	5–12
Mn	ppm	50–100	40–100
Fe	ppm	60–150	60–100
B	ppm	30–50	25–50

¹Quelle: Versuchszentrum Laimburg

²Quelle: PFC Gorsem

Tabelle 12: Richtwerte für Nährstoffgehalte in Blättern verschiedener Obstarten für den Zeitpunkt Ende Juli–Anfang August (in % TS)

Obstart ¹	N	P	K	Ca	Mg
Apfel	2,2–2,5	0,19–0,22	1,6–1,9	1,3–1,6	0,23–0,28
Birne	2,0–2,7	0,15–0,23	1,1–1,8	1,4–2,9	0,29–0,41
Zwetschke	2,3–2,7	0,15–0,24	2,0–2,6	2,0–2,5	0,31–0,39
Süßkirsche	2,2–2,6	0,17–0,22	2,0–2,6	1,7–2,2	0,26–0,34
Sauerkirsche	2,8–3,2	0,20–0,35	1,6–2,0	1,6–2,5	0,30–0,50
Pfirsich	3,2–3,9	0,19–0,24	2,5–3,1	2,1–2,7	0,41–0,53

Obstart ¹	N	P	K	Ca	Mg
Marille	2,4–2,8	0,16–0,21	2,6–3,1	1,9–2,5	0,35–0,49
Erdbeere²	2,4–3,3	0,14–0,30	1,5–2,2	0,8–1,6	0,25–0,45
Himbeere³	2,8–3,5	0,25–0,50	1,8–2,5	0,9–1,5	0,35–0,60
Rote Johannisbeere³	2,8–3,5	0,25–0,50	1,5–2,5	0,9–1,5	0,30–0,60
Heidelbeere	1,6–2,0	> 0,12	0,35–0,65	> 0,40	> 0,12

¹ Quelle: Grundlagen für die Düngung von Obstkulturen Flugschrift Nr. 15; FAW

² Quelle: VBOG Langförden

³ Quelle: PFC Gorsem

2.3 Fruchtanalysen

Die Haltbarkeit von Früchten (Kernobst) während der Lagerung bzw. nach dem Auslagern (Shelf-life) hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. Unter anderem übt auch die mineralische Zusammensetzung der Früchte einen bedeutsamen Einfluss auf die Lagerfähigkeit der Früchte aus (Tabellen 13 und 14). Durch eine Fruchtanalyse auf Mineralstoffe können somit unnötige Lagerungsverluste vermieden werden, indem etwa für Langzeitlagerung nicht geeignete Partien als solche erkannt und rasch vermarktet werden. Das für die Haltbarkeit bedeutsamste NährElement ist **Kalzium**. Neben dem Kalzium üben auch die Elemente Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium sowie deren Verhältnisse zueinander einen wesentlichen Einfluss auf die Fruchthaltbarkeit aus.

Für die Beurteilung der Haltbarkeit der Ware sind neben dem absoluten Kalziumgehalt der Früchte auch die **Verhältnisse von (K+Mg) /Ca** und die **N/Ca Verhältnisse** (Tab. 15) besonders zu berücksichtigen. Ein günstiges (K+Mg) /Ca Verhältnis in Hinblick auf gute Lagerfähigkeit der Früchte liegt je nach Sorte zwischen < 15 bis < 20. Bei Werten > 30 ist mit erhöhten Lagerungsverlusten zu rechnen (Stippe, Fleischbräune, Fruchtfäulnis u.a.). Das gleiche gilt für N/Ca Verhältnisse > 20.

Tabelle 13: Effekte einer zu hohen Nährstoffversorgung in Früchten (Kernobst)

Element	mg/100g Frischsubstanz	Negative Erscheinungen
N	>60	Lagerfäulen, Fleischbräune, Welke, schlechte Ausfärbung, geringe Festigkeit
K	>130	Stippe, Gloeosporium-Fäule
P	>11	Stippe
Mg	>5,5	Stippe, physiologische Lagerkrankheiten

Tabelle 14: Effekte einer zu niedrigen Nährstoffversorgung in Früchten (Kernobst)

Element	mg/100g Frischsubstanz	Negative Erscheinungen
N	< 35	Mangelnde Fruchtgröße, Alternanz
K	< 100	Kältefleischbräune, geringer Zucker- und Säuregehalt, schlechte Ausfärbung und Geschmack
P	< 9	Geringe Fruchtfleischfestigkeit, Alterszerfall (rasches Weichwerden)
Mg	< 4	Geringe Fruchtfleischfestigkeit
Ca	< 4,5	Stippe, Fäulnis, Fleischbräune, weiches Fruchtfleisch, verstärkter Chlorophyllabbau, Lentizellen Flecken, schnelle Fruchtalterung

Tabelle 15: Beurteilung der (K + Mg) /Ca und N/Ca-Verhältnisse hinsichtlich der Lagerfähigkeit (späte Mineralstoffanalysen)

Späte Mineralstoffanalysen	Interpretation
Verhältnisse	ungünstig
K+Mg/Ca	> 30,0
N/Ca	> 20,0

Abbildung 2: Kaliummangel verstärkt das Auftreten von Kältefleischbräune (Soft Scald)



3 Düngung im Obstbau

Das Nährstoffangebot des Bodens aus der natürlichen Nachlieferung ist durch den Nährstoffentzug auf Dauer nicht ausreichend, um eine gute Entwicklung der Obstpflanze und optimale Erträge und Fruchtqualität sicher zu stellen. Durch die Düngung werden den Obstgewächsen organisch gebundene oder mineralische (anorganische) Nährstoffe zugeführt. Die Pflanze kann über die Wurzel nur Nährstoffe in gelöster Form aufnehmen und zwar in Ionenform durch die Zellwände der Wurzelhaare aus der schwach konzentrierten Bodenlösung. Die wichtigste Voraussetzung für eine optimale Nährstoffaufnahme ist daher ein ausreichendes Wurzelwachstum, das durch Optimierung von Bodenfeuchte und Bodendurchlüftung positiv beeinflusst werden kann. Die Düngung muss einerseits aus ökologischen und ökonomischen Gründen auf das notwendige Maß beschränkt werden, andererseits so ausreichend sein bzw. harmonisch und zeitlich so abgestimmt werden, dass jene Erträge und Qualitäten erreicht werden, die einen optimalen Betriebserfolg sicherstellen.

Nur durch eine ausgewogene Nährstoffversorgung des Bodens können den Obstbäumen die Nährstoffe in harmonischem Verhältnis und ausreichender Menge zur rechten Zeit zur Verfügung gestellt werden. Die Bäume werden dadurch im physiologischen Gleichgewicht gehalten. Um bedarfsgerecht zu düngen, muss der Nährstoffgehalt des Bodens bekannt sein. Grundsätzlich müssen im integrierten und biologischen Obstbau alle Maßnahmen zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit ausgeschöpft werden. Dazu zählen eine sorgfältige Bodenvorbereitung, schonende Bodenbearbeitung, Optimierung der Humusversorgung und die Düngung mit aufbereiteten Wirtschaftsdüngern

3.1 Nährstoffbedarf und -versorgung von Neuanlagen

Vor einer Neuanlage sollten eventuelle Bodenverdichtungen und Staunässe behoben, eine günstige Bodenstruktur einseitig sandiger oder toniger bzw. humusarmer Böden durch organische Bodenverbesserungsmittel (z. B. Stallmist oder Kompost) gefördert und eine Bodenanalyse des Ober- und Unterbodens (getrennte Entnahme!) durchgeführt werden. Zeigt diese einen zu niedrigen pH-Wert an sollte aufgekalkt werden. Bei zu niedrigem oder unharmonischem Nährstoffgehalt kann speziell der schwer bewegliche Nährstoff Phosphat, auf schweren Böden auch Kalium, auf einfache Weise in den mangelhaft oder unharmoni-

nisch versorgten Bereich des Bodens eingebracht werden. In Südtirol werden für Nährstoffklasse A Reinnährstoffmengen von 120 bis 160 kg P₂O₅ pro ha und 150 bis 300 kg K₂O pro ha empfohlen.

3.2 Nährstoffbedarf und -versorgung von Junganlagen

In Junganlagen geht man vom Zielertrag in der Vollertragsphase aus und legt die zu ergänzende Nährstoffmenge mit mindestens 50% der Düngungsmenge dieses Zielertrages fest. Bei Apfel mit Zielertrag von >30t pro ha also 50% des empfohlenen Richtwertes von 100 kg Rein-N pro ha (Tab. 18), also 50 kg. Mit zunehmender Ertragskapazität (wachsendes Kronenvolumen) wird diese Menge sukzessive der Menge des Zielertrages angepasst. Die Aufbauphase beträgt bei modernen Kern- und Steinobstanlagen 2 bis 5 Jahre. Zusätzlich zu dieser Ergänzungsdüngung sind der Nährstoffbedarf des im Aufbau befindlichen Grasmulches und etwaige Nährstoffdefizite über den Entzug hinaus (Versorgungsstufe A oder B) laut Bodenuntersuchungsergebnis zu berücksichtigen.

3.3 Nährstoffbedarf und -versorgung von Ertragsanlagen

3.3.1 Berechnung des Nährstoffbedarfs

Die Nährstoffe, die die Pflanzen für das Wachstum und die Fruchtproduktion dem Boden entziehen (Tab. 16) müssen durch Nachlieferung des Bodens und durch die Düngung wieder ersetzt werden. Zudem besteht ein vom Vegetationsverlauf abhängiger Bedarf an Nährstoffen.

Tabelle 16: Nettonährlemententzug durch die Ernte bei verschiedenen Obstarten
(Quelle: G. Baab, Obstbau 2/2004: LfL Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft Basisdaten 2013)

Obstart	Ertrag in kg/ha	Nährstoffabfuhr (kg/ha) N	Nährstoffabfuhr (kg/ha) P ₂ O ₅	Nährstoffabfuhr (kg/ha) K ₂ O
Kernobst	40.000	44	12	76
Steinobst	20.000	36	12	60
Erdbeeren	20.000	34	10	56

Obstart	Ertrag in kg/ha	Nährstoffabfuhr (kg/ha) N	Nährstoffabfuhr (kg/ha) P ₂ O ₅	Nährstoffabfuhr (kg/ha) K ₂ O
Himbeeren	10.000	20	4	20
Brombeeren/Stachelbeeren	15.000	30	6	30
Johannisbeeren*	10.000	20	10	30
Kulturheidelbeeren*	10.000	20	10	30

Im Frühjahr muss ein entsprechend hohes Angebot an Stickstoff und Phosphor zur Verfügung stehen, im Sommer dagegen besteht speziell für die Fruchtentwicklung ein erhöhter Bedarf an Kalium. Auch kommen die gedüngten Nährstoffe nicht in vollem Umfang den Obstgewächsen zugute bzw. können mengenmäßig nicht allein aufgrund des Entzugs über den Fruchtertrag bestimmt werden, weil Nährstoffe durch Festlegung im Boden und in der Pflanze kurzfristig verloren gehen können. Die Nährstoffmenge, die für die Trieb- und Blattentwicklung, das sekundäre Dickenwachstum und die Blütenknospenbildung benötigt wird ist beträchtlich. Die Gefahr der Nährstoffauswaschung hingegen ist im Erwerbsobstbau aufgrund des in der Praxis vorherrschenden Grasmulch Systems äußerst gering. Zudem ist es üblich zur Ernte hin Bewuchs im Baumstreifen zu tolerieren, wodurch dem zur Fruchtreife hinsinkenden N-Bedarf Rechnung getragen wird. Der Ausnutzungsgrad der Nährstoffe liegt je nach Nährstoff und Standortbedingungen bei <50 % bis >70 %. Aus all den vorher genannten Gründen müssen die **Düngedarfswerte über den Nettoentzügen liegen** und daher muss über die jährliche Düngung dem Boden etwas mehr zurückgegeben werden, als ihm durch die Ernte entnommen wird. Düngungsempfehlungen können daher je nach Sorte, Unterlage, physiologischen Zustand und Wachstum des Baumes bzw. Nährstoff- und Humusgehalt des Bodens schwanken bzw. Bedarfswerte innerhalb einer gewissen Bandbreite angeben (Tab. 17).

Tabelle 17: Beispiel einer differenzierten Düngungsempfehlung (Reinnährstoffe in kg/ha und Jahr) in Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt im Boden (Apfel); Quelle G. Baab, Obstbau 2/2004

Nährstoffklasse	Düngung	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Bor
A	>> Entzug	60–90	150–180	75–100	1,0–1,5
B	> Entzug	40–60	110–150	50–75	0,7–1,0
C	= Entzug	20–40	60–110	15–30	0,5–0,7
D	< Entzug	10–20	30–60	7,5–15	0,0–0,5

Nährstoffklasse	Düngung	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Bor
E	Keine Düngung	0 (für 2–4 Jahre)	0 (für 2–4 Jahre)	0 (für 2–4 Jahre)	0 (für 2–4 Jahre)

Bei einer durch die Bodenanalyse festgestellten Unterversorgung (Nährstoffklasse A und B) bei P₂O₅, K₂O und MgO sind die Düngermengen entsprechend zu erhöhen. Für Nährstoffklasse A empfiehlt der Fachbeirat den Wert der Entzugsdüngung (Nährstoffklasse C; Tabelle 18) mit dem Faktor 2, für Nährstoffklasse B mit dem Faktor 1,5 und für Nährstoffklasse D (gute Versorgung) mit 0,5 zu multiplizieren. Bei Nährstoffklasse E (sehr gute Versorgung) unterbleiben Düngungsmaßnahmen. In der Tabelle 18 sind, abgestuft nach der Ertragserwartung, Reinnährstoffmengen in kg pro ha und Jahr für Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium angegeben, wie sie der Fachbeirat empfiehlt (Basis P₂O₅, K₂O, MgO: Nährstoffklasse C).

Tabelle 18: Düngeempfehlung im kg Reinnährstoff/ha für Anlagen im Vollertrag nach der Ertragserwartung für Kern-, Stein- und Beerenobst, Basis Gehaltsklasse C

Obstart	Ertrag (t/ha)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Apfel, Birne	<30	70	25	90	15
	>30	100	35	120	25
Zwetschke	<15	70	25	75	15
	>15	110	30	100	20
Kirsche	<8	70	25	75	15
	>8	110	30	100	20
Pfirsich	<15	70	25	75	15
	>15	110	30	100	20
Marille	<10	70	25	75	15
	>10	110	30	100	20
Johannisbeere	<8	90	55	130	15
	>8	120	70	170	20
Apfelbeere	<6	90	55	130	15
	>6	120	70	170	20
Stachelbeere	<6	60	35	85	20
	>6	90	45	115	25
Erdbeere	<10	100	35	130	20
	>10	120	45	170	25
Himbeere	<8	90	40	90	20
	>8	110	60	120	25
Brombeere	<8	90	35	70	15
	>8	120	45	85	20
Heidelbeere	<5	90	25	65	15
	>5	120	35	75	20
Holunder	<8	150	40	90	15
	>8	175	50	110	20
Mandel	<3*	60	35	85	20
	>3*	90	45	115	25
Kornelkirsche	<8	60	35	85	20

Obstart	Ertrag (t/ha)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
	>8	90	45	115	25
Walnuss	<1,5**	60	35	85	20
	>1,5**	90	45	115	25
Haselnuss	<1,5**	90	30	90	20
	>1,5**	120	40	120	30

*Fruchtertrag der noch nicht ausgelösten Steinkerne inklusive grün-brauner Hülle (Mesokarp)

** Fruchtertrag der getrockneten, noch nicht ausgelösten Nüsse

Auch die **Graseinsaat in der Fahrgasse** (Grasmulchsystem) benötigt zur Entwicklung einer dauerhaft strapazierfähigen Narbe in den ersten Jahren nach der Einsaat eine Düngung in der Höhe des Entzuges, der sich auf 80 kg N, 35 kg P₂O₅, 125 kg K₂O und 20 kg MgO pro ha und Jahr beläuft. Verbleibt das Gras beim Mulchen in vollem Umfang in der Fahrgasse, so stellt sich eine ausgeglichene Nährstoffbilanz ein, die dann eine weitere Düngung dieses Bereiches nur mehr in Ausnahmefällen erforderlich macht. Durch Mineralisierung und Verwitterung werden zusätzlich ständig Nährstoffe aus dem Boden pflanzenverfügbar.

3.3.2 Stickstoffdüngung

Der jährliche Stickstoffentzug durch die Früchte der Obstbäume ist je nach Obstart und Ertragsleistung mit etwa 30–60 kg N/ha relativ gering. Die jährliche Aufnahme ist mit 70–80 kg/ha jedoch deutlich höher, da ein großer Teil in die Blätter eingelagert wird.

Eine Unterversorgung mit N in der kritischen Phase nach der Blüte (Zellteilungsphase) kann die Holzbildung, den Fruchtansatz sowie die Bildung und die Qualität von Blütenknospen erheblich reduzieren. Andererseits kann bereits eine geringe N-Überversorgung zu übermäßigem Triebwachstum führen und das Auftreten von physiologischen Störungen verbunden mit Haltbarkeitsproblemen fördern. Auch das Schädlings- und Krankheitsauftreten wird durch eine übermäßige Stickstoffdüngung verstärkt.

Der N-Bedarf der Obstgehölze schwankt innerhalb der Vegetationsperiode und ist in erster Linie auf die Monate April bis Juli, mit einem Maximum im Juni, beschränkt. Der N-Bedarf im Frühjahr wird zur Hälfte aus den baumeigenen Reserven gedeckt. Eine dem Bedarf angepasste N-Versorgung ist somit auch eine Terminfrage, nicht nur eine Frage der Stickstoffmenge. Daher ist hier der Zeitpunkt der N-Düngung exakt zu terminisieren. Eine allfällige Konkurrenz durch Begleitpflanzen im Baumstreifen ist rechtzeitig z. B. durch mechanische

Bearbeitung oder durch Herbizide zu regulieren, damit die Mineralisierung gefördert wird und der Stickstoff den Bäumen zugutekommt.

Die klassische Stickstoffbodendüngung verfolgt das Ziel, eine vorhandene N-Unterversorgung in den Monaten April, Mai und Juni auszugleichen, da in diesem Zeitraum gleichzeitig über den Boden meist ein niedriges natürliches Angebot zur Verfügung steht. In den Monaten August und September reicht die Mineralisierung meistens aus, um die Versorgung mit N sicher zu stellen.

Zwischen der Stickstoffnachlieferung und dem Humusgehalt des Bodens gibt es einen deutlichen Zusammenhang. Je höher der Humusgehalt, desto mehr mineralischer Stickstoff steht der Pflanze zur Verfügung. Die Mineralisierung des Stickstoffs setzt im Allgemeinen ab Mitte April verstärkt ein. Aus diesem Grund sollte der Humusgehalt bei der Stickstoffdüngung mittels Korrekturfaktoren mitberücksichtigt werden (Tab. 19). Wichtig ist auch die Berücksichtigung der Blühstärke, da bei verstärktem Fruchtansatz erhöhter Stickstoffbedarf besteht. Dagegen sollte bei einer niedrigen Ertragserwartung die Stickstoffmenge reduziert werden, um die Lagerfähigkeit und Fruchtqualität nicht negativ zu beeinflussen.

Tabelle 19: Gewichtungsfaktoren für die Stickstoffberechnungen (Korrekturwerte in % der empfohlenen Richtwerte)

	niedrig	mittel	hoch
Erwartete Blühstärke	-10	0	+10
Humusgehalt	+10	0	-10

Düngestrategie

Grundsätzlich sollte die angestrebte Stickstoffdüngermenge in mindestens zwei Teilgaben ausgebracht werden:

1. Teilgabe

Schwere Böden: Ende Februar bis Anfang März (langsam oder rasch wirksame N–Dünger) bzw. Herbstdüngung (lt. Nitratrichtlinie nach der Ernte im Oktober bis spätestens 15. November, wenn die Bodentemperaturen noch bei >5 °C liegen)

Leichte Böden: Ende März bis Anfang April

2. Teilgabe

Nach der Blüte (rasch wirksame N-Dünger, ausgenommen Beerenobst)

Bei Verwendung von verzögert freigesetzten Stickstoff-Düngern bzw. N-haltigen Volldüngern kann die vom Fachbeirat empfohlene Menge in einer Gabe ausgebracht werden.

3.3.3 Kaliumdüngung

Abbildung 3: Kaliummangelsymptome bei Fuji



Kalium zählt zu den Hauptnährstoffen und spielt eine entscheidende Rolle im Stoffwechsel der Pflanze. Maßgeblich werden Ertrag und Qualität der Früchte beeinflusst. Steigende Kaliumversorgung der Obstpflanzen bis zum Optimalbereich der Versorgung führt zu folgenden positiven Effekten:

- **Förderung des Kohlenhydratstoffwechsels** durch verstärkte Photosynthese
- Erhöhung des **Gehaltes an Vitaminen**
- Steuerung der **Proteinsynthese** (Aktivierung von Enzymen)
- Regelung des **Wasserhaushaltes** (Wasseraufnahme und Transpiration)
- Verbesserung der **Frosthärt**e
- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen **Trockenheit**
- Förderung der **Fruchtqualität** (Größe, Farbe, Zucker- und Säuregehalt, Aroma)

In zahlreichen Versuchen konnte die qualitätsfördernde Wirkung von Kalium nachgewiesen und bestätigt werden. Thiault (1975) berichtet von einem Versuch zur Qualitätsverbesserung von Golden Delicious, dass bei einer Reinkalimenge von 200 kg/ha der höchste Refraktometerwert erzielt wurde. Versuche des IKC in Wilhelminadorp (1993) zeigten deutlich den qualitätsfördernden Einfluss des Kaliums, indem der Gehalt an titrierbarer Säure mit steigenden Kaligehalten im Blatt verbessert werden konnte. Auch im landwirtschaftlichen Versuchszentrum Haidegg zeigten sich signifikante Korrelationen zwischen den Gehalten an löslicher Trockensubstanz (°Brix) und den Fruchtkaliumwerten bei der Sorte Braeburn.

Das Aneignungsvermögen der Früchte für Kalium ist größer als das der Blätter. Kaliummangelerscheinungen kann man daher am ehesten bei gut tragenden Bäumen in trockenen Jahren beobachten. Der Wassergehalt des Bodens sowie die Bodenart beeinflussen entscheidend die Kaliumverfügbarkeit. Trockene Witterung und hoher Tonanteil führen zu einer stärkeren Kaliumfixierung. Obstbäume mit Kaliummangel sind aufgrund der höheren Transpirationsrate anfälliger für Trockenstress und sie sind auch frostanfälliger.

Andererseits bewirkt eine zu starke Kaliumversorgung durch die antagonistische Wirkung eine Reduktion der Aufnahme von Kalzium und Magnesium. Zuviel Kalium in Relation zu Kalzium fördert den Stippebefall und das Auftreten von Fleischbräune bei Kernobst während der Lagerung.

Abbildung 4: Fleischbräune bei Rubens als Folge eines ungünstigen Kalium/Kalziumverhältnisses in der Frucht



3.3.4 Kalkdüngung und Kalziumversorgung

3.3.4.1 Kalkdüngung über den Boden

Die Kalkdüngung dient in erster Linie der Erhöhung des pH-Wertes im Boden sowie der Strukturverbesserung und Strukturerhaltung. Eine Aufkalkung (Verbesserungskalkung) ist nur auf Basis einer Bodenuntersuchung, bei der in Abhängigkeit von der Nutzungsart und der Bodenart der Kalkdüngebedarf festgestellt wird, durchzuführen (siehe „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“, 8. Auflage).

Um die jährlichen Kalkverluste durch Auswaschung, Bodenversauerung und Entzug auszugleichen, sollte **alle 3 Jahre** eine **Erhaltungskalkung** durchgeführt werden.

Ziele:

- Erhöhung des pH-Wertes
- Verbesserung der Bodenstruktur

- Verbesserung des Angebotes an pflanzenverfügbarem Ca

Die anzustrebenden Mengen richten sich nach der Bodenart und den Niederschlagsverhältnissen.

Richtwerte für die Erhaltungskalkung

Leichter Boden: 6–8 dt/ha CaO (entspricht ca. 1.000 kg Mischkalk alle 3 Jahre)

Schwerer Boden: 12–15 dt/ha CaO (entspricht ca. 2.000 kg Mischkalk alle 3 Jahre)

Schnell wirkende Kalkdünger wie Brannt- und Löschkalk (CaO bzw. $\text{Ca}(\text{OH})_2$) sind vor allem für das Kalken schwerer Böden geeignet. Kohlensaure Kalke (CaCO_3) eignen sich zum Kalken leichter und saurer Böden und zeigen eine nachhaltigere Wirkung. In den Mischkalken sind überwiegend Branntkalk und kohlensaurer Kalk enthalten. Bei niedrigen Magnesiumgehalten im Boden sollten bevorzugt Mg-haltige Kalke (Magnesiumbrannt- und Magnesiummischkalke, kohlensaurer Magnesiumkalk, Dolomitkalk etc.) ausgebracht werden.

Im Bioanbau sind nur langsam wirkende Kalkdünger erlaubt, wie z. B. das Calciumcarbonat (kohlensaurer Kalk, Kalkmergel, Meeresalgen), Calcium-Magnesiumcarbonat (Dolomit) und Calciumsilikat (Hüttenkalk). Zur Ca-Versorgung werden in erster Linie kohlensauere Kalkdünger (CaCO_3) eingesetzt.

3.3.4.2 Kalziumversorgung

Die ausreichende Versorgung der Obstbäume mit Kalzium (Ca) ist für die Produktion von lagerfähigem Qualitätsobst, speziell Apfel, von enormer Bedeutung. Es werden zwar nur ca. 3,0 kg Ca pro ha und Ernte im Fruchtfleisch, vor allem in die Zellwände der Früchte, eingelagert, aber schon geringe Ca-Defizite führen zu labilen Zellwänden und zu physiologischen Störungen (Abb.5: Stippe).

Abbildung 5: Stippe bei Apfel



Auswirkungen niedriger Fruchtkalziumwerte auf die Lagerfähigkeit:

Kalziummangel in der Frucht führt zu einer Reihe von **physiologischen Störungen und eingeschränkter Lagerfähigkeit**:

- Stippigkeit
- Lentizellenflecken
- Fleischbräune
- Kernhausbräune
- Weiches Fruchtfleisch
- Fäulnisanfälligkeit (*Gloeosporium*)
- Schlechte Ausfärbung
- niedriger Vitamin C Gehalt
- Größere endogene Ethylenproduktion, dadurch
 - vorzeitige Reifung am Baum
 - schnelle Alterung (höhere Atmungsintensität)
 - rascher Chlorophyllabbau
 - verminderte Lagerfähigkeit

Kalzium-Blattdüngung bei Kernobst

Leichte Kalziumdefizite lassen sich mit Hilfe kalziumhaltiger Blattdünger beheben. In der Praxis werden ab Juni je nach Sorte und Behangdichte in erster Linie Behandlungen mit Kalziumnitrat und Kalziumchlorid durchgeführt. Auch im biologischen Obstbau darf bei nachweislichem Calciummangel Kalziumchlorid (CaCl_2) als Blattdünger eingesetzt werden. In

Junganlagen und bei geringen Behangdichten sind verstärkt Ca-Applikationen durchzuführen und die Zahl der Ca-Anwendungen um mind. 2–3 zu erhöhen (Tabelle 20).

In den Monaten Juli–August sollten aufgrund des höheren Stickstoffgehaltes bevorzugt nitrathaltige Kalziumblattdünger eingesetzt werden, ab Mitte August ist die Umstellung auf **Kalziumchlorid** (CaCl_2) sinnvoll. Ein zu häufiger und später Einsatz nitrathaltiger Produkte hemmt die Ausbildung der roten Deckfarbe und fördert die Fettigkeit der Fruchtschale. **Kalziumdünger** auf Chloridbasis müssen unbedingt **temperaturabhängig** dosiert werden. Bei Temperaturen $>25^\circ\text{C}$ sollten keine Ca-Chloridhältigen Blattdünger ausgebracht werden, bei Temperaturen $<20^\circ\text{C}$ kann jeweils die größte Aufwandmenge appliziert werden. **Feinsprühen** gibt weniger Spritzflecken und Blattschäden als Normalsprühen. Bei Abschlussbehandlungen sollte nicht auf nasse Früchte gespritzt werden, da durch das Zusammenfließen der Spritzbrühe störende Spritzflecken entstehen. Auf die Mischbarkeit mit Pflanzenschutzmitteln ist vor allem bei Kalziumchlorid zu achten.

Empfohlen wird die Applikation bei **Temperaturen $<20^\circ\text{C}$** (abends) mit Aufwandmengen **von 5,0–7,5 kg/ha**. Zu hohe Aufwandmengen an Calciumchlorid können zu Blattverbrennungen und mehr Fettigkeit der Früchte führen. Die Dosierung kann in Ausnahmefällen (Anlagen mit geringen Behangdichten) bei Temperaturen unter 20°C kurz vor der Ernte auf max. 10 kg/ha erhöht werden. Bei Temperaturen über 20°C ist die Aufwandmenge von Kalziumchlorid auf max. 4,0 kg/ha zu beschränken oder man hat die Möglichkeit, auf die teureren formulierten Kalziumblattdünger, die pflanzenverträglicher sind, auszuweichen.

Tabelle 20: Empfohlene Anzahl von Ca-Applikationen bei verschiedenen Apfelsorten

Anzahl der Ca-Applikationen		
Sorten	Behang gut	Junganlagen, Behang gering
Braebum	5–6	7–9
Jonagold, Boskoop, Nicoter/Kanzi®, Tropaz®, Bonita, Natyra®	4–5	5–7
Golden Del., Pinova, Evelina®, Fuji, Kronprinz Rudolf	3–4	4–6
Idared, Granny Smith	1–2	3–4

Neben den Kalziumspritzungen sind eine Vielzahl weiterer Kulturmaßnahmen bekannt, die das Auftreten von Stippigkeit reduzieren bzw. verhindern können wie z. B. **Reduktion des Triebwachstums** durch **Wurzelschnitt**, angepasste Stickstoffgaben und **Vermeidung von**

Übergrößen durch fruchtwachstumshemmende Maßnahmen (Wurzelschnitt u. a.). Auch mit der natürlichen **Begrünung des Pflanzstreifens** erzielt man ähnliche Effekte.

Kalzium-Blattdüngung bei Stein- und Beerenobst

Auch bei Stein- und Beerenobst bleiben ausreichend mit Ca versorgte Früchte im Lager und vor allem im Shelf-life (nach der Auslagerung) stabiler. Bei Kirschen können Ca-Applikationen das Platzen der Früchte reduzieren, bei Erdbeeren kann die Fruchtstabilität verbessert und der Botrytisbefall vermindert werden. Aus Gründen der besseren Verträglichkeit sollten bei Beeren- und Steinobst nicht unbedingt die höchsten Dosierungen zum Einsatz kommen, zwei bis drei Applikationen auf die Jungfrüchte sind jedoch durchaus empfehlenswert.

3.3.5 Magnesiumdüngung

Der Jahresentzug von Kern-, Stein- und Strauchbeerenobst beträgt je nach Wuchs- und Ertragsverhalten zwischen 10 und 30 kg MgO/ha. Die Blätter beanspruchen bis zu 2/3 des Entzuges, bleiben aber größtenteils im Nährstoffkreislauf. Die jährliche Abnahme des Bodenvorrates durch Auswaschung ist ebenfalls zu berücksichtigen, sodass eine jährliche Bodendüngung von mind. 20–40 kg MgO/ha angebracht ist (Erhaltungsdüngung).

Eine kostengünstige Form der Magnesiumbodendüngung besteht in der Verwendung Mg-haltiger Kalke (Magnesiumbrannt- und Magnesiummischkalke, kohlensaurer Magnesiumkalk, Dolomitkalk etc.). Diese können im Zuge der Erhaltungskalkung ausgebracht werden.

Die erforderlichen Magnesiummengen können bei hohen pH-Werten auch durch den Einsatz Mg-haltiger Spezialdünger, die Mg in Sulfatform enthalten, aufgedüngt werden. Letztere sollten wegen der Auswaschungsgefahr nicht im Herbst, sondern eher im Frühjahr ausgebracht werden. Magnesiumbodendünger sind nicht immer sofort, sondern häufig erst im Folgejahr wirksam. Gefährdete Kulturen müssen deshalb regelmäßig über den Boden und gleichzeitig über die Blätter versorgt werden. Bei den im Handel erhältlichen Magnesiumblattdüngern handelt es sich vorwiegend um Sulfate, Nitrate und Chelate, die alle gut wasserlöslich sind. Die sulfathaltigen Magnesiumsalze (z. B. Bittersalz) sind im allgemeinen sehr gut pflanzenverträglich, sie dürfen jedoch nicht mit Ca-haltigen Blattdüngern wie Kalksalpeter und Kalziumchlorid gemischt werden.

Abbildung 6: Magnesiummangel bei der Apfelsorte Kanzi® Nicoter



3.4 Blattdüngung

Blattdüngungsmaßnahmen sind immer als Ergänzung zur Bodendüngung zu sehen und können dann besonders gezielt eingesetzt werden, um sichtbare oder latente Mängelscheinungen zu beseitigen. Aufgrund ungünstiger Nährstoffaufnahmebedingungen bedingt durch Trockenheit, Hitzestress, extremer Feuchtigkeit u.a. kann es zu einer kurzfristigen Unterversorgung kommen, die am besten über eine Blattdüngung ausgeglichen werden kann. Gute Hinweise auf eine allfällige Unterversorgung ergeben sich aus einer Blattanalyse oder spätestens nach dem Auftreten von sichtbaren Mängelscheinungen.

Vorzugsweise sollten Einzelnährstoffdünger zur Anwendung kommen. Mehrnährstoffdünger haben oft zu geringe Nährstoffgehalte und sind daher bezogen auf die Nährstoffeinheit teurer als Einzelnährstoffblattdünger.

Vorteile der Blattdüngung:

- Rasche Wirkung (innerhalb von 1–5 Tagen)
- Gezielte Düngung
- Keine Auswaschungs- und Fixierungsgefahr
- Applikation in Kombination mit Pflanzenschutzmaßnahmen

- Bedarfsgerechte Zufuhr der Nährstoffe
- Hohe Effektivität der Düngung

Nachteile der Blattdüngung:

- Gefahr von phytotoxischen Erscheinungen (Blatt- und Fruchtschäden, Berostung etc.)
- Bei Hauptnährstoffen ist nur beschränkte Mengenzufuhr möglich
- Ausreichende Blattmasse ist erforderlich
- Witterungsabhängige Wirkung
- Kosten

Folgende Grundsätze sollten beachtet werden:

- **Mischbarkeit**

Kalziumhältige Blattdünger können nicht mit phosphat- bzw. sulfathältigen Blattdüngern gemischt werden (z. B. Kalksalpeter mit Bittersalz). Harnstoff ist mit allen Blattdüngern mischbar und fördert die Aufnahme vieler Nährstoffe. Monoammon- bzw. Monokaliphosphat darf nur mit Harnstoff gemischt werden. Bezuglich Mischbarkeit mit Pflanzenschutzmitteln sollte unbedingt mit dem Hersteller Rücksprache gehalten werden. Sulfatformen sind meist weniger aggressiv als nitrathältige Blattdünger. Chloridhältige Blattdünger haben die höchste Aggressivität und sollten nur unter günstigen Bedingungen eingesetzt werden.

- **Maximale Aufwandmengen**

Harnstoff – Frühjahr:	5–7 kg/ha
Harnstoff – nach der Ernte:	15–20 (bei Birne bis 50) kg/ha
Bittersalz:	7–10 kg/ha
Kaliumnitrat:	3–4 kg/ha
Monokaliphosphat:	3–4 kg/ha
Monoammonphosphat:	3–4 kg/ha
Kaliumsulfat	5–7 kg/ha
Kalksalpeter	6–9 kg/ha

- **Wasseraufwandmengen**

Blattdünger sollten im Feinsprühverfahren mit einer Wasseraufwandmenge von 250–400 l appliziert werden. Feinsprühen gibt weniger Spritzflecken und führt zu geringeren Blattschäden. Bei Wasseraufwandmengen von 100–150 l/ha ist die

Produktmenge zu reduzieren. Kalksalpeter sollte wegen der Gefahr der Spritzfleckenbildung mit Wasseraufwandmengen unter 400 l/ha ausgebracht werden

- **Witterung**

Für die Ausbringung von Blattdüngern sind Temperaturen < 20 °C und hohe Luftfeuchte (Abend- oder Morgenapplikation) optimal. Bei Temperaturen über 25 °C sollen keine Blattdünger eingesetzt werden. Regen und Überkronenberegnung können leicht zu einer Abwaschung der Blattdünger führen. Blattdünger nicht auf das nasse Laub bzw. auf nasse Früchte spritzen.

Tabelle 21: Blattdünger-Aufwandmenge in Abhängigkeit von der Temperatur

Temperatur	Aufwandmenge
<20 °C	Volle Aufwandmenge
20–25 °C	Reduzierte Aufwandmenge
>25 °C	Keine Blattdünger einsetzen

Die Tabellen 22 und 23 zeigen beispielhaft eine empfehlenswerte Abfolge von Blattdüngungsmaßnahmen während eines Vegetationsjahres bei Kern- und Steinobstanlagen.

Tabelle 22: Blattdüngung im Kernobstbau (nach G. Baab, modifiziert)

Entwicklungsstadium	Produkt	Aufwand pro ha	Bemerkungen
Mausohrstadium	Kaliumnitrat	3–5 kg	Förderung der Knospenqualität und des Fruchtansatzes
Grün- Rotknospenstadium	Harnstoff + Mangan + Zinkchelate (Eisenchelate)	3–5 kg 250-500 ml 250-500 ml 1,0 l	Verbesserung der Blattqualität (Rosettenblätter) bei Chloroseproblemen
Rotknospenstadium	Harnstoff + Bittersalz + Solubor	3–5 kg 7 kg 1,0 kg	Verbesserung der Blattqualität; Alternativ statt Bittersalz Magnisal 3,0 kg/ha
Ballonstadium	Harnstoff + Bittersalz + Solubor	3–5 kg 6 kg 1,0 kg	Alternativ statt Bittersalz Magnisal 3,0 g/ha Verbesserung des Fruchtansatzes

Entwicklungsstadium	Produkt	Aufwand pro ha	Bemerkungen
Blüte	Harnstoff + Solubor	2,0 kg 0,5 kg	1–2 x zur Verbesserung der Blütenqualität und des Pollenschlauchwachstums
1. Nachblüte	Harnstoff + Manganelat + Zinkchelate	3–5 kg 250–500 ml 250–500 ml	1–2 x; Rosettenblattqualität, abwechselnd mit der 2. Nachblütebehandlung
2. Nachblüte	Harnstoff + Bittersalz + Solubor	3–5 kg 8 kg 1,0 kg	1–2 x; abwechselnd mit der 1. Nachblütebehandlung; Alternativ statt Bittersalz Magnisal 3,0 kg/ha Glattschaligkeit
Juni–Juli	Variante 1: Harnstoff + Bittersalz + Solubor	3–5 kg 8 kg 1,0 kg	1–2 x für die Blatt- und Fruchtentwicklung, Glattschaligkeit (abwechselnd mit Variante 2). Solubor nur im Juni
	Variante 2: Monokaliphosphat + Harnstoff	3–4 kg + 3–5 kg	1–2 x zur Förderung von Ausfärbung, Fruchtgröße und Fruchtfleischfestigkeit (abwechselnd mit Variante 1).
August	Kalziumnitrat-hältige Blattdünger (Kalksalpeter, formuliertes Ca-Dünger)	5–7 kg bzw. je nach Formulierung	Zugabe von formulierten Manganblattdüngern 250–500 ml/ha zur Förderung der grünen Grundfarbe bei Jonagold, Elstar und Birnen
September/ Oktober	Kalziumchlorid oder formuliertes Kalziumchlorid-hältige Blattdünger	5–7 kg bzw. je nach Formulierung	Verbesserung der Lagerfähigkeit (nicht bei Birnen)
Nach der Ernte	Harnstoff + Zinksulfat + Mangansulfat	15–20 kg 2,0 kg + 2,0 kg	1–2 x zur Förderung von N-Reservestoffeinlagerung, Blütenknospenqualität und Laubbau

Tabelle 23: Blattdüngung im Steinobstbau (nach M. Balmer, modifiziert)

Einsatzzeitpunkt	Dünger	Aufwand pro ha	Bemerkungen (Obstart etc.)
Ballonstadium	Harnstoff + Solubor	2,0–3,0 kg 0,5–1,0 kg	Kirsche, Zwetschke
Vollblüte	Harnstoff + Solubor	2,0 kg 0,5 kg	Kirsche, Zwetschke

Einsatzzeitpunkt	Dünger	Aufwand pro ha	Bemerkungen (Obstart etc.)
1. Nachblüte	Harnstoff + Siapton oder Aminosol	4,0–5,0 kg 0,5 l/ha	Kirsche, Zwetschke
2. Nachblüte	Harnstoff + Siapton oder Aminosol	4,0–5,0 kg 0,5 l/ha	Kirsche, Zwetschke
Mai	Harnstoff + Magnisal (oder Bittersalz) Siapton oder Aminosol (+ Fetrilon)	4,0–6,0 kg 2,0–3,0 kg (4,0–8,0 kg) 0,5 l 1,0 kg	Röteln bei Kirschen (2x) Nur bei Chlorosegefahr
Bis 10 Tage vor der Ernte	Kalziumblattdünger (Kalksalpeter, formulierte Ca-Dünger)	5–7 kg	Süßkirsche, Sauerkirsche, Zwetschke, 2–3 x
Nach der Ernte	Harnstoff + Solubor + Zinksulfat + Mangansulfat	10–15 kg 1,0 kg + 1,0 kg	Kirsche, Zwetschke

3.5 Anwendung von Wirtschaftsdüngern

Eine organische Düngung verfolgt primär das Ziel, die Bodenstruktur zu verbessern und die Bodenfruchtbarkeit zu erhöhen. Dadurch wird die Nährstoffversorgung der Kulturpflanzen verbessert. Aufgrund der marginalen Nährstoffgehalte der organischen Dünger sollten bis auf den Stickstoff die Reinnährstoffgehalte in der Düngebilanz keine Berücksichtigung finden.

Tabelle 24: Beispiele organischer Dünger - Gehalt in Prozent der Trockenmasse

Dünger	Organ. Substanz	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O	MgO
Hornspäne	80–90	12–14	5	0,2–0,8	0,6–1,2
Rizinusschrot	75	5–6	2	1	0,3
Rapskuchen	70	5	0,9	1,5	
Vinasse	50	3,5	0,4	7,5	
Tiermehl	90	9	5	0	
Biosol kaliarm	85	6,5	1	1,5	
Blutmehl	85	12	0,2–2,5	0,4–1,7	0,2–0,5
Haar-, Federmehl	75–80	13	-	-	
Knochenmehl entfettet	45	6	15	0,1	0,6
entleimt	15	1	31	0,3	
Stroh	60	0,4	0,2	1	0,1
Rindenkompost	50	0,3	0,1	0,2	0,1
Stallmist	20–25	0,5	0,3	0,5	0,2
Trester	60	0,45	0,35	0,13	-
Schnittholz	60	0,8	0,25	0,8	0,2
Grünschnitt- kompost	25	0,2	0,1	0,15	0,4
Guano	50	6–7	4–6	2–3	3–4,5
Hühnermist getrocknet	60	4	5	3	

4 Besonderheiten in der Düngung der einzelnen Obstculturen

4.1 Kernobst

Apfel

Aufgrund des sehr unterschiedlichen Ertragspotentials (je nach Standort, Sorte, Kronenhöhe, Pflegeintensität ...) von Apfelspindelanlagen auf M9 mit etwa 3000 Bäumen pro ha variiert auch der Nährstoffbedarf stark (siehe ertragsbezogene Werte in Tabelle 18). Wesentlich ist es das Ertragsvermögen des jeweiligen Anbausystems realistisch einzuschätzen um nicht indirekt durch (zu hohe Behangdichte hervorgerufene) Alternanz physiologische Störungen der Früchte zu provozieren. Wird die Ertragssituation zu optimistisch eingeschätzt und eine dementsprechend hohe Nährstoffmenge gegeben, kann es rasch zu einer Überversorgung mit Stickstoff und Kalium und Unterversorgung mit Kalzium in der Frucht kommen, was besonders bei anfälligen Sorten wie Braeburn Stippe und andere physiologische Krankheiten zur Folge haben kann. Aber auch eine zu geringe Einschätzung des Ertrags und damit zu geringe Bemessung des Nährstoffangebotes kann sich ungünstig auf die Ertrags- und Qualitätsentwicklung auswirken, indem sich die Pflanze erschöpft, zu wenig oder nur schwach entwickelte Blütenknospen gebildet werden und sie damit aus dem physiologischen Gleichgewicht gerät. Neben der Kalziumversorgung spielt im Apfelanbau etwa bei Golden Delicious eine ausreichende Magnesiumversorgung eine wichtige Rolle. Bei Mangel kommt es verstärkt durch starkes Triebwachstum, geringe Bodentemperaturen im Frühjahr und schlechter Bodenstruktur zur sogenannten Blattfallkrankheit (physiologische, zum Teil auch parasitäre Krankheit) und in weiterer Folge zu mangelnder Fruchtentwicklung.

Birne

Quitte als Unterlage für Birne verfrüht den Ertragseintritt und wächst schwächer (vor allem Quitte C), ist aber auch chloroseempfindlich. Daher sollte das chlorosefördernde Potential des Standortes (hoher pH-Wert, Staunässe, Verdichtungen..) erhoben und berücksichtigt werden.

Da für die Erzielung regelmäßiger Erträge das ältere Fruchtholz bei der Birne einen wesentlichen Anteil hat, gilt es die Fruchtbarkeit des Quirlholzes und der kurzen Fruchtspieße und Ringelospieße zu erhalten. In den Blütenknospen der Birne sind bis zu dreizehn Blüten und zehn Blätter angelegt. Die Blätter verteilen sich auf zwei Triebanlagen. Nach der Blüte, sobald der Fruchtkuchen entsteht, bildet die untenliegende Triebanlage eine Blattknospe (hormonell bedingt) und die obenliegende Triebanlage bei bester Nährstoffversorgung und Belichtung eine Blütenknospe, oder sogar einen Fruchtspieß. Die Stickstoffversorgung zur Blüte und in den Wochen danach hat entscheidenden Einfluss auf die Blütenknospenbildung. Die Frühjahrsdüngung ist daher gemäß Tabelle 18 zu bemessen, damit in dieser kurzen, aber entscheidenden Phase nach der Blüte kein Mangel auftreten kann. Zusätzlich sollte zur Bildung von N-Reserven in den Blütenknospen zwei Harnstoffbehandlungen mit 30–50 kg Harnstoff/ha Mitte und Ende September durchgeführt werden.

4.2 Steinobst

Steinobst hat einen tendenziell höheren Stickstoffbedarf als die heimische Hauptkultur Apfel. Bei mangelnder Stickstoffversorgung kann es in jungen Früchten zu Gewebszusammenbrüchen kommen. Die Früchte werden dann abgeworfen. Die Düngung ist so auszurichten, dass die Nährstoffe zum Bedarfszeitpunkt im Wurzelraum der Pflanze verfügbar sind. Für die Blüteninduktion und -differenzierung, aber auch für das weitere Blatt- und Triebwachstum ist eine rechtzeitige Stickstofflieferung aus dem Boden erforderlich.

Zwetschke

Voraussetzung für ein gutes Gedeihen dieser Obst Art sind tiefgründige, leicht erwärmbare Böden mit ausreichender Wasserversorgung, aber ohne Staunässe. Der pH-Wert soll 6,5–7,0 betragen.

Zur Ausbildung von gut entwickelten Blütenknospen ist bei der Zwetschke ein etwas stärkeres Wachstum erforderlich. Die optimale Trieblänge liegt bei 50 cm. Daher ist ein erhöhter Stickstoffbedarf gegeben. Die Ausbringung ist auf mehrere Gaben aufzuteilen. Der größte Bedarf liegt im Zeitraum um die Blüte. Zu späte, aber auch zu hohe Stickstoffgaben behindern die Fruchtausfärbung, Reife und Haltbarkeit der Früchte. In weiterer Folge ergibt sich eine schlechtere Holzreife, welche die Frostgefahr und Anfälligkeit auf Holz- und Rindenkrankheiten erhöht. Zur Erzielung einer guten Ausfärbung, Ausreifung der Frucht und

Triebes, sowie der Frostwiderstandsfähigkeit ist eine ausreichende Kaliversorgung besonders wichtig.

Pfirsich

Der Pfirsich bevorzugt Weinbauklima. Für eine gesunde Entwicklung sind humusreiche, warme, tiefgründige Böden Voraussetzung. Bei Böden mit hohem Kalkgehalt besteht Chlrosegefahr. Der pH-Wert soll 6,0 bis 6,5 betragen.

Die Ausbringung der Stickstoffdüngung hat auf mehrere Gaben zu erfolgen. Im Bereich der Blüte besteht der größte Stickstoffbedarf. Überhöhte, sowie zu späte Stickstoffgaben beeinträchtigen die Ausfärbung, die Reife und Haltbarkeit der Früchte und verzögern die Holzreife. Die Folge ist erhöhte Frostgefahr und vermehrte Anfälligkeit auf Holz- und Rindenkrankheiten. Bezüglich Kaliumversorgung gilt das gleiche wie für Zwetschke.

Marille

Wird im Frühjahr eine Begrünung aufgebaut und nach der Ernte wieder eingearbeitet so ist eine zusätzliche Düngegabe auszubringen, damit die Pflanzenwurzel unter der Gründcke ausreichend versorgt wird (siehe Nährstoffbedarf für Mulchrasenaufbau). In den meisten Marillenanbaugebieten Österreichs mit den relativ geringen Niederschlagsmengen verläuft der August meist sehr trocken. Um eine ausreichende Blütenknospenbildung zu erreichen ist je nach Zustand des Baumes eine Blattdüngung z. B. mit Harnstoff 1 bis 3 Mal, in seltenen Fällen auch eine Stickstoffgabe über den Boden zu überlegen. Für Kronenformen bei denen man versucht ist möglichst ohne starke Schnitteingriffe auszukommen sind bei stark nachlassendem Wachstum zusätzliche Düngergaben erforderlich um eine ausreichende Blütenknospenbildung zu erzielen. Zusätzliche Düngermengen sind weiters bei Marillensortern von entscheidender Bedeutung, die wenige Blütenknospen ansetzen (z. B. Klosterneuburger Marille, Ungarische Beste, Kremser Marille). Bei allen anderen Hauptnährstoffen und bei den Spurenelementen werden Düngermengen empfohlen, die auf die Erreichung der Versorgungsstufe C ausgerichtet sind.

Kirsche

Klimatisch sind freie luftige Lagen zu bevorzugen. Für einen erfolgreichen Anbau sind leichte, tiefgründige und humose Böden erforderlich. Der pH-Wert soll im Bereich von 6,0 bis 6,5 liegen.

Ist die Anlage zu wüchsig oder der Fruchtansatz gering, kann bei guter Bodenversorgung die Stickstoffdüngung auch in Form von Blattdüngung erfolgen. Drohen Bäume mit schwachwüchsiger Unterlage, (im Vergleich zu Sämlingsunterlage), zum Beispiel auf GiSelA 5, wegen zu geringem Wachstum zu ruhig zu werden, soll auf den Normwert aufgedüngt werden. Für eine ausreichende Fruchtgröße ist eine Neutrieblänge von mindestens 20 cm notwendig. Zu hohe Stickstoffgaben fördern das Aufplatzen der Früchte, Gummifluss und die Anfälligkeit gegenüber Pilzkrankheiten. Die Ausbringung der Stickstoffdünger soll in mehreren Gaben, kurz vor der Blüte beginnend, erfolgen.

In der Blüte ist die Borversorgung wichtig. Diese ist vorzugsweise als Blattdüngung zu bringen. Die empfohlenen Aufwandmengen dürfen dabei nicht überschritten werden. Höhere Borkonzentrationen nach der Ernte sind unproblematisch und fördern die Knospenqualität für das Folgejahr.

4.3 Beerenobst

Erdbeere

Aufgrund ihres flachen Wurzelsystems reagieren Erdbeeren sehr empfindlich auf zu hohe Düngegaben. Eine zu hohe Salzkonzentration ist zu vermeiden. Die Nährstoffaufnahme der Erdbeere ist im Pflanzjahr äußerst gering, so liegt der Entzug an Stickstoff im ersten Jahr zwischen 10 und 20 kg N/ha. Auf zu große Stickstoffgaben ist zu verzichten, da es sonst zu einer verspäteten Blütenknospendifferenzierung kommt und die Frosthärtung leidet. Auch in Erntejahren ist Stickstoff nur sparsam einzusetzen. Vor allem bei starkwüchsigen Sorten (z. B. Darsellect) führt der aus zu starker Düngung resultierende Wuchs zu dichtem Blattstand und somit zu vermehrtem Auftreten von Pilzkrankheiten. Außerdem leiden die Transportfähigkeit und die Haltbarkeit. Die bedarfsgerechte Aufteilung der Stickstoffgaben im Vegetationszyklus ist wesentlich. Die erste Gabe erfolgt direkt nach Ende der Vegetationsruhe in der Größenordnung von 20 bis 40 kg N/ha. Sie soll den Pflanzen einen optimalen Start in die Saison ermöglichen und das Wachstum fördern. Abhängig ist die Höhe dieser Düngung von der Vorfrucht (bzw. Fruchtfolge) und Sorte (Wuchsstärke). Für diese Düngung ist Harnstoff ungeeignet, da dieser zu langsam verfügbar ist. Für die Bemessung der zweiten Stickstoffdüngung wird eine N_{min} Untersuchung empfohlen. Diese ist durchzuführen, sobald sich der Boden aufgewärmt hat und somit die Mineralisierung des Stickstoffes eingesetzt hat. Bei Erdbeere wird dabei der Bodenbereich 0 bis 30 cm untersucht. Angestrebt wird ein N_{min} -Gehalt von 60 kg N/ha. Durchgeführt wird diese Düngung nach der Blüte und vor der

Stroheinlage. Die Menge der Stickstoffdüngung beträgt abermals zwischen 20 und 40 kg und ist ebenfalls von den bereits oben genannten Parametern abhängig. Vor allem starkwüchsige Sorten sind vor der Blüte nur sehr sparsam zu düngen, für schwachwüchsige Sorten ist diese Düngung aber besonders wichtig. Die dritte Stickstoffdüngung erfolgt nach der Ernte im Juli. Diese Gabe ist für den neuerlichen Auswuchs nach dem Abmähen und für die Blütendifferenzierung Ende August notwendig. Auch hier werden 20 bis 40 kg empfohlen. Auf mittelschweren Böden werden die wenig auswaschungsgefährdeten Elemente Phosphor, Kalium, Magnesium und Calcium breitflächig ausgebracht. Die Düngung erfolgt auf Basis der Bodenuntersuchung – diese ist rechtzeitig zu veranlassen, damit das Einarbeiten des Düngers vor der Anlageerstellung möglich ist. Die Höhe der Düngung ergibt sich aus den Ergebnissen der Bodenuntersuchung sowie aus dem zu erwartenden Ertrag (siehe Tabelle 18). Wurde im Rahmen der Bodenuntersuchung ein Mangel an Spurenelementen festgestellt, so sind diese ebenfalls mit einem geeigneten Dünger einzubringen. Hierzu ist anzumerken, dass Erdbeeren sehr empfindlich auf chloridhaltige Dünger reagieren. Kalium ist deshalb in Sulfatform (Patentkali, Kalisulfat) einzusetzen. Ist aufgrund spezieller Bodenverhältnisse oder außerordentlicher Vegetationsverläufe mit Mangelerscheinungen zu rechnen, kann diesen mit Blattdüngung vorgebeugt werden. Besonders der Einsatz von Blattdüngern mit Phosphoriger Säure eignet sich hervorragend, um Erdbeerwurzeln zu stärken und die Vitalität des Laubes zu fördern. Eine solche Blattdüngung kann bis zu fünf Mal jährlich, vorrangig im Herbst und im Frühjahr, durchgeführt werden.

Düngung von Dammkulturen: Bei dieser Kulturart wird ebenso wie bei der Flachkultur eine Vorratsdüngung mit Phosphor, Kalium, Magnesium und Calcium durchgeführt. Die Ausbringung erfolgt vor dem Auffräsen der Dämme. Bei Erdbeeranlagen in Form von Dammkulturen hat sich herausgestellt, dass es durch die gute Durchlüftung des Bodens zu erhöhter Stickstoffmineralisierung kommt. Es wird empfohlen, im ersten Erntejahr die Stickstoffgaben wie oben beschrieben zu dritteln. Wird mittels Bewässerung gedüngt (Fertigation), sind vom Beginn des Blütenschiebens an maximal 3 kg N/ha zu verabreichen. In der Vollblüte und der Fruchtbildung können bis zu 5 kg N/ha wöchentlich gedüngt werden. Bei der Bemessung dieser N-Gaben muss der Zustand der Anlage miteinbezogen werden. So dürfen starkwüchsige, dichte Anlagen nach dem Abblühen nicht mehr gedüngt werden, da sonst vermehrt Schäden durch Fruchtfäulen auftreten. Düngung mehrjähriger Kulturen: Nach dem ersten Ertragsjahr sollten die Stickstoffgaben auf unter ein Drittel reduziert werden.

Holunder

Der Holunder trägt hauptsächlich auf den einjährigen Ruten. Um eine ständige Neutriebbildung zu gewährleisten, benötigt der Holunderbaum wesentlich mehr Stickstoff als andere Obstarten. Empfohlen wird eine jährliche Gesamtmenge von 150–175 kg Reinstickstoff, aufgeteilt auf 2 bis 3 Gaben vom Austrieb bis Ende der Blüte. Spätere Gaben wirken sich nachteilig auf die Baumgesundheit, Farbstoffbildung und Frosthärte aus und sollten daher vermieden werden.

Himbeere

Bei Himbeerpflanzen ist die Bodenbeschaffenheit von größter Bedeutung. Wichtig ist dabei ein hoher Gehalt an organischer Substanz. Nur durch diesen kann Wurzelkrankheiten entgegengewirkt und die Vitalität der Anlage gefördert werden. Der Einsatz von gut verrottetem Mist oder Kompost wirkt auch gegen das Wurzelsterben. Bei der Dünung der Himbeerranlage ist auf eine gute Magnesiumversorgung zu achten. Neben den Gaben laut Bodenuntersuchung ist eine begleitende Spritzung mit Bittersalz möglich. Das Magnesium ist wichtig für den Blattstand – bei Mangel verlieren die Ruten von der Basis her die Blätter, was zu Wunden und dem Eindringen von rutenzerstörenden Pilzen führt. Es wird empfohlen, alle fünf Jahre eine Bodenuntersuchung durchführen zu lassen und eine entsprechende Ausgleichsdüngung daran zu bemessen. Die Himbeere reagiert sehr sensibel auf Stickstoffübersorgung. Es kommt zu starkem Triebwachstum, was zu mastigen, wenig frostharten und aufgrund der weiten Internodien mäßig fruchtbaren Ruten. Zu dichte Bestände sind außerdem erhöht anfällig für Pilzkrankheiten. Herbsthimbeeren haben im Vergleich zu den Sommerhimbeeren einen erhöhten Stickstoffbedarf. Je nach Sorte können bis zu 110 kg Stickstoff je Jahr notwendig sein (siehe Tabelle 18). Es ist zu beachten, dass hohe Gaben den Reifebeginn verzögern. Die exakte N-Bemessung ist von verschiedenen Parametern abhängig. Der wichtigste Punkt ist sicherlich die Wuchsigkeit der Anlage oder der Sorte. Ein weiterer Anhaltspunkt ist die Bildung von Bodentrieben – ist die Anlage zu gering bestockt, sollte mehr Stickstoff gegeben werden. Begrünungen sind ebenfalls bei der Bemessung der N-Düngung zu berücksichtigen. Außerdem sind bei verspäteter Reife und spätem Triebabschluss die Stickstoffgaben zu reduzieren.

Brombeere

Die Brombeere ist in Bezug auf die Düngung eine unkomplizierte Obstsorte. Eine Stickstoffdüngung über das in Tabelle 18 empfohlene Ausmaß hinaus ist unbedingt zu vermeiden, da

dies zu starken Wachstum auslöst und damit den Fruchtansatz, die Pilzanfälligkeit und die Kulturführung negativ beeinflusst. Für die Höhe der Stickstoffdüngung ist das Triebwachstum ein guter Indikator. Er bestimmt – ausgehend vom Standardwert – wie viel Stickstoff tatsächlich gegeben werden soll. Weiteres ist die Höhe der Düngung von der Ertragsleistung der Anlage abhängig. Aufgrund der leichten Auswaschbarkeit von Stickstoff erfolgt die Düngung im zeitigen Frühjahr (kurz vor Vegetationsbeginn). Die Makronährstoffe Phosphor, Kalium und Magnesium werden auf Basis der Ergebnisse der Bodenuntersuchung eingebracht.

Johannisbeere

Die Basisdüngung der Johannisbeere ist auf das Ertragspotential und die Nährstoffverfügbarkeit abzustimmen. In Bezug auf die Stickstoffdüngung ist bei Johannisbeere anzumerken, dass diese einen höheren Bedarf als andere Beerenarten hat. Bei der Düngung ist auf das Wachstum der Pflanzen während des Jahres Rücksicht zu nehmen. Gerade bei der Hauptsorte Rovada sollen Fruchtriebe mit einer Länge von 30 bis 50 cm erreicht werden. Da ein früher starker Stickstoffschub im Frühjahr zu Ausrieseln führen kann, erfolgt die erste Düngung moderat. Ein Großteil des Stickstoffes wird nach dem Abblühen verabreicht, um die Pflanze während ihrer Hauptwuchsperiode zwischen Mai und Juni zu unterstützen. Bei Bedarf kann ab diesem Zeitpunkt der Wuchs mit Harnstoffspritzen gefördert werden. Dabei darf eine Konzentration von 0,4 % nicht überschritten werden.

Stachelbeere

Bei keiner anderen Beerenart verzahnt sich die Düngung derart stark mit dem Pflanzenschutz wie bei der Stachelbeere. Aufgrund der engen Beziehung von Wachstum (Stickstoffdüngung!) und Befall mit Amerikanischen Stachelbeermehltau können zwei Strategien gefahren werden. So kann die Anlage durch geringes Wachstum luftig-locker gehalten werden, was zwar den Befall mit Mehltau reduziert, jedoch aufgrund des selteneren Leitastaus tausches die längerfristige Einnistung dieses Pilzes im Bestand erleichtert. Die Alternative sind Stickstoffgaben an oder sogar leicht über der empfohlenen Obergrenze (siehe Tab. 18), was ein jährliches Austauschen der Leitäste ermöglicht und so den Infektionsdruck senkt. Beide Strategien haben ihre Berechtigung – welche gewählt wird ist u.a. von der „Betriebsphilosophie“ oder von der Sorte (je nach Fähigkeit der Heckenbildung) abhängig.

Heidelbeere

Da die Heidelbeere ursprünglich aus Wald- und Moorgebieten stammt, hat sie spezielle Ansprüche an den Boden. Besonders hervorzuheben sind die Notwendigkeit eines sehr hohen Humusanteiles im Boden sowie der niedrige pH-Wert (zwischen pH 4 und 5,5). Erreicht werden diese Bedingungen durch die Aufbringung von Torf-Erde-Sägespäne-Gemischen und der Abdeckung mit (möglichst sauer wirkendem) Rindenmulch oder Hackschnitzeln aus Nadelholz (geringerer Gerbstoffanteil). In Jahren, in denen eine neue Abdeckung aufgebracht wird, wird vermehrt Stickstoff gebunden. Dies ist durch entsprechend höhere Stickstoffgaben auszugleichen. Die Heidelbeere ist ein Flachwurzler und daher im Wurzelbereich sehr empfindlich. Um kurzfristige Überversorgungen zu vermeiden, sollte man daher nur langsam wirkende Stickstoffdünger verwenden. Alle Dünger, die im Heidelbeeranbau eingesetzt werden, müssen sauer wirken und chlorfrei sein. Hierzu bietet sich vor allem Ammoniumsulfat an. Für die tatsächliche Höhe der Düngung ist das Wachstum der Anlage von großer Bedeutung, jedoch sind auch bei geringem Wachstum mehrere Düngegaben in kleine Dosen zu verabreichen, um eine Schädigung der Wurzeln zu verhindern. Zur Düngung mit Phosphor, Kalium und Magnesium eignen sich Patentkali, Kalisulfat, Kieserit und Bittersalz. Diese Dünger sind ebenfalls in mehreren kleinen Gaben aufzubringen.

4.4 Schalenobst

Edelkastanie

Um ein erfolgreiches Anwachsen zu gewährleisten, ist in den ersten Jahren die ausreichende Versorgung mit Stickstoff von zentraler Bedeutung. Die Höhe der N-Gabe richtet sich zunächst nach dem Baumalter (bis zum 5. Standjahr, Tab. 25) und danach bestimmen die Stärke des Triebwachstums und der Stammdurchmesser die Intensität der Stickstoffdüngung (Tab. 26). Während im Pflanzjahr ca. 55 g Rein-N/Baum gedüngt werden, steigert sich die Menge bis zum 5. Jahr auf ca. 340 g N/Baum. Die Ausbringung sollte in 2–3 Teilgaben erfolgen (Austrieb und Blütezeit/Fruchtansatz). Die letzte Teilgabe darf nicht zu spät (Mitte Juli) verabreicht werden, um nicht die Winterfrosthärte zu reduzieren. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Verwendung physiologisch sauer wirkender Stickstoffdünger (Tab. 25), wie z. B. Harnstoff, Ammonsulfat etc. Auch stabilisierte N-Dünger sind für die Stickstoffversorgung von Edelkastanienkulturen gut geeignet. Bei Phosphormangel kann auch auf Monoammon-phosphat (MAP) zurückgegriffen werden. In Ertragsanlagen ist auch auf eine ausreichende Kaliumernährung zu achten, da durch den hohen Kaliumgehalt der Früchte (4–7 g/kg Früchte) viel Kalium aus dem Boden entzogen wird. Bei einer Versorgungsstufe C werden je ha ca. 80–100 kg Reinkalium (160–200 kg/ha Kaliumsulfat) empfohlen. Zur Förderung der Fruchtbarkeit und Erhöhung des Fruchtansatzes ist auch auf eine ausreichende Versorgung mit Bor sowohl über den Boden (z. B. Borax 100 g/Baum alle 3 Jahre) als auch über das Blatt z. B. in Form von Solubor, sicher zu stellen.

Tabelle 25: Stickstoffdüngung (Düngermenge in Gramm/Baum) von Edelkastanienkulturen in den ersten 5 Standjahren

Jahr Düngemenge in g/Baum									
	N/Baum (Gramm)	Harnstoff 46%	Alzon 46%(stabilisiert)	Ammonium- sulfat 21 %	Piamon 33%	Monoammon- Phosphat MAP 12 %, P 46 %)	Kalkammon- salpeter (27 %)	Ammonsulfat- salpeter 26 % (26%)	Ente c 26 stabilisiert
1	55,0	120	120	262	167	458	204	212	212
2	115,0	250	250	548	348	958	426	442	442
3	170,0	370	370	810	515	1.417	630	654	654
4	225,0	489	489	1.071	682	1.875	883	85	865
5	340,0	739	739	1.619	1.030	2.833	1.259	1.308	1.308

Tabelle 26: Stickstoffdüngung (Düngemenge in kg/Baum) von Edelkastanienkulturen im Ertragsstadium

Wachstum	Triebänge in cm	N/cm Stamm- querschnitt (Gramm)	N in g/Baum bei einem Stammquerschnitt von			Harnstoff (N 46 %) in kg/Baum			Ammonsulfat (N 21 %) in kg/Baum			Entec (N 26 %) in kg /Baum		
)	5 cm	7,5 cm	10 cm	5 cm	7,5 cm	10 cm	5 cm	7,5 cm	10 cm	5 cm	7,5 cm
gering	< 20 cm	75,0	375,0	562,5	600,0	0,8	1,2	1,3	1,8	2,7	2,9	1,4	2,2	2,3
mittel	20–30 cm	57,0	285,0	427,5	600,0	0,6	0,9	1,3	1,4	2,0	2,9	1,1	1,6	2,3
stark	> 30 cm	45,0	225,0	337,5	600,0	0,5	0,7	1,3	1,1	1,6	2,9	0,9	1,3	2,3
N max. 0,6 kg/Baum und max. 210 kg/ha														

Walnuss

Walnussbäume benötigen eine ausreichende Düngung, damit die Baumentwicklung und regelmäßiger Ertrag gesichert sind. Bei Neuanlagen ist der Boden mindestens 70 cm tief zu lockern. Eine Grunddüngung wie bei Äpfeln ist zu empfehlen (abhängig vom Nährstoffgehalt im Boden). Vor allem Phosphor und Kalium wird benötigt, mit Stickstoff sollte man etwas sparsamer sein, da die Walnussbäume in der Lage sind Stickstoff unter Mithilfe von symbiotisch lebenden Kleinlebewesen zu assimilieren.

In den ersten Jahren, vor allem im Kronenbereich sollte keine Begrünung durchgeführt werden. Eine Grüneinsaat im Frühjahr ist möglich. Liegen die jährlichen Gesamtniederschlagsmengen unter 800 mm, ist ab Juni der Boden offen zu halten. Mitte September kann dann z. B. Roggen angebaut werden, der dann gehäckselt wird.

Düngung mit Kompost oder gut verrottetem Stallmist ist vorteilhaft. Die Ausbringung im Frühjahr, mit anschließend seichtem Einarbeiten, hat sich als günstig erwiesen. Vor allem ältere Nussbäume benötigen Nährstoffgaben, da sich ihr Wurzelsystem verstärkt in den oberen Bodenschichten befindet.

Das Ausbringen von Jauche sollte unterbleiben, da der hohe Stickstoffanteil ein zu starkes Wachstum fördert. Die Folge davon wäre ein verspätetes oder schlechtes Ausreifen der Triebe. Durch Winterfröste können dann verstärkt Schäden an den Trieben entstehen. Wird Jauche 1:10 verdünnt wäre eine Ausbringung möglich.

Haselnuss

Um ein entsprechendes Wachstum im Jugendstadium sicher zu stellen, muss in den ersten Jahren eine ausreichende Versorgung mit Stickstoff gewährleistet sein. Die Höhe der N-Gabe richtet sich zunächst nach dem Baumalter (bis zum 6. Standjahr) und danach bestimmen die Stärke des Triebwachstums und die Pflanzzahl/ha die Stickstoffdüngung. Als optimales Triebwachstum im Jugendstadium werden Triebängen zwischen 45 bis max. 75 cm angesehen; im Vollertrag soll sich das Wachstum nur mehr zwischen 15 bis max. 40 cm bewegen.

Während im Pflanzjahr (1. Standjahr) noch keine N-Düngung empfohlen wird, sollen ab dem 2. Standjahr ca. 20 g N/Pflanze (Baum oder Strauch) gedüngt werden. Danach steigert sich

die Menge bis zum 6. Standjahr (Vollertrag) auf 150 g N/Pflanze (Tab. 27a und b). Eine Ausbringung in 2 Teilgaben ist empfehlenswert (März und Juni). Der Ausbringzeitpunkt übt nämlich einen entscheidenden Einfluss auf die Nutzung des Stickstoffs in der Pflanze aus. Stickstoff nur im März appliziert stimuliert primär das Triebwachstum, während der Stickstoff einer Juniapplikation mehr in den Stämmen und Wurzeln als Reserve gespeichert wird. Im Frühjahr (März, April, Mai) ernährt sich die Haselnusspflanze vorrangig von den N-Reserven des Vorjahres. Als Stickstoffdünger wird in erster Linie Kalkammonsalpeter (KAS) empfohlen. Harnstoffspritzen nach der Ernte sind ergänzend zur Erhöhung der N-Reserven sinnvoll.

In Ertragsanlagen ist auch auf eine ausreichende Kaliumernährung zu achten, da durch den hohen Kaliumgehalt der Früchte (durchschnittlich 13 g/kg Früchte) viel Kalium aus dem Boden entzogen wird (Tab.28). Bei einer Versorgungsstufe C werden je ha je nach Ertragslage ca. 90–120 kg Reinkalium (180–240 kg/ha Kaliumsulfat) empfohlen. Der Phosphorbedarf dagegen ist sehr gering. Als ausbalanciert für die Haselnuss wird daher ein Dünger mit einem N: P₂O₅:K₂O Verhältnis von 6:2:6 oder ein Vielfaches davon angesehen.

Zur Förderung der Fruchtbarkeit und Erhöhung des Fruchtansatzes ist auch auf eine ausreichende Versorgung mit Bor sowohl über den Boden (z. B. Calciumborat 1,5–4,0 l/ha alle 2 Jahre bei Versorgungsklassen A und B) als auch über das Blatt z. B. in Form von Kalium-, Calcium- oder Natriumborat (z. B. Solubor 0,5–1,0 kg/ha) sicher zu stellen.

Der optimale Versorgungszustand mit Nährstoffen (Haupt- und Spurenelemente) lässt sich am besten mit einer Blattanalyse Ende Juli beurteilen. In der Tabelle 29 sind die Richtwerte für die Nährstoffgehalte in den Blättern definiert.

Tabelle 27: Stickstoffdüngung von Haselnusskulturen in den ersten 6 Standjahren
(Düngemenge in Gramm Reinnährstoff pro Baum oder Strauch bzw. kg Reinnährstoff pro ha)

Standjahr	Stadium	g N/Pflanze	kg N/ha (600 Pflanzen/ha)*	kg N/ha (800 Pflanzen/ha)
1. Pflanzjahr	Jugend	0	0	0
2.	Jugend	30	18	24
3.	Jugend	60	36	48
4.	zunehmende Erträge	90	54	72

Standjahr	Stadium	g N/Pflanze	kg N/ha (600 Pflanzen/ha)*	kg N/ha (800 Pflanzen/ha)
5.	zunehmende Erträge	120	72	96
6.	Vollertrag	150	90	120
> 7.	Vollertrag	150	90	120

*Bäume oder Sträucher

Tabelle 28: Stickstoffdüngung von Haselnusskulturen in den ersten 6 Standjahren
(Düngermenge in g Kalkammonsalpeter (KAS) pro Baum oder Srauch bzw. kg KAS pro ha)

Standjahr	Stadium	KAS g/Pflanze gerundet	KAS kg/ha (600 Pfl. pro ha) * gerundet	KAS kg/ha (800 Pfl. pro ha) gerundet
Standjahr	Stadium	KAS g/Pflanze gerundet	KAS kg/ha (600 Pfl. pro ha) * gerundet	KAS kg/ha (800 Pfl. pro ha) gerundet
1. Pflanzjahr	Jugend	0	0	0
2.	Jugend	110	70	90
3.	Jugend	220	130	180
4.	zunehmende Erträge	330	200	260
5.	zunehmende Erträge	440	270	350
6.	Vollertrag	550	330	440
> 7.	Vollertrag	550	330	440

*Bäume oder Sträucher

Tabelle 29: Nährstoffentzug einer Haselnussanlage bei unterschiedlichen Ertragsniveaus

Nährstoff	Ertrag kg/ha (mit Schale) 1.500	Ertrag kg/ha (mit Schale) 3.000
Stickstoff (N)	23,0	47,0
Kalium (K)	4,5	9,0
Phosphor (P)	20,0	42,0
Calcium (Ca)	8,0	17,0
Magnesium (Mg)	3,4	6,8

Tabelle 30: Richtwerte für Nährstoffgehalte in den Haselnussblättern (nach Olsen, 2001)

Nährelement (g/100g TS)	A: sehr gering	B: gering	C: optimal	D: hoch	E: sehr hoch
Stickstoff (N)	< 1,8	1,81–2,20	2,21–2,50	2,51–3,00	> 3,0
Kalium (K)	< 0,50	0,51–0,80	0,81–2,00	2,01–3,00	> 3,0
Phosphor (P)	< 0,10	0,11–0,13	0,14–0,45	0,46–0,55	> 0,55
Calcium (Ca)	< 0,60	0,61–1,0	1,01–2,5	2,51–3,0	> 3,0
Magnesium (Mg)	< 0,18	0,19–0,24	0,25–0,05	0,51–1,00	> 1,00
Mangan (Mn)	< 20	21–25	26–650	651–1.000	> 1.000
Eisen (Fe)	< 40	41–50	51–400	401–500	> 500
Kupfer (Cu)	< 2	3–4	5–15	16–100	> 100
Zink (Zn)	> 10	11–15	16–60	61–100	> 100
Bor (B)	> 25	26–30	31–75	76–100	> 100

5 Rahmenbedingungen des Düngungsmanagements

Gesetzliche Bestimmungen

Wasserrechtsgesetz, Nitratrichtlinie

- Generelles Düngungsverbot bei gefrorenen, schneebedeckten, wassergesättigten und überschwemmten Böden
- Ab 30. November bis 15. Februar (außerhalb des Berggebietes) Ausbringungsverbot von allen stickstoffhaltigen Düngemitteln
- Diverse Bestimmungen betreffend Düngerhöchstmengen, Wirtschaftsdüngerbegrenzung, Düngergabenteilung, Hanglagendüngung, Gewässerrandzonenbeschränkungen, Düngerqualität, Düngerbemessung und Gülleausbringung
- Ausgewiesene Düngerhöchstmengen für Stickstoff (N/ha/Jahr) betreffen jeweils die gesamte Düngermenge aus Wirtschaftsdüngern, Komposten und Handelsdüngern

Untersuchungsanstalten für Bodenproben

Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH

Institut für Bodengesundheit und Pflanzenernährung

1226 Wien, Spargelfeldstraße 191

Telefon: +43 50 555-34125

Fax +43 50 555-34101

E-Mail: bodengesundheit@ages.at

Homepage: [Bodenuntersuchung – AGES](http://Bodenuntersuchung-AGES)

Landwirtschaftliches Versuchszentrum Steiermark

8047 Graz, Ragnitzstraße 193

Telefon: +43 316 877-6635

Fax: +43 316 877-6638

E-Mail: bodenundpflanzen@stmk.gv.at

Homepage: Referat Boden- und Pflanzenanalytik - Verwaltung - Land Steiermark

Bodenproben können direkt (entsprechend gekennzeichnet) an die Untersuchungsanstalten gesendet werden (Ergebnis in längstens 6 Wochen). Die Probenübernahme erfolgt teilweise auch im Rahmen angekündigter Sammelaktionen durch die Bezirksbauernkammern bzw. Bezirksreferate.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wechselwirkungen zwischen Nährstoffen (Quelle: R. Niederhäuser)	10
Tabelle 2: Einteilung der Böden nach der Bodenart und optimale pH-Werte.....	21
Tabelle 3: Einteilung der Böden nach der Bodenart und optimaler Humusgehalt.....	21
Tabelle 4: Einstufung der Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphat (nach ÖNORM L 1087).....	21
Tabelle 5: Einstufung der Gehalte an pflanzenverfügbarem Kalium (nach ÖNORM L 1087) unter Berücksichtigung der Bodenschwere	22
Tabelle 6: Einstufung der Gehalte an pflanzenverfügbarem Magnesium (nach ÖNORM L 1093 oder CAT-Extraktion) unter Berücksichtigung der Bodenschwere	22
Tabelle 7: Beurteilung des K : Mg Verhältnisses	22
Tabelle 8: Einstufung der Gehalte an pflanzenverfügbarem Bor in mg je 1000 g Feinboden (nach ÖNORM L 1090) – unter Berücksichtigung der Bodenschwere	23
Tabelle 9: Einstufung der Gehalte an pflanzenverfügbaren Spurenelementen in mg je 1000g Feinboden (nach ÖNORM L 1089) unter Berücksichtigung des Kalkgehaltes oder pH-Wertes	23
Tabelle 10: Vergleich von Boden- und Blattanalysen	25
Tabelle 11: Richtwerte für Nährstoffgehalte in Apfelblättern (Angabe in % bezogen auf TS)	27
Tabelle 12: Richtwerte für Nährstoffgehalte in Blättern verschiedener Obstarten für den Zeitpunkt Ende Juli–Anfang August (in % TS).....	27
Tabelle 13: Effekte einer zu hohen Nährstoffversorgung in Früchten (Kernobst).....	29
Tabelle 14: Effekte einer zu niedrigen Nährstoffversorgung in Früchten (Kernobst).....	29
Tabelle 15: Beurteilung der (K + Mg) /Ca und N/Ca-Verhältnisse hinsichtlich der Lagerfähigkeit (späte Mineralstoffanalysen)	29
Tabelle 16: Nettonährrelemententzug durch die Ernte bei verschiedenen Obstarten (Quelle: G. Baab, Obstbau 2/2004: LfL Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft Basisdaten 2013)	32
Tabelle 17: Beispiel einer differenzierten Düngeempfehlung (Reinnährstoffe in kg/ha und Jahr) in Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt im Boden (Apfel); Quelle G. Baab, Obstbau 2/2004	33
Tabelle 18: Düngeempfehlung im kg Reinnährstoff/ha für Anlagen im Vollertrag nach der Ertragserwartung für Kern-, Stein- und Beerenobst, Basis Gehaltsklasse C	35
Tabelle 19: Gewichtungsfaktoren für die Stickstoffberechnungen (Korrekturwerte in % der empfohlenen Richtwerte)	37
Tabelle 20: Empfohlene Anzahl von Ca-Applikationen bei verschiedenen Apfelsorten.....	43

Tabelle 21: Blattdünger-Aufwandmenge in Abhängigkeit von der Temperatur	47
Tabelle 22: Blattdüngung im Kernobstbau (nach G. Baab, modifiziert)	47
Tabelle 23: Blattdüngung im Steinobstbau (nach M. Balmer, modifiziert)	48
Tabelle 24: Beispiele organischer Dünger - Gehalt in Prozent der Trockenmasse	50
Tabelle 25: Stickstoffdüngung (Düngermenge in Gramm/Baum) von Edelkastanienkulturen in den ersten 5 Standjahren	60
Tabelle 26: Stickstoffdüngung (Düngermenge in kg/Baum) von Edelkastanienkulturen im Ertragsstadium	61
Tabelle 27: Stickstoffdüngung von Haselnusskulturen in den ersten 6 Standjahren (Düngermenge in Gramm Reinnährstoff pro Baum oder Strauch bzw. kg Reinnährstoff pro ha)	63
Tabelle 28: Stickstoffdüngung von Haselnusskulturen in den ersten 6 Standjahren (Düngermenge in g Kalkammonsalpeter (KAS) pro Baum oder Strauch bzw. kg KAS pro ha)	64
Tabelle 29: Nährstoffentzug einer Haselnussanlage bei unterschiedlichen Ertragsniveaus	64
Tabelle 30: Richtwerte für Nährstoffgehalte in den Haselnussblättern (nach Olsen, 2001)	65

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bormangel in Apfelfrüchten.....	16
Abbildung 2: Kaliummangel verstärkt das Auftreten von Kältefleischbräune (Soft Scald) .	30
Abbildung 3: Kaliummangelsymptome bei Fuji	38
Abbildung 4: Fleischbräune bei Rubens als Folge eines ungünstigen Kalium/Kalziumverhältnisses in der Frucht.....	40
Abbildung 5: Stippe bei Apfel.....	42
Abbildung 6: Magnesiummangel bei der Apfelsorte Kanzi® Nicoter.....	45

