

In Zusammenarbeit mit:

- Deutschschweizer Obstbaukommission Boden und Düngung
- Commission romande des fumures, sous-commission arboricole
- Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL)
- Koordinationsgruppe für Boden und Düngung (KBD) der Eidgenössischen Forschungsanstalten

# Grundlagen für die Düngung der Obstkulturen

Kernobst, Steinobst, Kiwi, Strauchbeeren

Lukas Bertschinger, Christian Gysi, Andi Häseli, Reto Neuweiler, Werner Pfammatter, Jean-Pierre Ryser, Andi Schmid, Franco Weibel



### Autoren

1 Einleitung	Lukas Bertschinger, Christian Gysi
2 Grundlagen der Ernährung der Kulturen	Christian Gysi, Lukas Bertschinger
3 Natürliches Nährstoffangebot und Bodenfruchtbarkeit	Jean-Pierre Ryser, Christian Gysi, Franco Weibel, Lukas Bertschinger
4 Beurteilung des Standortes	Jean-Pierre Ryser, Lukas Bertschinger, Christian Gysi
5 Düngung: Normen, Technik, Dünger	Jean-Pierre Ryser, Christian Gysi, Reto Neuweiler
6 Nährstoffbedarf und Düngung im Gleichgewicht	Christian Gysi
7 Düngung, Fruchtqualität und physiologisches Gleichgewicht	Lukas Bertschinger, Reto Neuweiler
8 Düngung und Umwelt	Jean-Pierre Ryser
9 Düngung der Feldobstbäume	Christian Gysi, Lukas Bertschinger
10 Besonderheiten der Düngung im biologischen Obstbau	Franco Weibel, Andi Häseli, Andi Schmid
11 Glossar	Christian Gysi, Lukas Bertschinger
12 Literatur	

### Mitarbeit in den beteiligten Obstbaukommissionen

- Deutschschweizer Obstbaukommission Boden und Düngung: Lukas Bertschinger (Vorsitz), Armin Bonauer, Othmar Eicher, Klaus Gersbach, Christian Gysi, Urs Müller.
- Commission romande des fumures, sous-commission arboricole: Charly Evéquoz, Christian Keimer, Pascal Mayor, Werner Pfammatter (Vorsitz), Robert Poitry, Dominique Ruggli.

Die Grundlagen für die Düngung der Obstkulturen werden periodisch bei Bedarf neu von den Eidgenössischen Forschungsanstalten Wädenswil und Changins herausgegeben im Rahmen der gesetzlichen Aufgaben dieser Institute.

### IMPRESSUM

<b>Herausgabe:</b>	Eidgenössische Forschungsanstalt, Postfach 185, CH-8820 Wädenswil, <a href="http://www.faw.ch">www.faw.ch</a> Eidgenössische Forschungsanstalt, Case postale 254, CH-1260 Nyon
<b>Redaktion:</b>	Lukas Bertschinger, Christian Gysi, Werner Pfammatter, Jean-Pierre Ryser
<b>Layout und Druck:</b>	Stutz Druck AG, Postfach 750, CH-8820 Wädenswil, Telefon +41 1 783 99 11, Telefax +41 1 783 99 22
<b>Fotos Titelbild:</b>	Christian Krebs, Reto Neuweiler, Peter Rusterholz, Albert Widmer (FAW)
<b>Bezugspreis 2003:</b>	CHF 7.-
<b>Erscheinungsweise:</b>	bei Bedarf
<b>Auflage:</b>	2000 deutsch, 1000 französisch
<b>Nachdruck:</b>	Auch auszugsweise nur unter vollständiger Quellenangabe gestattet

<b>1 Einleitung</b>	<b>5</b>		
<b>2 Grundlagen der Ernährung der Kulturen</b>	<b>7</b>		
2.1 Begriffe und Nährstoffe			
2.2 Nährstoffzug			
2.3 Vom Nährstoffentzug, über den Nährstoffbedarf zur Düngung			
2.4 Dynamik des Nährstoffbedarfes und seine Nachlieferung			
<b>3 Natürliches Nährstoffangebot und Bodenfruchtbarkeit</b>	<b>11</b>		
3.1 Nährstoffnachlieferung aus dem Boden und Bodenfruchtbarkeit			
3.2 Nährstoffnachlieferung aus Mulchmaterial und organischen Düngern			
3.2.1 Unterhalt der organischen Substanz			
3.2.2 Quellen organischer Substanz			
3.3 Nährstoffnachlieferung aus der Luft			
<b>4 Beurteilung des Standortes</b>	<b>13</b>		
4.1 Beurteilung von Kultur und Boden			
4.1.1 Kriterien für die Anpassung der Düngung an spezifische Obstanlagen			
4.1.2 Antagonismen und Synergismen			
4.1.3 Mangelercheinungen, physiologische Störungen			
4.1.4 Beurteilung des Bodens am Bodenprofil			
4.1.5 Gesamtbeurteilung des Standortes			
4.2 Die Bodenuntersuchung			
4.2.1 Häufigkeit und Art der Bodenuntersuchung			
4.2.2 Bodenprobenentnahme: Wie und wann?			
4.2.3 Bodenuntersuchungslabors			
4.2.4 Interpretation der Ergebnisse der Bodenuntersuchung			
4.3 Die Blattuntersuchung			
4.3.1 Ziel und Möglichkeiten des Einsatzes von Blattanalysen			
4.3.2 Richtlinien für die Probenentnahme			
4.3.3 Interpretation			
4.3.4 Andere Messwerte und Anwendungsmöglichkeiten			
4.4 Die Blüten-, Knospen- und Fruchtuntersuchung			
<b>5 Düngung (Norm, Technik, Dünger)</b>	<b>24</b>		
5.1 Normwerte und bedarfs- und standortbezogene Korrekturfaktoren			
5.1.1 Stickstoff			
5.1.2 Phosphat, Kalium und Magnesium			
5.1.3 Bor			
5.1.4 Andere Elemente			
5.2 Düngtechnik und -zeitpunkt			
5.2.1 Ausbringung auf Baumstreifen oder breitflächig			
5.2.2 Düngung bei hoch mobilen Nährstoffen splitten			
5.2.3 Zeitpunkt und Häufigkeit der Stickstoffdüngung			
5.2.4 Ausbringung und Zeitpunkt der Phosphat-, Kali- und Magnesiumdünger			
5.2.5 Blattdüngung			
5.2.6 Flüssigdünger, Fertigation			
5.2.7 Düngung von Junganlagen			
5.2.8 Untergraben und Unterpflügen der Düngung			
5.2.9 Vorratsdüngung und Meliorationsdüngung			
		5.3 Mineralische und organische Dünger	
		5.3.1 Liste mineralischer Dünger	
		5.3.2 Form der mineralischen Dünger	
		5.4 Organische Dünger	
		<b>6 Nährstoffbedarf und Düngung im Gleichgewicht</b>	<b>38</b>
		6.1 Düngungsplan pro Parzelle	
		6.2 Gesamtbetrieblicher Nährstoffhaushalt: Suisse-Bilanz	
		6.3 (Un-)Genauigkeit der Düngungsberechnungen	
		<b>7 Düngung, Fruchtqualität und physiologisches Gleichgewicht</b>	<b>39</b>
		<b>8 Düngung und Umwelt</b>	<b>40</b>
		<b>9 Düngung der Feldobstbäume</b>	<b>40</b>
		<b>10 Besonderheiten der Düngung im biologischen Obstbau</b>	<b>41</b>
		10.1 Grundsätze	
		10.2 Leitplanken für die Bio-Düngung	
		10.3 Humus	
		10.4 Stickstoff	
		10.5 Phosphor	
		10.6 Kalium	
		10.7 Kalzium	
		10.8 Magnesium	
		10.9 Spurenelement-, Ca- und Mg-Blattdünger und Stärkungsmittel	
		10.10 Handelsprodukte zur Bodenverbesserung	
		<b>11 Glossar</b>	<b>44</b>
		<b>12 Literatur</b>	<b>46</b>

## VERZEICHNIS DER TABELLEN UND ABBILDUNGEN

- Tab. 1: Nährstoffentzug von Obstbäumen (Apfelbäumen) und Verteilung auf die verschiedenen Organe (Batjer et al. 1952).
- Tab. 2: Nährstoffentzug von Früchten verschiedener Obstarten.
- Tab. 3: Gesamtgehalt und pflanzenverfügbare Form von Nährstoffen in Mineralböden (bis 20 cm Tiefe; Hasler und Hofer 1975).
- Tab. 4: Bodeneigenschaften, welche Obstkulturen einschränken, sowie Massnahmen zu deren Behebung.
- Tab. 5: Bodenuntersuchungen im Obstbau (Bodenhorizont 2–30 cm).
- Tab. 6: Grobe Einteilung der Böden nach dem Tongehalt und Interpretationsschema für den Gehalt an organischer Substanz in Bezug auf den Tongehalt des Bodens bei Obstanbau.
- Tab. 7: Nährstoffe in der AAE10-Extraktion und Korrekturfaktoren des Nährstoffbedarfes für P, K, Mg- und Ca-Versorgungsstufen (VSGP et al. 2002, angepasst an Walther et al. 2001). Interpretationsschema für alle Spezialkulturen für P, K, Mg und Ca. Resultate der Bodenuntersuchung durch AAE10-Extrakt. Werte in mg pro kg Trockenboden (VSGP et al. 2002, angepasst an Walther et al. 2001).
- Tab. 8: Nährstoffe im Wasserextrakt und Korrekturfaktoren des Nährstoffbedarfes für P, K, Mg (VSGP et al. 2002). Interpretationstabelle für Spezialkulturen für P, K, Mg und Ca. Resultate der Bodenuntersuchung durch Wasserextrakt 1/10. Werte in mg pro kg Trockenboden (VSGP et al. 2002).
- Tab. 9: Kalkdüngung (mit Kalziumoxid (CaO) in kg CaO/ha und Jahr) in Bezug auf den pH und die Kalziumreserve des Bodens.
- Tab. 10: Bemessung von Kalkgaben aufgrund der Basensättigung und Kationenumtauschkapazität (KÜK) des Bodens.
- Tab. 11: Referenzwerte der Blattdiagnose im Obstanbau im Stadium von 75 bis 105 Tagen nach der Blüte. Die Werte sind in % des Trockenmaterials angegeben.
- Tab. 12: Düngungsnormen Kern- und Steinobstanlagen im Vollertrag sowie Strauchbeeren in Bezug auf den Ertrag (Angaben im in der Regel üblichen Ertragsbereich).
- Tab. 13: Korrektur der Stickstoffdüngung für Kernobstanlagen im Vollertrag (Korrekturwerte in kg/ha).
- Tab. 14: Korrektur der Stickstoffdüngung für Steinobstanlagen im Vollertrag (Korrekturwerte in kg/ha).
- Tab. 15: Korrektur der Stickstoffdüngung: Himbeeren – Brombeeren.
- Tab. 16: Korrektur der Stickstoffdüngung: Schwarze Johannisbeeren, Johannisbeeren und Heidelbeeren.
- Tab. 17: Korrektur der Stickstoffdüngung: Kiwis.
- Tab. 18: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O- und Mg-Düngung beeinflussende Korrekturfaktoren für Kern- und Steinobst.
- Tab. 19: Jährliche Bordüngung in Bezug auf die Fruchtbarkeit des Bodens.
- Tab. 20: Mangelkorrekturen: Ursachen und Mittel zur Bekämpfung.
- Tab. 21: Vorratsdüngung (nur in Ausnahmefällen).
- Tab. 22: Nährstoffgehalt einiger Handelsdünger.
- Tab. 23: Chlor-Empfindlichkeit der Obstkulturen.
- Tab. 24: Eigenschaften verschiedener Kalkdünger (Walther et al. 2001).
- Tab. 25: Kalziumgehalt einiger Dünger.
- Tab. 26: Nährstoffgehalt organischer Dünger (kg/t für feste Dünger, kg/m<sup>3</sup> für flüssige Stoffe).
- Tab. 27: Düngungsplan für eine Apfelanlage, Golden Delicious mit 50 t/ha Fruchtertrag, auf mittelschwerem Boden, 3,6% organische Substanz (fiktives Beispiel, spezifische Werte für das Rechenbeispiel kursiv geschrieben).
- Tab. 28: Variabilität des Einzelschrittes (plus/minus in %) bei der Düngung von der Bodenprobenentnahme bis zum Ausstreuen der Dünger (Expertenschätzung).
- Abb. 1: Regelwerk der nachhaltigen Düngung der Obstkulturen in der Schweiz.
- Abb. 2: Zusammenhang der Begriffe Entzug, Bedarf, Norm und Düngernährstoffmenge.
- Abb. 3: Die Bestimmung des Stickstoffbedarfes (Norm), dessen Anpassung aufgrund des Baumzustandes und die Ableitung der auszubringenden Stickstoffdüngermenge unter Berücksichtigung des momentan mobilisierten Stickstoffangebotes.
- Abb. 4: Die Bestimmung des Nährstoffbedarfes (Norm) für P, K, Ca und Mg, dessen Anpassung aufgrund von Bodenanalysen, und die Ableitung der auszubringenden Düngermenge unter Berücksichtigung des momentan mobilisierten Nährstoffangebotes.
- Abb. 5: Trends von Nährstoffangebot und -nachfrage Nr. 1: Die Nachfrage wird getrieben durch Wachstumsprozesse (Schema des jährlichen Entwicklungsablaufes beim Apfel in Mitteleuropa; nach Gruppe 1965).
- Abb. 6: Trends von Nährstoffangebot und -nachfrage Nr. 2: Angebot an Stickstoff, das aus dem Holzkörper mobilisiert wird und von aufgenommenem Düngerstickstoff in Blättern von Fruchtrieben von Birnbäumen (nach Tagliavini et al. 1997).
- Abb. 7: Trends von Nährstoffangebot und -nachfrage Nr. 3: Angebot an mineralisiertem Stickstoff in 0 bis 25 cm Bodentiefe in einem begrünten Baumstreifen mit Unkrautbekämpfung Ende März und April. Angabe in % eines unkrautfreien Baumstreifens einer Apfelanlage in Wädenswil, 1993 (nach Gut et al. 1997).
- Abb. 8: Mikrobielle Biomasse (mg Biomasse-Kohlenstoff pro 100 g Boden-Trockensubstanz, Mittelwert ± Standardfehler) in den Baumstreifen einer Apfelanlage in Landquart im Frühjahr 1996. Winterbegrünt heisst «April–September unkrautfrei» (Gut et al. 1997).
- Abb. 9: Bodenprofil in einer Obstanlage: Einsicht ins Bodenprofil erlaubt eine bessere Standortbeurteilung und zweckmässige Massnahmen, wo nötig. Die Mühe des Aushubs lohnt sich.
- Abb. 10: Nährstoffdynamik und Extraktionsmethoden für die Bodenuntersuchung.
- Abb. 11: Schema für die Entnahme von Bodenproben.
- Abb. 12: Schema der Beziehung zwischen pH und pedogenetischen (bodenbürtigen) und ökologischen Faktoren (Breite der Bänder gibt Intensität der Vorgänge bzw. Verfügbarkeit der Nährstoffe an; Schroeder 1984).
- Abb. 13: Blattstickstoffgehalte im Verlaufe der Anbauperiode (Tage nach Vollblüte) im Südtirol in Apfelanlagen in den Jahren 1995–1998 (Aichner und Stimpfl 2001).
- Abb. 14: Nährstoffgehalt der Blätter von Golden, Entwicklung von 1976 bis 2000. Mittlere Werte der Referenzparzellen, Werte in % des Trockenmaterials (Ryser, nicht veröffentlicht).
- Abb. 15: Korrelation von N-Tester-Werten mit dem Blattstickstoffgehalt in einer Apfelanlage der Sorte Golden Delicious im Kanton Wallis, 1999–2001 (Evequoz und Bertschinger 2001).
- Abb. 16: Schematischer Querschnitt durch eine Obstanlage mit Baumstreifen und Fahrgasse.
- Abb. 17: Flüssigdüngung mit der Brause auf den Baumstreifen (Foto Chr. Krebs, FAW).



*Die Anbausysteme im modernen Erwerbsobstbau haben sich verändert in den letzten Jahren. Das ist der Hauptgrund für eine komplett überarbeitete Neuausgabe der bisherigen Richtlinien (Heller et al. 1993; Commission romande de fumure, sous-commission arboricole 1993; Ryser et al. 1995). Der Wandel von Sorten, Veredlungsunterlagen, Anbauformen und Pflanzsystemen beeinflusst die Gesamtmenge an Nährstoffen, welche eine moderne Obstanlage braucht, die Aufteilung der Nährstoffe auf die verschiedenen Organe der Pflanze und auch die Nährstoffmenge, welche mit dem Ernteprodukt die Obstanlage verlässt. Damit stellt sich die Frage, wie moderne Anlagen bedarfsgerecht ernährt werden können. Die Anbausysteme sind dynamischer geworden, d.h. sie wandeln sich rascher als früher durch die dauernde Anpassung der Erwerbsanbaupraxis an aktuelle Marktbedürfnisse, technischen Fortschritt und Standortverhältnisse. Ziel moderner Obstproduzentinnen und -produzenten ist die Erzeugung eines Optimums an Fruchtqualität auf hohem Ertragsniveau unter Vermeidung der Alternanz. Die Baumernährung moderner Obstanlagen muss flexibel an die gegebenen Standortverhältnisse und Anbauziele angepasst sein. Die Gesellschaft verlangt zudem, dass mit den Ressourcen im Anbausystem schonend umgegangen wird.*

## Was ist neu?

Es liegen die ersten gesamtschweizerischen fachlichen Grundlagen für die Düngung der Obstkulturen vor. Darauf bauen die Vorschriften für den Ökologischen Leistungsausweis des Bundesamtes für Landwirtschaft und die Richtlinien im integrierten und biologischen Obstbau auf (Abb. 1).

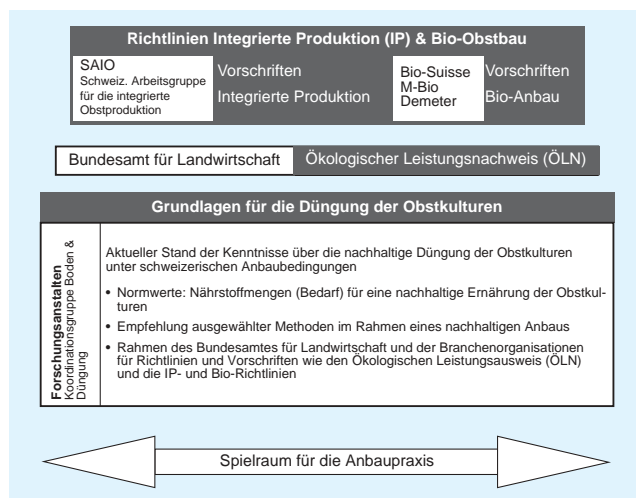


Abb.1: Regelwerk der nachhaltigen Düngung der Obstkulturen in der Schweiz.

Die *Normen*<sup>1</sup> werden neu auf das Ertragsniveau bezogen, denn die Erträge von Obstanlagen können je nach Standort und Anbaustrategie (Sorte, Unterlage, Pflanz- und Erziehungssystem usw.) stark variieren. Im Vordergrund steht die Düngung moderner *Erwerbskulturen*. Insbe-

sondere wird dem starken Wandel der Anbausysteme beim Steinobst Rechnung getragen.

Zum Minimalstandard für Bodenuntersuchungen gehört neu nur noch die Analyse des Oberbodens. Nur in speziellen Fällen wird die Analyse des Unterbodens empfohlen. Die Bodenprobenahme erfolgt entsprechend der stärksten Durchwurzelung des Bodens in 2 bis 25 cm Bodentiefe. Eine stärkere Gewichtung des Untergrundes – mit entsprechend höherer Düngungsempfehlung – kam in der Praxis kaum zur Anwendung. Das Rigolen (Untergrundbehandlung) hat heutzutage kaum mehr eine praktische Bedeutung, und das Argument, ausdauernde Kulturen würden tiefer wurzeln als Kulturen im Acker- und Futterbau, dürfte einer kritischen Überprüfung kaum standhalten. Somit entspricht die Begrenzung auf den Oberboden einer willkommenen Vereinfachung. Die Bodenanalysen und die Grundlage für deren Interpretation entsprechen damit den Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (GRUDAF; siehe Walter et al. 2001).

Das Interpretationsschema für die Ammoniumacetat-EDTA-Methode (siehe *Reservenährstoffe* und *AAE10* im Glossar) wurde den Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (Walter et al. 2001) angepasst. Für die AAE10-Extraktion gilt damit für alle Kulturen das gleiche Interpretationsschema. Das heisst, dass auch bei der Nährstoffversorgungsstufe «Vorrat» eine mässige P-, K-, Ca- und Mg-Düngung zulässig ist. Gefragt ist und bleibt in diesem Rahmen das Ziel «gute Anbaupraxis» und der gesunde Menschenverstand: Wenn z.B. ausgiebig auf den Baumstreifen gemulcht wird (d.h. hoher K-Eintrag in den Wurzelraum der Bäume), dann ist eine zusätzliche K-Düngung, auch wenn nach letzter Bodenanalyse vielleicht möglich, wenig ratsam, um Probleme der Fruchtqualität (K/Ca-Verhältnis in den Früchten) zu vermeiden.

Im Gegensatz zur Vergangenheit beinhaltet dieses Dokument auch die Grundlagen der Düngung für Strauchbeeren und Kiwi.

Erstmals wird auch auf die Besonderheiten der Düngung im Biolandbau eingegangen.

## Glossar als Referenz

Es hat sich während der Ausarbeitung dieser Grundlagen gezeigt, dass einzelne Fachbegriffe im Zusammenhang mit der Düngung und Pflanzenernährung mit unterschiedlicher Bedeutung verwendet werden. Das erschwert die Diskussion über die Bedeutung und Verwendung der Normen. Ein Glossar, das mit den Grundlagen der Düngung im Acker- und Futterbau (GRUDAF, Walter et al. 2001) abgestimmt ist, soll für einen einheitlichen Gebrauch der Begriffe im Umfeld der Düngung sorgen und dadurch Missverständnisse vermeiden helfen.

## Inhalt und Aufbau

Es war das Ziel der Autoren, die aktuellsten Grundlagen zur praktischen Düngung moderner Obstkulturen darzustellen. Die zu Grunde liegenden Prinzipien werden dargestellt und neue Erkenntnisse zusammengefasst. Damit sind diese Grundlagen ein angewandtes Nachschlagewerk für die Düngung der Obstkulturen für den Berater

<sup>1</sup> Kursiv gedruckte Begriffe sind im Glossar definiert.

und den interessierten Praktiker. Für den praktischen Gebrauch hingegen wird eine Kurzversion herausgegeben.

Die ersten Kapitel sind dem *Nährstoffentzug* und dem *Nährstoffbedarf* gewidmet. Nach der Betrachtung des natürlichen Nährstoffangebotes steht die Beurteilung des Standortes, des Bodens und des Ernährungszustandes der Kultur im Zentrum der folgenden Kapitel. Auf dieser Grundlage baut das Kapitel über die Düngung (Normen, Technik, Dünger) auf. Für die Methode und Beurteilung der Bodenuntersuchung und die Nährstoffgehalte organischer Dünger wird so weit wie möglich auf die Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (Walther et al. 2001) abgestützt.

In den letzten Jahren haben Fragen der Umweltverträglichkeit und der Fruchtqualität an Bedeutung gewonnen. Neu werden darum auch Fragen des Gleichgewichtes zwischen Nährstoffbedarf und Düngung, des Einflusses der Düngung auf die Fruchtqualität und auf die Umwelt besprochen. Das Thema Bodenpflege wird nur da erwähnt, wo eine direkte Beziehung zur mineralischen Ernährung der Obstkulturen besteht. Die Düngung der Feldobstbäume und Besonderheiten des Biolandbaus runden das Dokument ab.

### **Ziel: Nachhaltige und bedarfsgerechte Düngung**

Die vorliegenden Grundlagen für die Düngung unterstützen eine nachhaltige Ernährung moderner *Erwerbskulturen* im Obstbau. Nachhaltig heisst in diesem Zusammenhang: Durch die Ausnutzung der natürlich vorhandenen und zugegebenen Nährstoffe werden Ertrags- und Qualitätspotenzial der Kultur und des Standortes optimal ausgenutzt, die Nährstoffverluste minimiert und ein guter ökonomischer Erfolg erzielt. Die Düngung orientiert sich am Nährstoffbedarf der Pflanze (bedarfsgerechte Düngung).

Die Verantwortung für das Dokument tragen die Eidgenössischen Forschungsanstalten Wädenswil und Changins. Die «Deutscheschweizer Obstkulturmmission Boden und Düngung» und die «Commission romande des fumures, sous-commission arboriculture» haben während der Erarbeitung des Dokumentes mehrfach Stellung bezogen und ihre Anliegen eingebracht. Die «Koordinationsgruppe Boden und Düngung der Eidg. Forschungsanstalten» (KBD) hat diese Grundlagen für die Düngung der Obstkulturen begutachtet.

Es würde den Rahmen dieser Publikation sprengen, die Grundlagen der Ernährung aller Obstarten und aller Haupt- und Nebennährstoffe darzustellen. Aus diesem Grund sind in diesem Kapitel vor allem, wenn auch nicht ausschliesslich, die Verhältnisse beim wichtigen Hauptnährstoff Stickstoff und der wichtigsten Obstkultur der Schweiz, des Apfels, dargestellt.

## 2.1 Begriffe und Nährstoffe

In einer Obstanlage können, abhängig von Anbaustrategie und Standort, unterschiedliche Erträge erzeugt werden. Der *Zielertrag* ist jener Ertrag an qualitativ hochwertigen Früchten, welcher in einer Erwerbsanlage produziert werden soll. Von ihm ist abhängig, wie viele Nährstoffe mit dem Früchteretrag die Obstanlage verlassen.

Ein klares Verständnis der Zusammenhänge zwischen Pflanzenwachstum und Nährstoffhaushalt ist die Grundlage der nachhaltigen Ernährung einer modernen Obstkultur. Darum sind die Klärung der verwendeten Begriffe und deren Zusammenhänge an dieser Stelle wichtig. Die Kapitel 2.2 und 2.3 sind diesen Themen gewidmet.

Neben den Hauptnährstoffen Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Kalzium (Ca) und Magnesium (Mg) benötigen die Obstbäume noch andere Nährelemente, zum Teil in sehr geringen Mengen. Bei diesen so genannten Spurenelementen oder Mikronährstoffen handelt es sich um Mangan (Mn), Eisen (Fe), Kupfer (Cu), Zink (Zn), Bor (B) und Molybdän (Mo). Für das Pflanzenwachstum nützliche Elemente sind im Weiteren Natrium (Na), Silicium (Si), Kobalt (Co) und Nickel (Ni).

Die Wurzeln der Bäume und der Wiese, aber auch Bodenmikroorganismen vermögen z.T. die im Boden vorhandenen Nährstoffe aufzuschliessen und (Mikro-)Nährstoffe verfügbar zu machen. In gemulchten Anlagen muss daher in der Regel nicht mit Mangelsituationen bei den Spurenelementen gerechnet werden.

## 2.2 Nährstoffentzug

Der *Entzug* von Nährstoffen entspricht der mit der Ernte vom Felde abgeführten Nährstoffmenge ohne die Ernterückstände und ist demzufolge abhängig vom Ertragsniveau. Bei der Düngung wird die Parzelle oder der Gesamtbetrieb als Systemgrenze betrachtet, sodass innerhalb der Parzelle verbleibende Nährstoffe (Ernterückstände) nicht zum Entzug gehören. Bei einer Obstanlage in der Ertragsphase entspricht der Entzug also den in den Früchten und bei den Strauchbeeren auch im Schnittholz gebundenen Nährstoffen, und bei jungen Anlagen in der Aufbauphase sind es die Nährstoffe, welche im wachsenden Holzkörper gebunden werden.

Damit das Nährstoffangebot dem Bedarf der Pflanze entspricht, kann es bei der Düngung nicht nur um die Nachlieferung des *Entzuges* eines Nährstoffes aus der Obstanlage in Form einer einmaligen Gesamtgabe gehen. Es stellt sich die Frage, für welche Organe der Nährstoff in welchem Zeitpunkt, in welcher Menge und in welcher Form verfügbar sein muss.

### Nährstoffverteilung auf die Organe

Die Nährstoffgehalte verschiedener Organe der Apfelkultur sind in Tabelle 1 dargestellt. Zu berücksichtigen ist, dass sich mit dem raschen Wandel der Sorten und Unterlagen und der Anbauformen das Blatt/Frucht-Verhältnis zugunsten der Früchte verschiebt. Das schlägt sich in einem erhöhten *Entzug* aus der Obstanlage nieder. In den letzten Jahren hat diese Tendenz v.a. auch den Kirschen- und Zwetschgenanbau mit kleineren, schwachwachsenden Bäumen erfasst.

Auf die Dynamik des Nährstoffentzuges im Jahresverlauf wird in Kapitel 2.4 eingegangen. Tabelle 1 zeigt die Nährstoffverteilung auf verschiedene Organe in einer Erwerbskultur. Der *h-Entzug* entspricht dem für die Früchte eingesetzten Wert. Einen Überblick über die Nährstoffentzüge verschiedener Früchte gibt Tabelle 2. Vom Entzug leitet sich der Bedarf (Norm) ab, davon der korrigierte *Bedarf* (korrigierte Norm) und davon wiederum die zu düngende Nährstoffmenge (siehe folgende Kapitel).

Tab. 1: Nährstoffentzug von Obstbäumen (Apfel) und Verteilung auf die verschiedenen Organe (Batjer et al. 1952)<sup>1</sup>.

Organ	Nährstoffe in kg/ha				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
Früchte (40 t/ha)	20	13	60	3,6	1,8
Blätter	43	6,5	54,5	70,1	16,3
Äste, Stamm, Wurzeln	15,5	8,5	15	37,2	2,1
Verschiedenes (Knospen, Fallobst)	10,5	3	15,5	2,9	0,9
Schnittholz	10	4,4	4	22,9	1,5
<b>Entzug insgesamt</b>	<b>98</b>	<b>35</b>	<b>148</b>	<b>136,6</b>	<b>22,6</b>

<sup>1</sup> Je nach Standort, Sorte und Anbausystem ist mit grösseren Schwankungen der Entzüge zu rechnen.

Tab. 2: Nährstoffentzug von Früchten verschiedener Obstarten.

Obstart	Ertrag t/ha	Nährstoffe (kg/ha)					Quelle
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	
Apfel	40	20	10	67	3	3	IFA 1992, USDA 1963, Shear & Faust 1980 (Ca, Mg)
Birne	40	30	10	70	2	5	IFA 1992, USDA 1963
Kirsche	12	26	5	23	2	2	Huguet 1980
Zwetschge	20	10	5	42	1	2	USDA 1963
Aprikose	20	18	9	71	3	2	USDA 1963
Pfirsich	15	15	9	36	1	2	Marangoni & Rombola 1994
Kiwi	20	31	11	54	7	2	Smith et al. 1988, USDA 1992
Himbeere	15	29	7	26	-	5	Drawert et al. 1970, Souci et al. 1977
Weitere Strauchbeeren	20	37	7	47	-	4	Drawert et al. 1970, Souci et al. 1977
Heidelbeere	15	21	2	10	-	1	Drawert et al. 1970, Souci et al. 1977

*Hinweis:* Es gibt leichte Unterschiede zwischen Literaturangaben zum selben Thema (vgl. z.B. Tab. 1 und 2).





### 2.4 Dynamik des Nährstoffbedarfes und seine Nachlieferung

Der Bedarf einer Obstanlage an Nährstoffen ist durch die je nach Jahreszeit unterschiedlichen Wachstumsprozesse des Holzkörpers, der Triebe, der Wurzeln, der Blätter, Knospen und Früchte gesteuert (vergleiche Tab. 1). Um bedarfsgerecht düngen zu können, ist es wichtig, eine Vorstellung dieser Wachstumsprozesse am Baum zu haben (Abb. 5).

Dem Praktiker stellt sich die Frage einer ausreichenden Nährstoffversorgung zum richtigen Zeitpunkt. Als Quelle für die Nachlieferung von Nährstoffen, um den Entzug zu decken, stehen zur Verfügung:

- Nährstoffe, welche aus dem Holzkörper remobilisiert werden.
- Pflanzenverfügbare Nährstoffe im Boden, welche mobilisiert werden aus organischer Substanz und aus dem Bodenkörper und über die Wurzel aufgenommen werden.
- Nährstoffe, welche zugeführt werden (Düngung) und über die Wurzel oder die Blattfläche aufgenommen werden.
- Nährstoffe aus der Luft, welche über die Blattfläche oder über die Wurzel aufgenommen werden.

#### Der Holzkörper als Nährstoffquelle für das Wachstum

Am Stickstoff kann die Frage, wie dem Baum zum richtigen Zeitpunkt Nährstoffe im richtigen Ausmass angeboten werden soll, sehr gut exemplarisch abgehandelt werden. Der Stickstoff ist ein Hauptnährstoff und ist hoch mobil. Zu wenig Stickstoff bringt Wachstums- und Qualitätsprobleme, zu viel ebenfalls (siehe Kap. 7).

In einer verholzten Obstanlage wird der Wachstumsbeginn im Frühjahr ermöglicht durch Nährstoffe, welche aus dem Holzkörper remobilisiert werden. Der remobilisierte Stickstoff findet sich beispielsweise lange in recht hoher Konzentration in den Blättern von Trieben und Fruchtspiesen auch in gedüngten Anlagen, bis er ab ca. Juni an Wichtigkeit verliert (Abb. 6). Das trifft für sämtliche Baumobstarten zu. Die Versorgung des Holzkörpers mit Nährstoffen ist in der Regel kein Problem. Sie kann über die in der Anlage verbleibenden Nährstoffe (Holzschnitt, Mulch usw.) sichergestellt werden. Sollte allerdings einmal das Baumwachstum hauptsächlich von den Reserven des Holzkörpers zehren, beispielsweise wenn die Nährstoffaufnahme über die Wurzel witterungsbedingt sehr reduziert ist (z.B. bei nasskalten Bodenverhältnissen, während das Triebwachstum durch warme Temperaturen voranschreitet), dann muss der Holzkörper zum geeigneten Zeitpunkt wieder mit Nährstoffen versorgt werden. Das kann erfolgen beispielsweise durch die Aufnahme der Nährstoffe von abgebautem Mulch (siehe Kap. 3.2) oder durch eine Blattdüngung, die allerdings im gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushalt (Suisse-Bilanz) zu berücksichtigen ist.

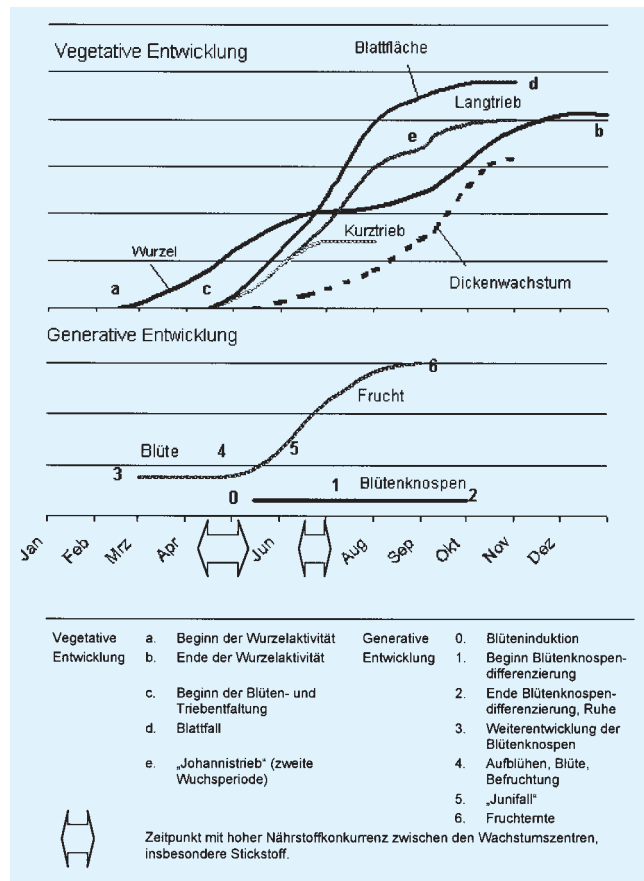


Abb. 5: Trends von Nährstoffangebot und -nachfrage Nr. 1: Die Nachfrage wird getrieben durch Wachstumsprozesse (Schema des jährlichen Entwicklungsablaufes beim Apfel in Mitteleuropa; nach Gruppe 1965).

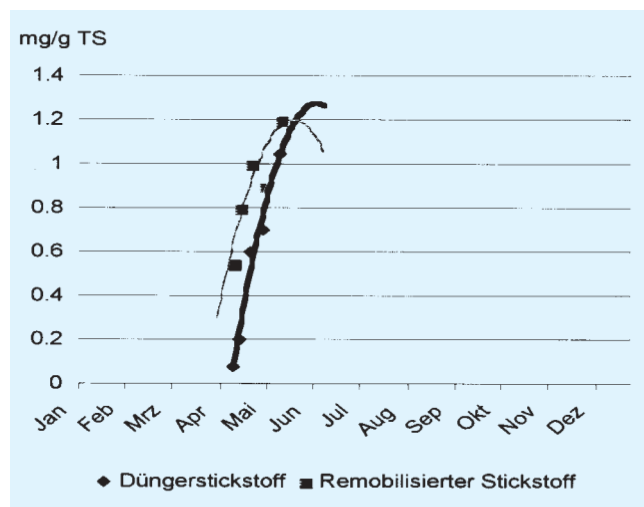


Abb. 6: Trends von Nährstoffangebot und -nachfrage Nr. 2: Angebot an Stickstoff (mg/g Blatttrockensubstanz), das aus dem Holzkörper mobilisiert wird und von aufgenommenem Düngerstickstoff in Blättern von Fruchttrieben von Birnbäumen (nach Tagliavini et al. 1997).

#### N-Mobilisierung im Boden

Durch die ansteigenden Temperaturen im Frühjahr wird Stickstoff im Boden aus organischer Substanz mobilisiert (Abb. 7). Dieser Stickstoff wird mit fortschreitender Zeit zum wichtigsten Stickstofflieferanten eines Baumes.

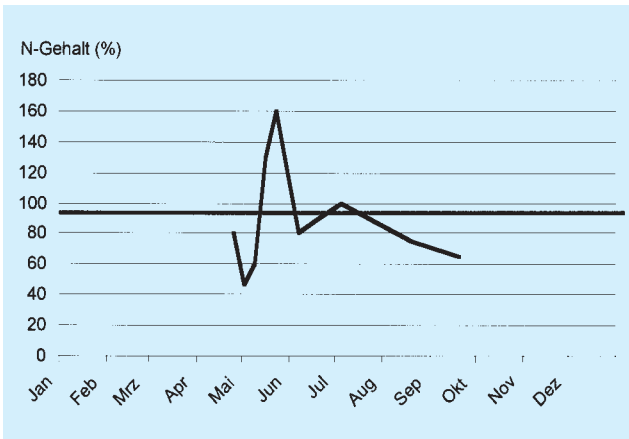


Abb. 7: Trends von Nährstoffangebot und -nachfrage Nr. 3: Angebot an mineralisiertem Stickstoff in 0 bis 25 cm Bodentiefe in einem begrüntem Baumstreifen mit Unkrautbekämpfung Ende März und April. Angabe in % eines unkrautfreien Baumstreifens einer Apfelanlage in Wädenswil, 1993 (nach Gut et al. 1997).

### Mit gekonnter Bewirtschaftung eine effiziente Nährstoffversorgung sicherstellen

Die Betrachtung der Abbildungen 5 bis 7 zeigt: Eine gekonnte Bewirtschaftung der Obstanlage kann den Nährstoffbedarf optimal sicherstellen. Optimal heisst in diesem Falle: Die verfügbaren Nährstoffe werden wirkungsvoll dann der Kultur zur Verfügung gestellt, wenn sie benötigt werden. Natürlich vorkommende Nährstoffe (z.B. aus Nährstoffmobilisierung im Boden) werden einbezogen und genutzt. Um die Blütezeit haben die verschiedensten Organe des Baumes Ansprüche an die Nährstoffversorgung (Abb. 5). Ein knappes oder auch übertriebenes Nährstoffangebot zu diesem Zeitpunkt kann nachhaltig negative Wirkung haben (z.B. Förderung der Alternanz, eine schlechte Fruchtqualität, Nährstoffverlust durch Auswaschung). Der Verknappung der bauminternen Stickstoffquelle zu diesem Zeitpunkt (Abnahme des aus dem Holzkörper mobilisierten Stickstoffs; Abb. 6) steht die Verfügbarmachung einer bedarfsgerechten Stickstoffmenge aus Dünger und aus abgebauter organischer Substanz (z.B. Unkrautbekämpfung im März und April; Abb. 7) gegenüber.

### 3.1 Nährstoffnachlieferung aus dem Boden, Bodenfruchtbarkeit

Der Boden dient der Pflanze als Unterlage und als Nährstoffspeicher. Die Wurzeln nehmen die darin enthaltenen Elemente vor allem in Form von Flüssigkeit (Bodenflüssigkeit) und in geringerer Masse in festem Zustand (Ton-Humus-Komplex) auf. Beide Zustände (siehe auch Abb. 10) werden von den zugeführten oder auf der Parzelle angebauten (Mulch) organischen oder mineralischen Düngern sowie vom Muttergestein und den abgebauten Substanzen genährt, einer nicht zu vernachlässigenden Anzahl von Elementen, die erst durch die Verwitterung des Bodens freigestellt werden. Die Nachlieferung von Nährstoffen aus der Verwitterung des Bodens ist allerdings gering im Vergleich zu den mineralisierten bzw. zugeführten Nährstoffen.

Die Nährstofffreisetzung aus organisch oder mineralisch gebundenen Nährstoffen erfolgt nur dann, wenn eine hohe mikrobielle Aktivität die Mineralisierung dieser Nährstoffe in pflanzenverfügbare Formen gewährleistet.

Die Bodenmikrofauna benötigt ihrerseits genügend Energiezufuhr in Form organischer Kohlenstoff-Quellen sowie ein bis zur Bodenoberfläche kontinuierliches Porensystem, um den Gasaustausch für die Atmungsaktivität sicherzustellen. Humus ist ein Teil der organischen Substanz (siehe Kap. 3.2.1) und trägt wesentlich zu einem stabilen und biologisch hochwertigen Boden bei. Tiefgründige, humusreiche, krümelige, waldbodenartige Böden mit hohem Gehalt an organischer Substanz sind die Idealvorstellung. Böden mit reichlich Humus umhüllten mineralischen Bodenteilchen (Krümelstruktur) zeichnen sich durch eine hohe innere Oberfläche aus, was nebst zahlreichen «Andockstellen» für Nährstoffe auch die Wasserspeicherkapazität erhöht. Ein ausgeglichener Feuchtehaushalt kommt wiederum der mikrobiellen Nährstoffumsetzung und der Wasseraufnahme der Bäume zugute. In solchen Böden sind die Nährstoffe, ihre Verfügbarkeit, die Feuchtigkeit und der Gasaustausch nicht nur ausreichend vorhanden, sondern über vielfältige Wechselbeziehungen auch gut stabilisiert (gepuffert). Diese Konstanz der Bedingungen bewahrt die Baumwurzeln vor Stressbedingungen und ermöglicht dem Baum eine physiologisch bedarfsgerechte Versorgung mit Wasser und Nährstoffen. Die Notwendigkeit für Korrekturmaßnahmen mit Einzelnährstoffen minimiert sich oder entfällt ganz.

#### Wichtige Ernährungs-Helfer

Zur Bildung von Grobporen und zur Verbindung des Humus mit den mineralischen Bodenteilchen sind Würmer unersetzliche Helfer. Durch die humusbekleideten Wurmgänge hindurch dringen die sonst mit Vorliebe den Oberboden nutzenden Baumwurzeln auch in dichtere, weniger nährstoffreiche Schichten des Unterbodens ein und erweitern so den nutzbaren Wurzelraum der Bäume. Unter den vielen auch funktionell verschiedenartig wirkenden Bakterien sind für den nachhaltigen Obstbau frei lebende oder mit Leguminosen vergesellschaftete Stickstoff-Fixierer von Bedeutung. In reinen Leguminosenbeständen können die Knöllchenbakterien 200–400 kg pro Jahr und Hektare aus der Luft gewonnenen Stickstoff anreichern. Daneben sind im Obstbau auch Mykorrhiza-Pilze für die Baumernährung

wichtig. Sie sind mit den Wurzeln eng verbunden und versorgen den Baum im «Gegengeschäft» für Assimilate vorwiegend mit Phosphor.

### 3.2 Nährstoffnachlieferung aus Mulchmaterial und organischen Düngern

#### 3.2.1 Unterhalt der organischen Substanz

Die *organische Substanz* setzt sich zusammen aus Bodenlebewesen, Pflanzenresten und Humus (Hasler und Hofer 1975). Die in der organischen Substanz enthaltenen Elemente stellen eine nicht zu vernachlässigende Menge dar und müssen in den Düngungsplan einbezogen werden. Die Werte der wichtigsten benutzten Dünger sind in Tabelle 26 aufgeführt. Im Düngungsplan und in der Düngungsbilanz muss dem Nährgehalt der ganzen organischen Substanz Rechnung getragen werden.

Ein genügender Humusgehalt und ein biologisch aktiver Boden haben verschiedene Vorteile (siehe Kap. 3.1). Durch die Pflege des Grünstreifens können sie in der Regel erhalten werden (Abb. 8). Bei einem ungenügenden Humusgehalt empfiehlt sich die mehrmalige Verabreichung von organischer Substanz als Abdeckmaterial, organischer Dünger und die Pflege des Grünstreifens.

#### Wirkung organischer Dünger

Die Mineralisierung organischer Dünger geht nur langsam vor sich. Die Nährstoffe werden erst nach und nach freigesetzt. Phosphor, Kalium und Magnesium können über mehrere Jahre angerechnet werden (5 Jahre).

Die Wirkung der organischen Dünger auf die Stickstoffernährung hängt von der Art der zugeführten Dünger ab. Stickstoffarme Substanzen (Stroh, Mist mit Stroh, Rinde, Grobkompost) mit einem hohen C/N-Verhältnis brauchen am Anfang einen Teil des mineralischen Stickstoffs des Bodens auf, während organische Substanzen mit einem geringen C/N-Verhältnis, wie frischer Gründünger oder stark zersetzter Mist, sofort mineralischen Stickstoff produzieren. Bei Dünger mit mittlerem C/N-Verhältnis, wie reifer Mist und verholzter Gründünger, stellt man eine langsame Steigerung des mineralischen Stickstoffgehalts des Bodens fest. Dieser Stickstoff stellt jedoch nur einen Teil des gesamten Stickstoffs des organischen Düngers dar. Er kann bei der Erstellung der Düngungsbilanz des Unternehmens über 3 Jahre mobilisiert werden. Bei sehr oberflächlicher Einarbeitung ist die Stickstoffwirkung weniger lang andauernd.

Ist beim Anpflanzen das Beifügen von organischer Substanz notwendig, sollte diese nicht zu tief im Boden verabreicht werden. Das Beifügen organischer Substanz beim Tiefpflügen ist auf jeden Fall zu vermeiden, da die Fermentierung im Boden junge Bäume ersticken kann.

#### Wirkung der Begrünung und der Bodenpflege

In einer Obstanlage mit nacktem Boden oder Anbau (selten), genügen die organischen Abfälle aus der Anlage nicht, um den Bedarf an organischer Substanz zu decken. Die Begrünung der Fahrgasse und die Pflanzenabfälle (Blätter, Schnittholz) genügen jedoch für die Erhaltung der organischen Substanz. Eine Begrünung der Fahrgasse bringt aber auch andere Vorteile: Schutz vor Erosion, Verhinderung der

Bodenverdichtung und verbesserte Tragfähigkeit der Böden für die mehrmalige Befahrung mit Maschinen. Darum ist der Begrünung Sorge zu tragen. Eine gelegentliche Düngung auch dieses Teils einer Obstanlage mit einem breit streuenden Düngerstreuer im Rahmen der Norm ist darum durchaus sinnvoll.

Das Freihalten des Baumstreifens beugt bei jungen Kulturen einer zu grossen Konkurrenz um Wasser und Stickstoff vor. Versuche haben aber gezeigt, dass in modernen Apfelanlagen eine zeitbezogene Freihaltung des Baumstreifens von der Begrünung (v.a. um die Blütezeit) genügt, womit die Konkurrenz des Unkrautes minimiert wird und die ökologischen Vorteile einer Begrünung maximal ausgenutzt werden können. Jede Begrünung trägt zu einer Verbesserung der biologischen Aktivität bei (Gut et al. 1997; Abb. 8). Und auch in der Baumreihe schützt Begrünung vor Erosion.

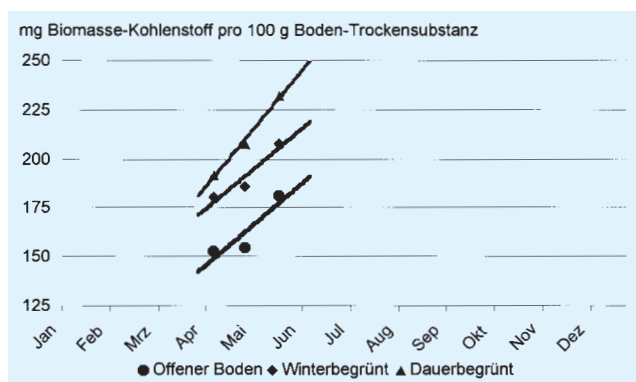


Abb. 8: Mikrobielle Biomasse in den Baumstreifen einer Apfelanlage in Landquart im Frühjahr 1996. Winterbegrünt heisst «April–September unkrautfrei» (nach Gut et al. 1997).

#### 3.2.2 Quellen organischer Substanz Eintrag von Nährstoffen durch Mulch auf den Baumstreifen.

Auf oberflächlichen, erodierbaren Böden und an trockenen Standorten wird mit Rinde oder organischen Abfällen gemulcht. Mulch reduziert die Verdunstung und hält dadurch das Wasser im Boden zurück. Bei Materialien mit hohem C/N-Verhältnis (Stroh, Sägemehl, Rinde) verbraucht die Verrottung des Mulchs einen Teil des Bodenstickstoffs auf Kosten der Kultur. Auf Böden, die von Natur aus wenig Stickstoff freigeben (geringer Anteil an organischer Substanz) ist eine Stickstoffgabe von 30 kg N/ha/Jahr gerechtfertigt vor Bedeckung des Bodens.

Konzentration von Mulchmasse auf dem Baumstreifen führt zu einer Zunahme des Kaliums und des Stickstoffs, welche dem Boden zugeführt werden. Die Deponie des Grasmulches auf den Baum- respektive Pflanzstreifen (unter dem sich die Hauptwurzelmasse der Bäume oder Sträucher befindet) entspricht einem Eintrag an Kalium ( $K_2O$ ) von bis zu ca. 100 kg je Hektare gemulchte Fläche pro Jahr (Walther et al. 2001; Nährstoffentzug einer wenig intensiv genutzten Wiese). Das entspricht bei einer Fahrgasse von 3,5 m ca. 70 kg  $K_2O$ , welches konzentriert dem Pflanzstreifen zugeführt wird. Der Eintrag von Stickstoff (N), Phosphor ( $P_2O_5$ ) und Magnesium (Mg) beträgt etwa 80, 30 und 10 kg je Hektar gemulchte Fläche.

Zu hohe Kaligehalte führen zu Problemen bei der Aufnahme von Nährstoffen mit positiver Ladung (Kationen), beispielsweise von Kalzium, Magnesium, Eisen und Mangan. Das jahrelange Konzentrieren der Mulchmasse allein auf den Baumstreifen ist darum zu vermeiden insbesondere auf Standorten, die zu Stippeproblemen oder Problemen mit Chlorosen tendieren.

#### Mist

Es handelt sich vor allem (siehe Tab. 26) um Rinder-, Pferde- oder Hühnermist. Hühnermist sollte jedoch nur in beschränkter Menge zugeführt werden (höchstens 20 m<sup>3</sup>/ha alle 3 bis 4 Jahre), da er reich an Stickstoff und an wachstumsfördernden Substanzen (Auxine) ist. Auf Kalkböden ist frischer Mist mit Stroh zu vermeiden: Regenwasser und Bewässerung reichern sich mit Kohlendioxid aus dem Boden an und können Bikarbonate bilden, welche die Aufnahme des Eisens verhindern.

#### Grünkompost (aus Pflanzenabfällen)

Der Gebrauch von Materialien aus der Kompostierung organischer Abfälle ist wegen der organischen Substanzen und der Nährstoffe vor allem bei Neupflanzungen (siehe Kap. 5.4) interessant. Jeder Lieferung muss ein Analysebericht beigelegt werden, und der Gebrauch unterliegt den gängigen Gesetzen über den Gehalt an Schwermetallen. Grünkompostgaben dürfen 25 t/ha alle 3 Jahre nicht übersteigen.

#### Organischer Handelsdünger

Diese Dünger enthalten mindestens 50% organische Substanz. Sie sind oft mit Nährstoffen angereichert. Man kann somit in einem Arbeitsgang organische Substanz sowie Nährstoffe zuführen. Es muss darauf hingewiesen werden, dass es nicht möglich ist, den Gehalt des Bodens an organischer Substanz durch die Zufuhr organischer Dünger wesentlich zu erhöhen.

### 3.3 Nährstoffnachlieferung aus der Luft

Über die Niederschläge gelangen jährlich etwa 20 bis 40 kg N/ha auf den Boden; der Anteil der übrigen Nährstoffe ist – mit Ausnahme des Schwefels – demgegenüber von geringer Bedeutung für die Ernährung der Pflanzen. Die Stickstoffzufuhr über die Niederschläge wird in der Nährstoffbilanz nicht berücksichtigt.



## 4.1 Beurteilung von Kultur und Boden

### 4.1.1 Kriterien für die Anpassung der Düngung an spezifische Obstanlagen

Die im Folgenden aufgeführten Gewichtungsfaktoren dienen der Anpassung des Düngungsbedarfes (Norm) an die konkrete Situation einer Obstanlage, damit die Düngergaben dem spezifischen Bedarf dieser Anlage entsprechen.

#### Stickstoff

Witterung (Niederschläge, Temperatur usw.) und Bodenverhältnisse (z.B. Bodentemperatur im Frühjahr v.a. um die Blütezeit) beeinflussen in hohem Masse die Wachstumsprozesse am Baum, was dann im Zustand einer Obstanlage zum Ausdruck kommt und demzufolge auch den Stickstoffbedarf beeinflusst. Die Korrektur des Nährstoffbedarfes (Norm) wird auf der Grundlage von Beobachtungen der Kultur (Jahrestrieb, Blattzustand, Baumunterlage usw.; siehe Tab. 13) und einiger Bodeneigenschaften vorgenommen. Die Witterungsverhältnisse an einem Standort sind bei den Dauerkulturen also nicht direkt die Grundlage von Korrekturen der Norm, sondern fließen über die Berücksichtigung des Baumzustandes (z.B. mit dem Korrekturkriterium «Jahrestrieb und Blattzustand») ein. Die chemische Bodenanalyse (Kap. 4.2) ist im Falle des sehr mobilen Stickstoffes zudem kein geeignetes Hilfsmittel zur Abschätzung des Stickstoffbedarfes.

Folgende Gewichtungsfaktoren werden berücksichtigt:

- Der Jahrestrieb (Länge) und der Blattzustand (Farbe)
- Die Verholzung und die Bildung der Triebabschlüsse
- Die Bildung von Blütenknospen, ein wichtiges Element zur Einschätzung der Bedürfnisse in der kommenden Saison
- Der Ertrag des Vorjahres, der über vergangenen Nährstoffentzug Auskunft gibt
- Das Risiko für physiologische Störungen, die auf einen Überschuss oder ein Ungleichgewicht bei einzelnen Nährstoffen hinweisen können
- Die mittlere Wuchskraft, die sich aus Wuchskraft der Veredelungsunterlage und der Tiefgründigkeit des Bodens ergibt (entsprechend dem Wurzelvolumen)
- Skelettanteil (Bodenfraktion mit mineralischen Bodenkörnern, deren Durchmesser >2 mm ist)
- Gehalt an organischer Substanz

Die Beträge zur Korrektur des Nährstoffbedarfes (Norm) und Berechnung des «korrigierten Nährstoffbedarfes» (korrigierte Norm) sind im Kapitel 5.1.1 dargelegt (siehe auch Abb. 2).

#### Phosphor, Kalium, Magnesium, Kalzium

Auch für diese Nährstoffe kann die Norm aufgrund des Zustandes der Kultur und des Standortes (siehe Kap. 5.1.2) korrigiert werden:

- Ertragsniveau
- Tiefgründigkeit
- Skelettanteil (Bodenfraktion mit mineralischen Bodenkörnern, deren Durchmesser >2 mm ist)
- Gehalt an organischer Substanz

Die chemische Bodenanalyse ist aber im Gegensatz zum Stickstoff im Falle der vergleichsweise weniger mobilen

Nährstoffe Phosphor, Kalium, Kalzium und Magnesium eine wichtige Grundlage für die Bestimmung der Düngung. Aus der Bodenanalyse werden Korrekturfaktoren für die Normdüngung abgeleitet (siehe Kap. 4.2.4), damit der gemäss obigen Kriterien angepasste Nährstoffbedarf (Norm) zusätzlich an das spezifische Nährstoffangebot des Bodens angepasst ist.

### 4.1.2 Antagonismen und Synergismen

Die Aufnahme der ionenförmigen Nährstoffe erfolgt über Ionentauschplätze an der Wurzeloberfläche. Liegt ein Nährstoff in positiv geladener Ionenform vor, so kann er die Aufnahme eines anderen positiv geladenen Nährstoffes «verhindern». Dies kann insbesondere der Fall sein, wenn der eine Nährstoff in der Bodenlösung stark zunimmt und in grosser Menge vorliegt, während der andere in geringer, wenn auch für die Pflanze vielleicht ausreichender Menge vorliegt. Es besteht dann ein so genannter «Antagonismus» zwischen den beiden genannten Nährstoffen.

Antagonismus bedeutet also: Hemmung der Wirkung bzw. Senkung der Konzentration eines Nährstoffes durch einen anderen Nährstoff in Ionenform. Es besteht eine negative Wechselwirkung zwischen den Gegenspielern (Antagonisten).

Beim Synergismus hingegen besteht eine Förderung der Wirkung zwischen zwei Nährstoffionen, d.h. eine Steigerung der Konzentration und der Pflanzenaufnahme eines Ions durch ein anderes (positive Wechselwirkung der Synergisten). Das kann der Fall sein zwischen Nährstoffen gegensätzlicher Ladung, wenn das Angebot eines dieser Nährstoffe stark zunimmt.

An dieser Stelle soll v.a. auf die Aufnahme-Antagonismen aufmerksam gemacht werden: Es besteht Konkurrenz um die Bindungsstellen an der Wurzeloberfläche, was am stärksten ausgeprägt ist bei den Hauptnährstoff-Kationen (positiv geladen).

Verständlich wird dieser Aufnahme-Antagonismus, wenn man bedenkt, dass das Verhältnis der aufgenommenen positiv und negativ geladenen Ionen (Kationen und Anionen) immer in etwa gleich bleibt. So kann ein vermehrtes Angebot eines Kations (z.B.  $K^+$ ) die Aufnahme eines anderen Kations (z.B.  $Ca^{++}$ ) behindern, oder auch die vermehrte Aufnahme eines Anions (z.B.  $NO_3^-$ ) eine vermehrte Aufnahme eines Kations (z.B.  $Mg^{++}$ ) bewirken. Es gilt:

Damit die für den Baum relevante Antagonismen erkannt und ihnen auch begegnet werden kann, ist es notwendig, die Ionenform zu kennen, mit welcher die Nährstoffe von der Pflanze aufgenommen werden (Tab. 3).

## 4 BEURTEILUNG DES STANDORTES

Tab. 3: Gesamtgehalt und pflanzenverfügbare Form von Nährstoffen in Mineralböden (bis 20 cm Tiefe; Hasler und Hofer 1975).

Nährstoffe	g/kg Boden	Pflanzenverfügbare Form
Stickstoff (N)	1–3	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Nitrat); NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (Ammoniak)
Phosphor (P)	0,2–0,8	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ; HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Schwefel (S)	0,5–3	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Kalium (K)	2–30	K <sup>+</sup>
Calcium <sup>1</sup> (Ca)	1–12	Ca <sup>2+</sup>
Magnesium <sup>2</sup> (Mg)	0,5–5	Mg <sup>2+</sup>
Natrium (Na)	1–10	Na <sup>+</sup>
Eisen (Fe)	5–40	Fe <sup>2+</sup>
Bor (B)	10–100	B(OH) <sub>3</sub>
Kobalt (Co)	8–80	Co <sup>2+</sup>
Kupfer (Cu)	10–100	Cu <sup>2+</sup>
Mangan (Mn)	500–5000	Mn <sup>2+</sup>
Molybdän (Mo)	0,5–5	MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Zink (Zn)	10–300	Zn <sup>2+</sup>

*Mikronährstoffe werden auch in Form von organischen Verbindungen aufgenommen.*

<sup>1</sup> Calciumkarbonathaltige Böden enthalten bis ein Mehrfaches an Calcium.

<sup>2</sup> Dolomitböden enthalten bis ein Mehrfaches an Magnesium.

Es kann als Folge von Antagonismen zu Mangelerkrankungen (siehe unten) kommen wegen zu geringer Nährstoffaufnahme, auch wenn der entsprechende Nährstoff in der Bodenlösung in ausreichendem Masse vorliegt. Oft sind im Obstbau beispielsweise Chlorosen (gelbliche Blattverfärbungen als Folge einer zu geringen Eisen- oder Manganversorgung der Blätter) nicht eine Folge eines zu geringen Nährstoffangebotes im Boden, sondern eines Überschussangebotes von Kalium (z.B. bei Überdüngung oder bei wiederholter Ausbringung kaliumhaltiger organischer Dünger wie Gülle und Mist oder auch bei ausgiebigem Grasmulchen auf den Baumstreifen, siehe Kap. 3.2.2).

**4.1.3 Mangelerkrankungen, physiologische Störungen**  
Nährstoffmangelerkrankungen von pflanzlichen Geweben für Hauptnährstoffe und Spurenelemente sind Störungen im Nährstoffhaushalt dieser Gewebe, die auch als physiologische Störungen bezeichnet werden können. Sie können die Folge einer zu geringen oder auch einer übermäßigen Versorgung eines Nährstoffes sein.

### Symptome

Nährstoffmangelerkrankungen sind im Blatt- und Fruchtgewebe oft nicht von Auge erkennbar, können aber als

- Chlorosen (Abbau des Chlorophylls des Blattgewebes zwischen den Blattnerven, welche als Aufhellung des Blattgrüns und Vergilbung ausgehend von den jungen Blättern erkennbar werden),
- Rötung des Blattgewebes oder Nekrosen (abgestorbene, bräunliche Gewebeteile des Blatt- oder Fruchtgewebes), oder
- vorzeitiger Blattfall (Magnesiummangel, insbesondere bei der Sorte Golden Delicious) sichtbar werden.

Überschusssymptome eines Nährstoffes zeigen sich ebenfalls mit Gewebeverfärbungen und Gewebenekrosen.

### Ursachen

- Tiefe Konzentration von pflanzenverfügbaren Nährstoffen im Boden
- Antagonismen (Ionenkonkurrenz; siehe Kap. 4.1.2)
- pH, der die Aufnahme vorhandener Nährstoffe erschwert (siehe Kap. 4.2.4.3)
- Fixierung von Nährstoffen im Boden
- Ungenügende Nährstoffnachlieferung wegen
  - fehlender oder reduzierter Nährstoffmobilisierung im Boden durch zu trockene, zu kalte oder vernässte Verhältnisse
  - Schwächezustand der Pflanzen, zum Beispiel nach Frost oder Hagelschaden
  - geschädigtem Wurzelwerk bei Neupflanzungen oder Frassschäden im Wurzelbereich
  - zu geringer Stickstoffversorgung kombiniert mit sehr reicher Blüte

Für die Diagnose und Beurteilung von Mangelerkrankungen sei auf die diesbezüglichen Merkblätter verwiesen (Heller und Ryser 1997a, b, c).

### Massnahmen

Es ist in erster Linie zu klären, inwiefern Bewirtschaftungsfehler zu einzelnen Ursachen beitragen. Durch die Überdüngung können Nährstoffüberschüsse entstehen, welche das Wachstum und den Stoffwechsel schädigen.

Eine wiederholte Blattdüngung ist insbesondere bei Spurenelementen oft die einzige mögliche Sofortmassnahme zur Behebung von Mangelerkrankungen. Spezifische Symptome, Ursachen und mögliche Massnahmen sind in Kapitel 5.2.5 erläutert.

Nachhaltige Lösungen zur Vermeidung von Mangelerkrankungen müssen geprüft werden. Eine umfassende Standortbeurteilung und der Einbezug der Sortenfrage tragen dazu bei.

### 4.1.4 Beurteilung des Bodens am Bodenprofil

Der Produzent ist mit den Bodeneigenschaften der bearbeiteten Bodenschicht (0–30 cm) meist gut vertraut. Obstkulturen wurzeln je nach Gründigkeit des Bodens einiges tiefer. Kenntnisse über Eigenschaften der tiefer gelegenen Bodenschichten können daher mithelfen, auftretende Kulturschwierigkeiten zu verstehen. Zudem kann ein Einblick in das Bodenprofil mithelfen, erwünschte Bodeneigenschaften zu fördern und unerwünschten Entwicklungen vorzubeugen. Eigentliche Veränderungen von Bodeneigenschaften sind praktisch nach Rodung, vor der Neupflanzung im

Rahmen von Bodenmeliorationen möglich und meist mit einem relativ hohen Aufwand verbunden. Diese Gelegenheit kann benutzt werden, um gleichzeitig eine Bodenanalyse des Untergrundes zu machen (Kap. 4.2.1).

Tabelle 4 gibt einen Überblick über Bodeneigenschaften, die eine Obstkultur allenfalls einschränken können, sowie mögliche Verbesserungsmassnahmen (siehe auch FAL-Schriftenreihe 41). Die Bodeneigenschaften werden anhand eines Bodenprofils (ca. 1 Meter breites Loch bis zur Durchwurzelungstiefe; Abb. 9) und/oder einer Spatenprobe (Loch mit Drainagespaten 60 cm tief) beurteilt. Die Beurteilung eines Bodens braucht etwas Schulung und Übung (siehe auch Zihlmann 1993).

Auch die Bodenanalyse gibt wesentlichen Aufschluss über die Standorteignung für den Obstbau. Dieser Aspekt wird in Kapitel 4.2 besprochen.



Abb. 9: Bodenprofil in einer Obstanlage: Einsicht ins Bodenprofil erlaubt eine bessere Standortbeurteilung und zweckmässige Massnahmen, wo nötig. Die Mühe des Ausbaus lohnt sich (Foto: F. Fankhauser, FAW).

Tab. 4: Bodeneigenschaften, welche Obstkulturen einschränken, sowie Massnahmen zu deren Behebung.

Beschränkende Eigenschaft	Merkmalsausprägung: Wie erkennbar?	Massnahmen
Staunässe	Verdichtete, bläulich gefärbte Schichten, Rostflecken oberhalb 60 cm Bodentiefe	Standort evtl. für Obstbau ganz ausschliessen, Drainage (z.B. Maulwurfsdrainage) Hangwasser oberhalb der Anlage ableiten Dampfpflanzung Bei Verdichtungshorizonten Tiefpflügen oder Grubbern mit sofortiger Einsaat
Durchwurzeltes Bodenvolumen geringer als 50 cm	Wurzeln fehlen Hoher Skelettanteil und/oder verdichtete Schicht Geringer Humusgehalt	Bewässerung allenfalls notwendig Mehrjährige Gründüngung (z.B. Phacelia, Ölrettich) und organische Dünger zur Erhöhung des Humusgehaltes Bei Verdichtungshorizonten Tiefpflügen und/oder Grubbern mit sofortiger Einsaat
Deutliche Trennung der Bodenhorizonte bis 50 cm Bodentiefe	Keine Durchmischung der Horizonte An Farbe, Textur und Struktur erkennbar Wenige oder keine Regenwurmgänge	Tiefpflügen oder Grubbern; Häufigkeit und Witterung bei Befahrung überprüfen Achslasten vermindern durch Doppelbereifung Gründüngung (z.B. Phacelia, Ölrettich) und organische Dünger zur Erhöhung des Humusgehaltes
Verschlämmung, Erosionsrillen	Oberste Bodenschicht verdichtet Zu feinkörnige Bodenstruktur Feinerde abgeschwemmt	Baumreihen quer zum Hang anlegen Einsaaten verbessern (eventuell auch durch Düngung des Grasstreifens) Baumstreifen mit organischen Materialien abdecken Weniger oft befahren und nur bei nicht zu nassem Boden Achslasten vermindern durch Doppelbereifung Gründüngung und organische Dünger zur Erhöhung des Humusgehaltes



### 4.1.5 Gesamtbeurteilung eines Standortes

Eine Bodenbeurteilung ist nicht das einzige Kriterium, um zu entscheiden, ob ein Standort geeignet ist für den Obstbau. Ein Standort muss gesamthaft beurteilt werden, inklusive Klimafaktoren (Frost, Wind ...) und marktrelevanter Kriterien (Marktnähe, Abnehmerkriterien ...).

Falls ein Standort Eigenschaften aufweist, welche nicht durch eine einfache Bewirtschaftungsänderung oder Sanierungsmassnahme (siehe Tab. 4) innert eines oder weniger Jahre korrigierbar sind (beispielsweise bei sehr hohem pH wegen hohem Kalkgehalt), dann ist zu prüfen, ob mit einer standortgerechten Anlageplanung ein nachhaltigerer Anbau dennoch möglich wäre (z.B. im Falle von Magnesiummangel: Verzicht auf Anbau der Sorte Golden Delicious, welche bei Magnesiummangel vorzeitigen Blattfall zeigt; Verzicht auf stippeanfällige Sorten bei Kalziumaufnahme-problemen).

## 4.2 Die Bodenuntersuchung

Die in den Düngern enthaltenen Nährstoffe werden mit Ausnahme des Stickstoffs und allfälliger Blattdüngungen von Spurenelementen einmal im Verlaufe des Jahres auf das Feld ausgebracht. Tone und die organische Substanz des Bodens sind in der Lage, diese Nährstoffe anzulagern (Kapazitätsfaktor) und während längerer Zeit an die Bodenlösung (Intensitätsfaktor) abzugeben. Die Pflanze nimmt die Nährstoffe im Wesentlichen aus der Bodenlösung auf. Die Anlagerung der Nährstoffe am festen Bodenkörper und die Abgabe an die Bodenlösung und Pflanze sind dynamische Vorgänge, die von Eigenschaften der Nährstoffe, des Bodens und der Pflanze beeinflusst werden.

Durch die Untersuchung des Bodens mit einem starken Extraktionsmittel (zum Beispiel *AAE10*) und einem schwachen Extraktionsmittel (zum Beispiel Wasser) kann Einblick gewonnen werden in die Dynamik der Nährstoffverfügbarkeit: Mit der Wasserextraktion werden vor allem die pflanzenverfügbaren Nährstoffe erfasst, mit dem starken Extraktionsmittel werden alle im Boden verfügbaren Nährstoffe bestimmt (Abb. 10). Es gibt verschiedene Methoden der Bodenuntersuchung. Im Obstbau haben sich die *AAE10*-Methode und die Wasserextraktionsmethode als Methoden etabliert. Sie geben wertvolle Hinweise auf die Nährstoffversorgung sowie auf das Nährstoffrückhaltevermögen der Böden.

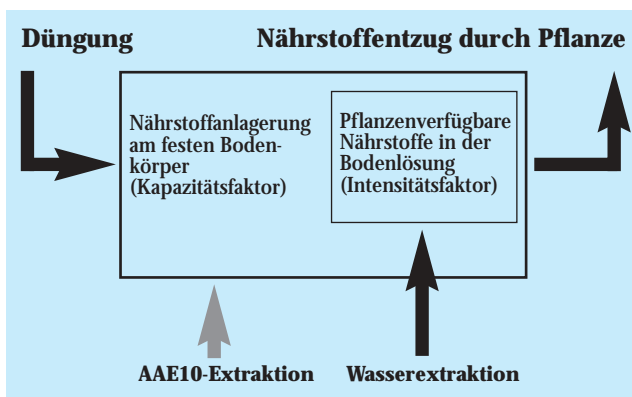


Abb. 10: Nährstoffdynamik und Extraktionsmethoden für die Bodenuntersuchung.

### 4.2.1 Häufigkeit und Art der Bodenuntersuchung

Es gibt Bodeneigenschaften, die durch die Bewirtschaftung nicht oder nur sehr schwer verändert werden können. Diese Untersuchungen sollen darum v.a. dann gemacht werden, wenn es um die erstmalige Beurteilung eines Standortes für die Anlage einer Obstkultur geht (siehe Tab. 5). Nährstoffgehalte, pH-Wert und der Gehalt an organischer Substanz sind hingegen veränderbar und müssen periodisch überprüft werden.

Auf die chemische Untersuchung des Untergrundes wird in der Regel verzichtet. Sie kann aber in Ausnahmefällen empfohlen werden, z.B. bei Mangelerscheinungen, bei Kulturschwierigkeiten und allenfalls bei Bodenmeliorationen und Neuanlagen (siehe Tab. 5).

Die Bodenanalysen sind die Grundlage für die Berechnung des korrigierten *Bedarfes* (korrigierte Norm) an Phosphor, Kalium, Magnesium und Kalk (Kalzium), wogegen beim Stickstoff keine chemischen Analysedaten für die Berechnung des Bedarfes verwendet werden (siehe Kap. 4.1.1).

Tab. 5: Bodenuntersuchungen im Obstbau.

Untersuchungen <sup>1</sup>	Häufigkeit	Erstmalig (E) Periodisch (P)
<b>Oberboden: Bodenhorizont 2–25cm</b>		
P und K (AAE10-Extraktion)	A/B	P
Mg und Ca (AAE10-Extraktion)	B	P
P, K, Mg (Wasserextraktion)	A/B	P
Spurenelemente B, Mn, eventuell Cu, Fe, Zn, Mo	C	P
Körnung, geschätzt (Fühlprobe: Ton, Schluff)	A	E
Körnung, analytisch (Ton < 0,002 mm, Schluff 0,002–0,05 mm, Sand > 0,05 mm)	C	E
Organische Substanz, analytisch	A	P
Kationenumtauschkapazität (KUK)	C	E
pH-Wert	A/B	P
Basensättigung	C	E
<b>Unterboden: Bodenhorizont 25–50 cm</b>		
P, K, Mg und Ca, pH, Fühlprobe	C	E

<sup>1</sup> Eine ausführliche Beschreibung der Analysemethoden ist in den Referenzmethoden der Eidg. landwirtschaftlichen Forschungsanstalten enthalten.

A: Minimalstandard. Entspricht den Anforderungen zur Erfüllung des Ökologischen Leistungsausweises (ÖLN) des Bundes mit Gültigkeit für die Anbauperiode 2002/2003.

B: Empfohlen alle 5 Jahre oder häufiger bei Bedarf, insbesondere in modernen Erwerbsanlagen mit Kultur- und Qualitätsschwierigkeiten.

C: Weitere Untersuchungsmöglichkeiten für Standortbeurteilungen, empfehlenswert vor allem bei Neuanlagen und Kulturschwierigkeiten.

Basensättigung (%): Pflanzenverfügbare Vorräte an Kalium, Magnesium und Kalzium in Prozent der Kationen-Austauschkapazität (< 6: extrem niedrig, 6,1–12: sehr niedrig, 12,1–18: niedrig, 18,1–30: mässig bis ausreichend, 30,1–99, > 99: basengesättigt).

Wenn sich zwischen dem Reserve- und Wasserextrakt eine Differenz von mehr als 2 Versorgungsstufen (siehe Kap. 4.2.4.2) ergibt, so ist zur Interpretation der Bezug eines Spezialisten ratsam. Siehe auch Walther et al. 2001 (Kap. 4).



#### 4.2.2 Bodenprobentnahme: Wie und wann?

Es ist wichtig, die Bodenproben sorgfältig zu entnehmen, denn die Qualität der Resultate hängt davon ab.

Um saisonbedingte Schwankungen zu vermeiden, sollten die Bodenproben immer zur gleichen Zeit entnommen werden. In Dauerkulturen ist eine Entnahme zwischen August und November angezeigt.

Um Schwankungen der Analyseresultate wegen Bodenunterschieden in einer Parzelle zu vermeiden, sollten die Bodenproben einer Parzelle immer nach dem gleichen Schema entnommen werden. Die Proben müssen für die Parzelle oder den untersuchten Sektor repräsentativ sein. Bei bekannten Unterschieden der Bodeneigenschaften innerhalb einer Parzelle sind mehrere Bodenproben zu entnehmen und so zu beschriften, dass sie nachher wieder dem beprobten Parzellenbereich zugeordnet werden können.

Die Entnahme wird mit einer Sonde vorgenommen (Typ Pürkhauer oder Eijkelkamp). Die Mindestanzahl von Einstichen für eine Probe beträgt 12 (ideal 20). Das Muster wird in 2 bis 25 cm Tiefe entnommen. Das Gras wird an der Oberfläche von 0 bis 2 cm entfernt. Diese Probenahmetiefe entspricht der stärksten Durchwurzelung des Bodens durch die Obstbäume.

Die Einstiche werden auf der Diagonalen der Parzelle und an der Grenze zwischen begrünter und unbegrünter Bodenoberfläche gemacht. Auf Querterrassen und bei alleiniger Düngung des unbegrünten Streifens werden die Entnahmen auf diese Zone beschränkt (Abb. 11). Wird die Düngung durch Tropfenbewässerung oder mit der Düngerlanze vorgenommen, ist die Repräsentativität der Bodenprobe nicht gewährleistet. Es wird in diesen Fällen empfohlen, die Anzahl der einzelnen Einstiche für die Mischprobe zu verdoppeln.

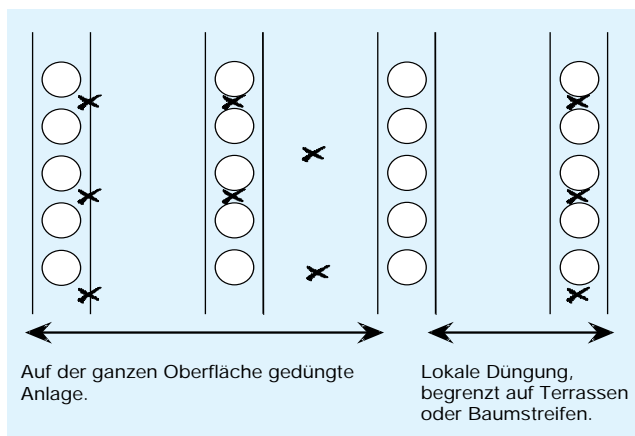


Abb. 11: Schema für die Entnahme von Bodenproben.

#### 4.2.3 Bodenuntersuchungslabors

Die entnommenen Proben müssen mit einem Begleitformular so schnell wie möglich einem Labor, welches für Analysen zur Erlangung des Ökologischen Leistungsausweises (ÖLN) anerkannt ist, zugestellt werden. Es erscheint jährlich eine Liste der anerkannten Labors. Das beiliegende, genau ausgefüllte Formular erleichtert die Zustellung der Proben, die Wahl der Analyse und die Auswertung der Ergebnisse.

#### 4.2.4 Interpretation der Ergebnisse der Bodenuntersuchung

##### 4.2.4.1 Einteilung der Böden in Klassen

Aufgrund der Körnung des Bodens (geschätzt oder analytisch, siehe Tab. 5) wird der Boden grob eingeteilt in drei Klassen (Tab. 6), die für die Korrekturfaktoren der Bodenuntersuchung unterschiedlich festgelegt werden.

Tab. 6: Grobe Einteilung der Böden nach dem Tongehalt und Interpretationsschema für den Gehalt an organischer Substanz in Bezug auf den Tongehalt des Bodens bei Obstanbau.

Bodenklasse	Tongehalt (< als 0,002 mm)	Gehalt an organischer Substanz (%) (Boden 2–28 cm Tiefe)		
		Ungenügend	Genügend	Erhöht
Leichte Böden	Weniger als 10%	< 1,1	1,1–2,5	> 2,5
Mittelschwere Böden	10–30%	< 1,5	1,5–3,5	> 3,5
Schwere Böden	über 30%	< 2,3	2,3–4,0	> 4,0

Der Gehalt an organischer Substanz eines Bodens (organische Substanz = organischer Kohlenstoff  $\times$  1,7) ist in der Regel nur sehr langsam und schwer veränderbar, weil er von langsam veränderbaren Bodeneigenschaften und dem Klima abhängig ist. Möglichkeiten der Beeinflussung mit Bewirtschaftungsmassnahmen sind in Kapitel 3.2.2 besprochen.

##### 4.2.4.2 Phosphor, Kalium, Magnesium und Kalzium

Der Nährstoffgehalt für P, K, Mg und Kalzium wird für die AAE10-Extraktion nach der Tabelle 7 und für die Wassereextraktion nach der Tabelle 8 beurteilt.

Aus diesen Tabellen ergeben sich Korrekturfaktoren für die Normdüngung. Bei mit Nährstoffen übersorgten Böden ist der Korrekturfaktor kleiner als 1, das heisst, die zu verabreichende Düngung ist geringer als der Nährstoffbedarf, die vorhandenen Nährstoffgehalte des Bodens werden im Verlaufe der Zeit vermindert. Bei ungenügend mit Nährstoffen versorgten Böden ist der Korrekturfaktor grösser als 1, das heisst, die Düngung ist grösser als der Bedarf, Nährstoffe können im Boden angereichert werden. Veränderungen der Nährstoffgehalte erfolgen nicht von einem Jahr auf das andere; Korrekturen benötigen in der Regel Jahre oder im Falle von Phosphat in schweren Böden Jahrzehnte. Antagonismen (siehe Kap. 4.1.2) müssen in jedem Fall berücksichtigt werden (für Böden mit grossem oder sehr grossem Kaliumgehalt (Versorgungsklasse D = Vorrat oder E = angereichert), darf die Zufuhr von Mg nicht weniger als 20 kg/ha/Jahr betragen, damit kein Antagonismus K – Mg entsteht, ausser Mg ist auch in Versorgungsklasse D oder E).

##### Gewichtung der mit Reserve- und Wasserextrakt ermittelten Korrekturfaktoren

Der Unterschied zwischen Reserve- und Wasserextrakt liefert wertvolle Information über den Boden. Bei hohem Anteil an Nährstoffen und geringem Anteil an pflanzenverfügbaren Nährstoffen handelt es sich in der Regel um Böden mit starker Nährstofffixierung. Ist der Anteil an Reservenährstoffen gering und jener an pflanzenverfügbaren Nährstoffen hoch, dann handelt es sich in der Regel um Böden mit hoher biologischer Aktivität (Gysi et al. 1983).

## 4 BEURTEILUNG DES STANDORTES

Der Korrekturfaktor der Norm aus der Reserve wird zweimal gewichtet, jener des leicht verfügbaren Extrakts einmal:

$(2 \times \text{Reservefaktor} + 1 \times \text{verfügbare Faktor})/3 = \text{kombinierter Faktor} = \text{Normdüngungsfaktor}$  (siehe Abb. 4).

Der Normdüngungsfaktor ermöglicht die Korrektur der Düngungsnorm zur Erreichung eines spezifischen Zielertrags. Dann werden Korrekturen betreffend Veredelungsunterlage, Tiefgründigkeit des Bodens, Steinanteil und Gehalt an organischer Substanz durchgeführt (siehe für Prinzip: Kap. 4.1.1; für Beispiel: Kap. 6.1).

Wenn sich zwischen dem Reserve- und dem Wasserextrakt gemäss Kapitel 4.2.4.2 eine Differenz von mehr als 2 Versorgungsstufen ergibt, dann ist zur Interpretation der Bezug eines Spezialisten ratsam.

Falls aus speziellem Anlass (siehe Tab. 5) auch der Untergrund analysiert wird, dann können die Analysewerte von Ober- und Untergrund mit einer ergänzten Formel verrechnet werden (Heller et al. 1993, Ryser et al. 1995).

Tab. 7: Nährstoffe im AAE10-Extrakt eines Bodens und Korrekturfaktoren des Nährstoffbedarfes für P, K, Mg- und Ca-Versorgungsstufen (VSGP et al. 2002, angepasst an Walther et al. 2001). Interpretationsschema für alle Kulturen. Analyseresultate von Böden durch AAE10-Extrakt. Werte in mg pro kg Trockenboden.

Element	Korrekturfaktoren der Düngungsnorm															
	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
	Nährstoffgehalt des Bodens															
	Arm A	Mittel-mässig B	Mittel-mässig B	Genügend C	Genügend C	Genügend C	Genügend C	Genügend C	Reserve D	Reserve D	Reserve D	Reserve D	Reserve D	Reserve D	Reserve D	Sehr reich E
<b>Leichte Böden: weniger als 10% Ton</b>																
P	< 20	20	40	50	60	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
K	< 60	60	110	140	170	200	240	270	300	325	350	370	390	405	420	
Mg			< 50	50	60	85	110	120	130	145	160	185	210	230	250	
Ca	< 1000	1000	< 2000	2000			< 20000	20000							40000	> 40000
<b>Mittlere Böden: 10 bis 30% Ton</b>																
P	< 10	10	25	40	50	60	70	80	85	90	95	100	105	110	115	120
K	< 40	40	80	110	140	170	200	230	260	290	320	340	360	380	400	
Mg		< 50	50	100	140	170	200	225	250	275	300	325	350	390	425	
Ca	< 1000	1000	< 2000	2000			< 20000	20000							40000	> 40000
<b>Schwere Böden: mehr als 30% Ton</b>																
P	< 10	10	20	30	40	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
K		< 40	40	70	100	135	170	200	230	255	280	300	320	350	380	
Mg	< 60	60	100	140	180	225	265	300	325	350	375	400	425	450	475	500
Ca	< 1000	1000	< 2000	2000			< 20000	20000							40000	> 40000

Diese Tabelle gilt für Böden mit bis zu 5% organischer Substanz. Höhere Gehalte an organischer Substanz dürften im Obstbau selten vorkommen (ansonsten kann korrigiert werden gemäss Tab. 2 in Ryser 1998). Die Werte zwischen einer Kolonne und der folgenden werden mit dem höheren Korrekturfaktor interpretiert. Beispiel für einen mittleren Boden: 79 mg P/kg = Faktor 0,9.

Tab. 8: Nährstoffe im Wasserextrakt eines Bodens und Korrekturfaktoren des Nährstoffbedarfes für P, K, Mg (VSGP et al. 2002). Interpretationsschema für Spezialkulturen. Resultate der Bodenanalyse durch Wasserextrakt 1/10. Werte in mg/kg Trockenboden.

Element	Korrekturfaktoren der Düngungsnorm															
	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
	Nährstoffgehalt des Bodens															
	Arm A	Mittel-mässig B	Mittel-mässig B	Genügend C	Genügend C	Genügend C	Genügend C	Genügend C	Reserve D	Reserve D	Reserve D	Reserve D	Reserve D	Reserve D	Reserve D	Sehr reich E
<b>Leichte Böden: weniger als 10% Ton</b>																
P	< 4	4	6	8	9	10	11	12	13,5	15	16,5	18	19,5	21	22,5	24
K	< 10	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Mg	< 4	4	6	8	9	11	13	15	16	18	20	22	24	26	28	30
Ca	< 3	3	16,5	30	37,5	45	52,5	60	67,5	75	82,5	90	97,5	105	112,5	120
<b>Mittlere Böden: 10 bis 30% Ton</b>																
P	< 2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
K	< 10	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Mg	< 5	5	7	10	14	18	22	25	28	31	34	37	40	43	46	50
Ca	< 6	6	33	60	85	110	130	150	170	190	210	230	250	270	290	300
<b>Schwere Böden: mehr als 30% Ton</b>																
P	< 1	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
K	< 5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40
Mg	< 8	8	11,5	15	18	22	26	30	33	36	40	44	48	52	56	60
Ca	< 9	9	49,5	90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5	270	292,5	315	337,5	360

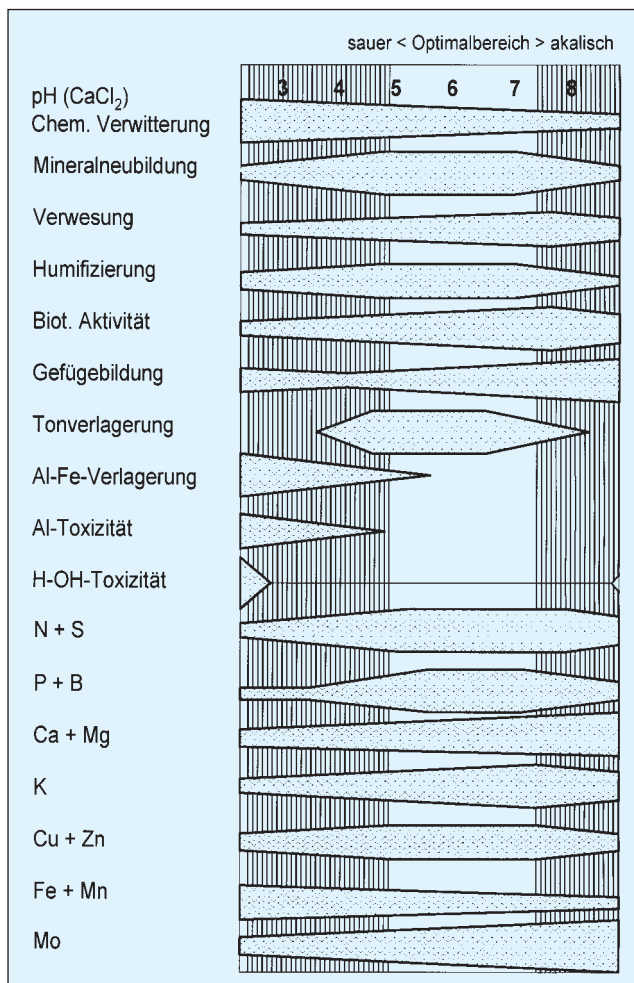
Diese Tabelle gilt für Böden mit bis zu 5% organischer Substanz. Höhere Gehalte an organischer Substanz dürften im Obstbau selten vorkommen (ansonsten kann korrigiert werden gemäss Tab. 2 in Ryser 1998). Die Werte zwischen einer Kolonne und der folgenden werden mit dem höheren Korrekturfaktor interpretiert. Beispiel für einen mittleren Boden: 7,9 mg P/kg = Faktor 0,9.

**4.2.4.3 pH (Interpretation Standorteignung)**

Die biologische Aktivität des Bodens und die Verfügbarkeit der meisten Nährstoffe, aber auch der Schwermetalle sind vom pH-Wert abhängig. Jede abrupte Veränderung des pH-Wertes, zum Beispiel durch eine übermässige Kalkgabe, ist zu vermeiden. Die wichtigste und einfachste Massnahme zur Kontrolle des pH-Wertes liegt in der richtigen Auswahl der verwendeten Dünger.

Günstig für den Obstbau ist ein pH-Wert (in Wasser gemessen) zwischen 6,0 und 7,5, für Beeren zwischen 5,0 und 7,0, für Heidelbeeren bis pH 4,0. Im Ausland wird der pH routinemässig oft in CAL oder KCl gemessen. Entsprechend liegen die dortigen Angaben zwischen 0,5 und 1 pH-Einheiten tiefer als der pH-Wert in der Wassersuspension.

Abb. 12: Schema der Beziehung zwischen pH und pedogenetischen (bodenbürtigen) und ökologischen Faktoren (Breite der Bänder gibt Intensität der Vorgänge bzw. Verfügbarkeit der Nährstoffe an; Schroeder 1984).



Eine Erhöhung des pH-Wertes kann über die Kalkung erfolgen (siehe Kap. 4.2.4.4). Eine Absenkung des pH-Wertes ist demgegenüber schwierig. Durch die Mulchwirtschaft wird der pH des Bodens in der Regel tendenzmässig gesenkt. Meist genügt die Verwendung kalkhaltiger Hauptnährstoffdünger zur Aufrechterhaltung eines stabilen pH-Wertes. Durch die konsequente Verwendung sauer wirkender Dünger (siehe Tab. 18) kann je nach Standort eine pH-Absenkung im Verlaufe mehrerer Jahre erreicht werden.

**4.2.4.4 Erhaltungskalkung**

Eine allfällig notwendige Aufkalkung des Bodens erfolgt aufgrund des pH-Wertes und des Ca-Gehaltes im AAE10-Extrakt. Die empfohlene Menge ist aus der Tabelle 9 ersichtlich.

Tab. 9: Erhaltungskalkung (mit Kalziumoxid (CaO) in kg CaO/ha und Jahr) mit Bezug auf den pH und das im Boden vorrätige Kalzium.

Bezeichnung	pH (H <sub>2</sub> O)	Dosis in kg CaO/ha und Jahr Nährstoffgehalt (Ca mg/kg AAE10)				
		A < 1000	B 1000- 2000	C 2000- 20 000	D 20 000- 40 000	E > 40 000
Stark sauer	< 5,5	420	390	350	140	70
Sauer	5,5-5,9	350	200	140	100	35
Schwach sauer	6,0-6,4	240	140	100	70	0
Neutral	6,5-6,9	200	100	70	35	0
Schwach Alkalisch	7,0-7,4	140	70	35	0	0
Alkalisch	< 7,5	35	35	0	0	0

Für Düngemittel siehe Tab. 22. Düngermengen müssen aufgrund des CaO-Gehaltes (%) umgerechnet werden (siehe Tab. 23). Die CaCO<sub>3</sub>-Angabe auf einem Düngemittel deklariert den wirksamen Kalk. Die Ca-Gehaltangabe auf dem Düngemittel hingegen zeigt noch keine Kalkwirkung an.

Kalkdüngung ist immer für Böden ohne CaCO<sub>3</sub> und mit einem pH unter 5,9 notwendig. Für Böden ohne Kalk und einem pH zwischen 5,9 und 6,5 braucht man vorzugsweise Kalkdünger (siehe Kap. 5.3, Tab. 22). Diese Dünger genügen jedoch nicht, und eine Kalkgabe kann angebracht sein. CaO-Mengen bis zu 100 kg/ha können in der Regel kombiniert mit Mehrnährstoffdüngern ausgebracht werden. Eigenschaften verschiedener Kalkdünger sind in Tabelle 22 festgehalten.

Die in Tabelle 9 angegebenen jährlichen Kalkmengen entsprechen einer Erhaltungsdüngung. Für Meliorationskalkungen sind grössere Mengen erforderlich, die aufgrund der Basensättigung und der Kationenumtauschkapazität (siehe Glossar) bestimmt werden können (Tab. 10). Diese beiden Grössen können von einem Bodenlabor bestimmt werden in ausserordentlichen Fällen, d.h. in Problemanlagen, wenn das Nährstoffrückhalte- und -nachlieferungsvermögen des Bodens als Ursache von Ernährungsproblemen der Kultur vermutet werden (siehe Tab. 5).

**Unterschied zwischen Kalzium- und Kalkdünger**

Ein Kalziumdünger (Ca-Dünger) dient direkt zur Verbesserung der Ca-Ernährung der Pflanzen. Ca-Dünger spielen unter schweizerischen Verhältnissen eine untergeordnete Rolle (Ca in der Regel ausreichend im Boden vorhanden).

Kalkdünger sind aus natürlichen Karbonaten (Mergel, Kalkstein, Dolomit) durch Vermahlung oder chemische Umwandlung hergestellte, alkalisch wirkende Stoffe. Sie werden v.a. zur Erhöhung der Bodenreaktion, des pH-Wertes, eingesetzt.

Die CaCO<sub>3</sub>-Angabe auf einem Düngemittel deklariert den wirksamen Kalk. Die Ca-Gehaltangabe auf dem Düngemittel hingegen zeigt noch keine Kalkwirkung an.

Tab. 10: Bemessung von Kalkgaben aufgrund der Basensättigung und Kationenumtauschkapazität (KUK) des Bodens.

Basensättigung (%) (siehe Tab. 5)		Kalkgabe (kg CaO/ha) je nach Kationenumtauschkapazität (mäq/100 g Boden)			
Ackerland & Kunstwiesen	Naturwiesen	Unter 10	10–15	15–20	Über 20
> 60	> 50	0	0	0	0
50–60	40–50	730	1250	1550	2000 <sup>1</sup>
40–49	30–39	1000	1900	2150 <sup>1</sup>	2800 <sup>1</sup>
< 40	< 30	1300	2450	2750 <sup>1</sup>	3600 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aufteilung in 2–3 Gaben im Abstand von 2–4 Jahren auf schweren Böden. Auf leichten Böden bereits ab 1000 kg/ha und Jahr. Vor Ausbringung der 2. resp. 3. Gabe ist eine erneute Bestimmung des pH-Wertes empfehlenswert. Quelle: Walther et al. 2001

### 4.2.4.5 Bor, Eisen, Mangan und andere Spurenelemente

Die Wurzeln der Bäume und der Einsaatpflanzen, aber auch Bodenmikroorganismen vermögen den Boden aufzuschliessen und in genügendem Masse Nährstoffe pflanzenverfügbar zu machen, sodass in der Regel in gemulchten Anlagen nicht mit Mangelsituationen bei Spurenelementen gerechnet werden muss.

Ein Mangel an Spurenelementen ist oft nicht durch einen eigentlichen Mangel des entsprechenden Elementes, wohl aber auf dessen Verfügbarkeit zurückzuführen. Abhilfe schafft daher eine Verbesserung der biologischen Aktivität des Bodens durch die Förderung der Durchwurzelung, die Zufuhr organischer Substanz und die Vermeidung der Bodenverdichtung und Bodenvernässung. Ein zu hoher oder zu tiefer pH-Wert des Bodens kann die Verfügbarkeit von Spurenelementen beeinträchtigen. Kurzfristig ist Mangel an Spurenelementen meist nur durch Blattdüngung zu beheben.

#### Bor

Bor spielt bei der Knospenbildung und der Entwicklung der Früchte eine grosse Rolle. Ein Mangel oder ein Übermass an Bor kann sie schwer beeinträchtigen. Durch die Bodenanalyse können die Borreserve des Bodens sowie Mangelschwelle und Toxizität bestimmt werden. Mangel wie Überschuss führen zu einer Verminderung des Wuchses und des Ertrags (Farbe).

Bor wird von Pflanzen in Form von Borsäure oder von Borat aufgenommen. Im Boden ist das Bor an Tonteilchen adsorbiert. Bei pH-Werten über 7 kann die Adsorption des Bors im Boden dessen Pflanzenverfügbarkeit so stark reduzieren, dass Mangelerscheinungen auftreten (Blütenwelke, gestauchtes Triebwachstum). Der jährliche Borbedarf der Obstbäume liegt bei zirka 2 kg/ha.

Bei Verdacht auf Mangel an Spurenelementen kann durch vermehrtes Ausbringen von organischen Düngern die Zufuhr von Spurenelementen gesteigert werden. Eine kurzfristige Bekämpfung von Spurenelement-Mangelsymptomen erfolgt durch Blattdüngung (Kap. 5.2.5).

Aufgrund der Bodenanalyse (Heisswasserextraktion) lässt sich ein Boden einer Versorgungsklasse zuordnen. Aufgrund der Versorgungsklasseneinteilung kann die Dün-

gungsgabe bemessen werden, was in Kapitel 5.1.3 besprochen wird (Tab. 19).

#### Eisen und Mangan

Eisen ist meist reichlich im Boden vorhanden. In der Regel ist in den für Obstbau geeigneten, gut durchlüfteten Böden auch genügend verfügbares Eisen vorhanden.

Die Aufnahme des Eisens erfolgt nach einer Reduktion in die zweiwertige Form an der Wurzeloberfläche oder durch komplexbildende Substanzen, die von der Wurzel ausgeschieden werden. Bei zu hohem pH-Wert in Böden mit hohem Humusgehalt, Bodenverdichtungen und ungenügender Belüftung wegen Vernässung des Bodens ist die Verfügbarkeit von Eisen und Mangan eingeschränkt, und es können trotz dem hohen Gehalt des Bodens Mangelsymptome (Chlorosen der jüngsten Blätter) auftreten.

Auch im Falle von Eisen und Mangan können Böden aufgrund der Bodenanalyse in Versorgungsklassen eingeteilt werden (Walther et al. 2001; GRUNDAF). Die Ableitung möglicher Düngemassnahmen muss sehr situationsbezogen beurteilt werden (Kap. 5.1.4; für Blattdüngung siehe Kap. 5.2.5).

## 4.3 Die Blattuntersuchung

### 4.3.1 Ziel und Möglichkeiten des Einsatzes von Blattanalysen

Die Blattuntersuchung ist in der Praxis eine noch relativ unbekannt Methode, welche die Kontrolle des Nährstoffgehalts der Pflanzen während der Vegetationsperiode ermöglicht. Sie ergänzt die anderen Untersuchungs- und Beobachtungsmethoden. Nur mit ihr kann kein Düngungsplan aufgestellt werden. Meist wird der Gehalt an N, P, K, Ca und Mg bestimmt. Auch andere Elemente, insbesondere Spurenelemente wie Bor (B), Mangan (Mn), Eisen (Fe) und Zink (Zn), können analysiert werden.

Die Blattuntersuchung zeigt sehr gut latente Mängel und Antagonismen zwischen Nährelementen auf. Die Absorptionskapazität der Baumwurzeln und die Verfügbarkeit der verschiedenen Nährstoffe schwanken stark je nach Wassergehalt und Bodenprofil. Gemeinsam mit den Beobachtungen an der Kultur und den Bodenanalysedaten können Blattanalysen Einblick geben in die Dynamik des Nährstoffpools des Bodens.

Die Konzentration der Nährstoffe in den Blättern hängt stark vom Entwicklungsstadium (Alter) des Blattes, den meteorologischen Bedingungen und anderen Faktoren ab, was eine Interpretation der Resultate erschwert. Der Zeitpunkt der Probenahme ist entscheidend, denn die Nährstoffgehalte schwanken im Verlaufe des Jahres (Abb. 13; Tagliavini et al. 1992). Auch die Bewirtschaftungsmethoden haben einen signifikanten Einfluss auf die Blattnährstoffgehalte (Neilsen et al. 1995).

### 4.3.2 Richtlinien für die Probeentnahme

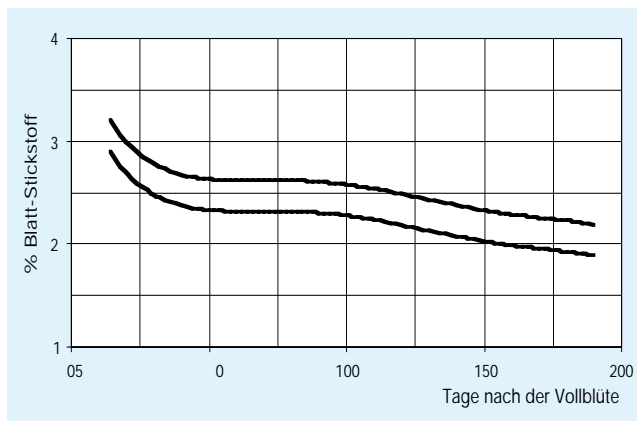
Für jede Zone sind 100 Blätter mitsamt Blattstiel zu entnehmen. Man wähle ein Blatt in der Mitte eines Jahrestriebs, dessen Grösse und Neigung (etwa 30 Grad) für die Obstanlage repräsentativ sind.



Wenn die Analyse wegen eines akuten Anbauproblems zu einem anderen Zeitpunkt gemacht werden muss, dann sollten zwei vergleichbare Proben entnommen werden. Das heisst, man liefert dem Labor eine gesunde und eine kranke Probe, die hinsichtlich Alter, Sorte und Veredelungsunterlage vergleichbar sind. Im Zweifelsfalle wende man sich vor der Entnahme an ein Labor im Dienste einer kompetenten Beratungszentrale.

Die Probenahme kann bereits zum Zeitpunkt des T-Stadiums erfolgen, wenn Massnahmen noch im selben Jahr vorgesehen sind. In der Regel werden Blattproben 75 bis 105 Tage nach Vollblüte genommen.

Abb. 13: Optimale Blattstickstoffgehalte im Verlaufe der Anbauperiode (Tage nach Vollblüte) im Südtirol in Apfelanlagen in den Jahren 1995–1998 (Aichner and Stimpfl 2001; Mantinger 2001).



**4.3.3 Interpretation**

Zur Interpretation der Resultate von Blattuntersuchungen muss man über Referenzwerte aus der Literatur oder identischem gesundem Pflanzenmaterial verfügen.

Seit 1976 hat die RAC eine entsprechende Datenbank für Obstbäume aufgebaut. Resultate der Referenzsorte Golden Delicious sind in Abbildung 14 dargestellt und die mittleren Referenzwerte für einige andere Sorten in Tabelle 11 dargestellt. Mit Bezug auf den Analysewert für eine Sorte (Mittel), kann der als «gut» bezeichnete Nährstoffgehaltsbereich in der Tabelle ermittelt werden. Liegt der Analysewert mit einer Differenz von mehr oder weniger einer Standardabweichung innerhalb dieses Bereiches, dann können die Analysewerte als gut bezeichnet werden. Weichen die Resultate um eine oder zwei Standardabweichungen vom Mittel ab, werden sie als ungenügend, sehr ungenügend oder hoch und sehr hoch angesehen.

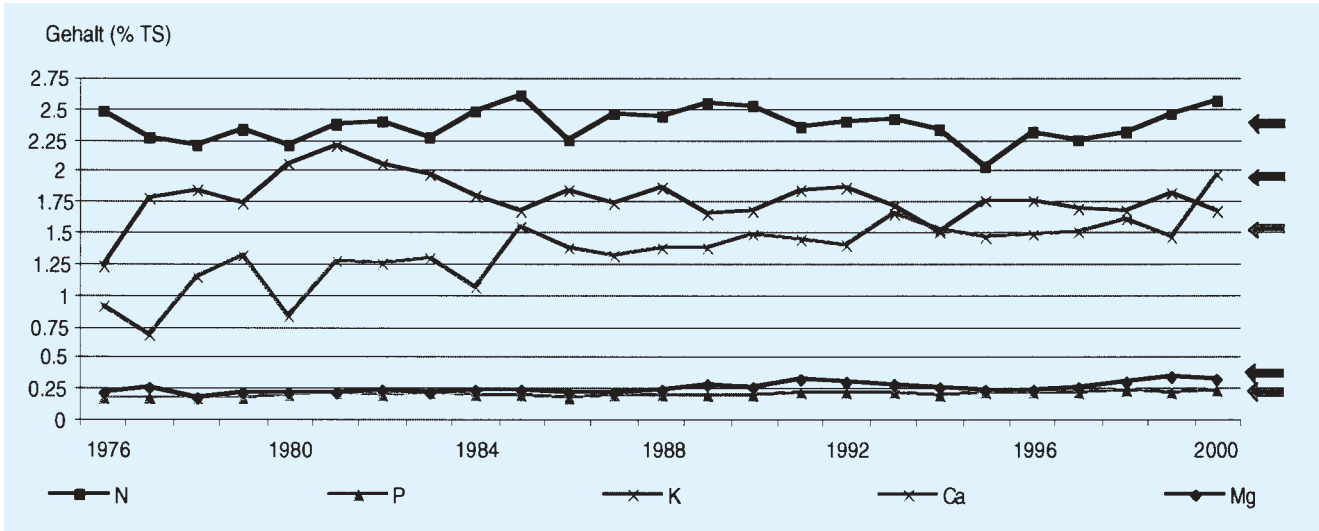
Tab. 11: Referenzwerte der Blattdiagnose im Obstanbau im Stadium 75 bis 105 Tage nach der Vollblüte. Die Werte werden in % Trockensubstanz angegeben.

Art/Sorte	N		P		K		Ca		Mg		
	SU	SH	SU	Gut	SU	Gut	SU	Gut	SU	SH	
Apfel	< 1,93	> 2,71	< 0,172	0,190-0,224	< 1,40	1,57-1,89	< 1,08	1,25-1,59	< 0,200	> 1,76	> 0,312
Golden D.	< 2,11	> 2,63	< 0,171	0,185-0,215	< 1,43	1,59-1,89	< 1,08	1,29-1,71	< 0,186	> 1,92	> 0,354
Elstar	< 1,88	> 2,78	< 0,179	0,202-0,248	< 1,46	1,57-1,79	< 1,31	1,40-1,56	< 0,181	> 1,64	> 0,259
Maigold	< 1,88	> 2,64	< 0,163	0,180-0,212	< 1,31	1,55-2,01	< 0,92	1,10-1,48	< 0,205	> 1,66	> 0,351
Birne	< 1,46	> 3,12	< 0,110	0,149-0,229	< 0,69	1,06-1,81	< 1,10	1,43-2,09	< 0,234	> 2,42	> 0,470
Zwetschge	< 2,02	> 2,98	< 0,152	0,152-0,238	< 1,75	2,03-2,57	< 1,67	1,96-2,54	< 0,262	> 2,83	> 0,438
Kirsche	< 1,94	> 2,86	< 0,152	0,174-0,216	< 1,75	2,03-2,57	< 1,41	1,65-2,15	< 0,225	> 2,39	> 0,375
Aprikose	< 2,19	> 3,01	< 0,133	0,159-0,209	< 2,30	2,58-3,14	< 1,61	1,90-2,46	< 0,276	> 2,75	> 0,558
Pfirsich	< 2,84	> 4,20	< 0,166	0,190-0,236	< 2,13	2,46-3,12	> 1,77	2,08-2,70	< 0,352	> 3,01	> 0,588

Ein Wert kleiner «SU» wird als «sehr ungenügend» bezeichnet.  
 Ein Wert zwischen «SU und Gut» (tieferer Wert) wird als «ungenügend» bezeichnet.  
 Ein Wert zwischen «Gut» (oberer Wert) und SH wird als «hoch» bezeichnet.  
 Ein Wert grosser «SH» wird als «sehr hoch» bezeichnet.

## 4 BEURTEILUNG DES STANDORTES

Abb. 14: Nährstoffgehalt der Blätter von Golden Delicious auf M9, Westschweiz, Entwicklung von 1976 bis 2000. Mittlere Werte der Referenzparzellen, Werte in % der Trockensubstanz, Normveränderung 1986; ◁: Mittel 1986–2002 (Ryser, nicht veröffentlicht).



Eine bestimmte Anzahl von Golden-Delicious-Obstanlagen auf M9 wurde von 1976 bis 2000 systematischen Blattanalysen unterzogen. Die Proben wurden 75 Tage nach der Vollblüte entnommen. Die Resultate zeigen vor allem die jährlichen Schwankungen (Abb. 14).

### 4.3.4 Andere Messwerte und Anwendungsmöglichkeiten

Für die Praxis stellt sich die Frage, ob neben kostenwirksamen und relativ aufwändigen Nährstoffanalysen andere Möglichkeiten bestehen, den Nährstoffgehalt des Blattwerkes zu diagnostizieren und daraus auf den Nährstoffbedarf der Kultur zu schliessen.

Die Messung der Grünfärbung als Hinweise auf den Chlorophyllgehalt der Blätter und auf den Ernährungsstatus der Pflanze wird im Ackerbau als Hilfsmittel für die Bestimmung des Stickstoffbedarfes verwendet. Ein handliches Handgerät kommt dabei zur Anwendung (N-Tester, SPAD-Gerät). Eine Punktmessung an einem Blatt ist einfach, unmittelbar und neben den einmaligen Gerätekosten kostenlos.

Könnten im Obstbau solche Messungen frühzeitige Hinweise auf akute Nährstoffmangelsituationen (Stickstoff, Eisen, Mangan, Magnesium) geben? Wenn sich Blattchlorosen und -nekrosen an den Bäumen zeigen (z.B. Magnesiummangel bei Golden Delicious), sind Düngemassnahmen zu spät und für Fruchttertrag und Fruchtqualität wirkungslos.

Einzelne Untersuchungen zeigen, dass auch beim Apfel die Messungen mit dem oben erwähnten Gerät mit dem Blatternährungsstatus korreliert (Abb. 15; Évéquoz und Bertschinger 2001; Porro et al. 2001) und auch eine präventive Diagnostik möglich sein könnte, welche Mangelsituationen erkennt, bevor sie mit dem Auge sichtbar sind. Allerdings sind die Schwankungen zwischen Sorten und Obstanlagen so gross, dass eine Eichung der Methode nötig ist. Eine Eichungsmethode gibt es aber noch nicht, und so kann diese Methode nicht allgemein empfohlen werden.

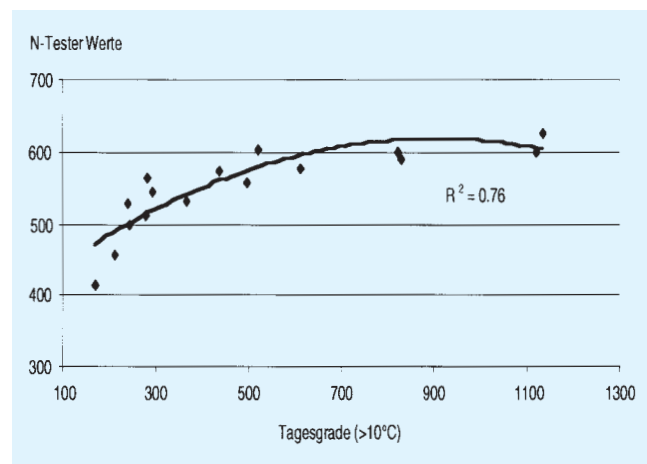


Abb. 15: Korrelation von N-Tester-Werten mit dem Blattstickstoffgehalt in einer Apfelanlage der Sorte Golden Delicious im Kanton Wallis, 1999–2001 (Évéquoz und Bertschinger 2001).

### 4.4 Die Blüten-, Knospen- und Fruchtuntersuchung

Könnte der Ernährungsstatus der Obstkultur vielleicht einfach anhand anderer Pflanzenteile als dem Blatt frühzeitig erfasst werden, wenn das mit dem Blatt nicht möglich ist (Kap. 4.3.4)? Die Analyse von Blütenblättern könnte eine Möglichkeit sein in diesem Zusammenhang, besonders auch bei Obstarten, bei denen sich die Blüten vor dem Blattwerk entwickeln (z.B. Kirsche, Pfirsich). Blütenblattanalysen für Eisen, Mangan, Magnesium und Stickstoff bei Pfirsich, Birne, auch beim Apfel (Sanz et al. 1997, Sanz and Montanes 1995, Bertschinger, unpublished 1997) zeigen allerdings, dass diese Methode nicht praxisreif ist.

Auch Knospen könnten zum Zwecke der Diagnose des Ernährungsstatus der Kultur untersucht werden. Es sind jedoch keine diesbezüglichen Studien und Hinweise auf eine praxistaugliche Methode bekannt. Die Analyse von Jungfrüchten könnte ebenfalls frühzeitige Hinweise geben auf Probleme der sich entwickelnden Frucht-

qualität (physiologische Störungen), auf welche mit Massnahmen reagiert werden könnte (Bodendüngung, Blattdüngung, Ausdünnung usw.). Physiologische Störungen haben einen engen Zusammenhang mit dem K/Ca-Verhältnis, dem N/Ca-Verhältnis und weiteren Kennzahlen. Während einige Erfahrung vorliegt mit Schwellenwerten für diese Kennzahlen zum Erntezeitpunkt (Prognose des Stipperisikos für die Lagerungsperiode), sind die Erfahrungen mit Analysewerten von Jungfrüchten (ca. 70 g) noch gering. Mehrjährige und standortspezifische Untersuchungen und eine gute Vorhersage des Erntegewichtes der Frucht sind nötig (Mantinger 2001), damit einigermaßen gesicherte Aussagen gemacht werden können. Neuere Untersuchungen weisen darauf hin, dass das K/Ca-Verhältnis sogar in Jungfrüchten im T-Stadium als Prognosewert gelten könnte. Bei einem K/Ca-Wert von  $> 5,7$  zum Zeitpunkt des T-Stadiums wurde ein erhöhtes Stipperisiko ge-

funden (Weibel 1999). Diese Erfahrungen brauchen aber noch umfassende Bestätigung, damit sie als robuste Beratungsmethode für verschiedene Sorten eingesetzt werden könnten.

Alle erwähnten Methoden können im besten Fall die kurzfristige Korrektur eines Ungleichgewichtes der Nährstoffversorgung der Bäume unterstützen. Sie ersetzen eine ganzheitliche, bedarfs- und standortbezogene Baumernährung (siehe Kap. 1–3) und eine Baumpflege mit dem Ziel des physiologischen Gleichgewichtes nicht. Letztere bieten vielmehr die beste Garantie, dass kurzfristige und kostenwirksame Korrekturen des Baumernährungszustandes nicht nötig sind.

### Blatt-, Knospen-, Blüte- und Fruchtanalysen wofür?

Die in den Kapiteln 4.3 und 4.4 beschriebenen Methoden beabsichtigen eine momentane Erfassung des Ernährungszustandes eines einzelnen Organes des Baumes mit der Absicht, damit den Ernährungszustand des ganzen Baumes zu erfassen.

Die Resultate solcher Analysemethoden sind sehr abhängig von Zeitpunkt und Ort der Probenahmen und auch von der Sorte. Es gibt noch keine Methode zur Standardisierung solcher Messwerte. Eine solche aber wäre nötig, um Unterschiede zwischen Standort, Region, Sorte und Zeitpunkt der Probenahme eliminieren zu können.

Dem erfahrenen Praktiker können die Resultate solcher Analysemethoden durchaus wertvolle Hinweise zum Zustand seiner Kultur geben. Sie ergänzen die Informationen zu Standort und Kultur, welche aus Bodenanalysen und visuellen Beobachtungen abgeleitet werden. Voraussetzung sind aber die Verfolgung solcher Untersuchungen über mehrere Jahre am selben Ort und Erfahrung in der Interpretation solcher Angaben. Das ist ein beträchtlicher Aufwand, den nur wenige betreiben wollen und können.

Aus diesen Gründen können die erwähnten Methoden nicht bei der Berechnung der Düngungsgaben geltend gemacht werden, welche für die Erfüllung von Anbauvorschriften (z.B. Ökologischer Leistungsnachweis (ÖLN), IP- oder Bio-Anbau Richtlinien) zulässig sind. Die Resultate solcher Analysemethoden können aber durchaus im oben erwähnten Sinne genutzt und angewandt werden, solange die Anbauvorschriften der entsprechenden Richtlinien nicht verletzt werden.

### 5.1 Normwerte und bedarfs- und standort-bezogene Korrekturfaktoren

An einem Standort mit normaler Bodenfruchtbarkeit kann mit der «Düngungsnorm» der Nährstoffbedarf einer Obstanlage in der Vollertragsphase, bezogen auf den Nährstoffentzug eines gegebenen Fruchttrages, gedeckt werden. Die Norm ist aus verschiedenen Gründen höher als der Entzug (siehe Kap. 2 und Abb. 2). Die Differenz zwischen Norm und Entzug, die in der Anlage verbleibenden Nährstoffe aus Grasmulch, Blättern und Schnittholz und die aus der Luft anfallenden Nährstoffe (siehe Kap. 3.3) genügen in der Regel für die Ernährung des Wachstums des Holzkörpers.

Liegen besondere Standort- und Wachstumsverhältnisse vor, kann die Norm aber korrigiert werden. Die Grundsätze, welche den Korrekturfaktoren zu Grunde liegen, sind im Falle von Stickstoff in Abbildung 3 und Kapitel 4.1.1 (Korrekturbasis: Beobachtung der Kultur) und für Phosphor, Kalium und Magnesium in Abbildung 4 und den Kapiteln 4.1.1 (Korrekturbasis: Beobachtung der Kultur) und 4.2.4.3 (Korrekturbasis: Bodenanalysen) festgehalten.

Die im Folgenden dargelegten «Normwerte» und «korrigierten Normwerte» sind relevant für die gesamtbetriebliche Nährstoffbilanz (Suisse-Bilanz), auf welche in Kapitel 6.2 eingegangen wird. Sie basieren auf einer Vielzahl von Untersuchungen und Erfahrungen unter schweizerischen Verhältnissen (z.B. Bertschinger et al. 1997, Schumacher et al. 1981, Schumacher und Stadler 1988, Schumacher und Stadler 1991, Ryser et Pittet 1993, Ryser et al. 1995, Ryser et Pittet 1999, usw.), ausländischen Forschungsergebnissen (z.B. Deckers et al. 2001, Fallahi et al. 2001), den Entzügen an Nährstoffen mit Bezug zu einem spezifischen Ertragsniveau und den Erfahrungen der in der Erarbeitung dieses Dokumentes involvierten Spezialisten.

*Bei P, K und Mg sind das Muttergestein und Antagonismen (Kap. 4.2.1) zu berücksichtigen: Für Böden mit viel oder sehr viel K (Versorgungsklasse D = Vorrat oder E = angereichert) sollte die Zugabe von Mg nicht geringer als 20 kg/ha/Jahr sein, um keinen Antagonismus K – Mg hervorzurufen, ausser Mg ist auch in Versorgungsklasse D oder E.*

*N, P- und K-Gaben sind gerundet auf 5 kg/ha.*

*Die Norm bezieht sich auf die Düngung der Gesamtfläche der Obstanlage. Beim Stickstoff ist die Aufteilung der Norm auf 2–3 Gaben während der Vegetationsperiode zu empfehlen. In der Regel wird der Dünger gezielt auf den Baumstreifen verabreicht und die Nährstoffe so direkt dem Wurzelraum zugeführt, während eine Breitbanddüngung zur Unterstützung einer tragfähigen Grasnarbe der Fahrgasse gelegentlich sinnvoll ist. Für die Baumstreifendüngung sind spezielle Bedingungen zu beachten (Kap. 5.2.1).*

*Im Falle einer Junganlage muss ein Zielertrag vorhergesagt werden, der in der Vollertragsphase eintreten soll. Die Norm (inklusive Korrektur) wird für diesen Zielertrag errechnet. In der Aufbauphase (bis zum Eintreten der Vollertragsphase) können mit fortschreitenden Jahren zunehmende Gaben zwischen der halben und der ganzen korrigierten Norm zum Aufbau des Holzkörpers und der ersten Fruchtträge verabreicht werden (siehe Kap. 5.2.7). Die Dauer der Aufbauphase ist abhängig von Standort und Anbaustrategie und beträgt maximal 5 Jahre.*

Tab. 12: Düngungsnorm für Anlagen im Vollertrag für Kern- und Steinobst, Kiwi und Strauchbeeren mit Bezug auf den Ertrag (Angaben für den in der Regel üblichen Ertragsbereich).

Kultur	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Mg (kg/ha)
Apfelbaum, Birnbaum	2	40	10	40	5
	3	50	15	60	10
	4	60	20	75	10
	5	70	25	90	15
	6	80	30	110	20
Kirschbaum	0,8	40	15	40	5
	1,2	60	20	50	10
	1,6	80	30	65	15
Zwetschgenbaum	1,0	40	10	35	5
	1,5	60	15	50	5
	2,0	80	20	65	10
Aprikosenbaum	1,5	45	20	60	5
	2	60	25	75	10
	2,5	75	30	90	15
Pflirsichbaum	1,5	45	10	45	5
	2	60	15	55	10
	2,5	75	20	70	15
Kiwi	1,5	40	10	60	5
	2	50	15	75	5
	2,5	65	20	90	10
Himbeeren	1	30	20	45	10
	1,5	45	30	60	15
	2	60	40	80	15
	2,5	75	50	90	20
Brombeeren	1,5	40	25	45	15
	2	55	35	65	15
	2,5	70	45	85	20
Johannisbeeren	1,5	60	30	90	15
	2	85	45	120	15
	2,5	110	60	150	20
Schwarze Johannisbeeren	1,5	50	30	85	15
	2	70	40	120	15
	2,5	90	50	155	20
Stachelbeeren	1,2	40	25	60	15
	1,7	60	35	80	15
	2,2	80	45	110	20
Heidelbeeren	1	30	20	50	10
	1,5	35	25	60	15
	2	40	30	70	20



5.1.1 Stickstoff

5.1.1.1 Verhalten des Stickstoffs im Boden und in der Pflanze

Der Bodengehalt an mineralischem Stickstoff im Wurzelbereich hängt von der komplexen Interaktion zwischen Mineralisierungs-, Reorganisations- und Auswaschungsvorgängen ab. Verschiedene Faktoren wie der Gehalt an organischer Substanz, die Bodentextur, die Niederschlagsmenge und deren Verteilung, die Bewässerungstechnik und die Bodenbearbeitung beeinflussen stark das Angebot an mineralischem Stickstoff.

Die Stickstoffverbindungen in der Pflanze sind sehr mobil und befinden sich vor allem in den jungen Organen. Stickstoff spielt eine wichtige Rolle im plastischen (Aufbau der Zellstruktur) und im physiologischen Bereich (Enzyme, Pflanzenhormone ...). Vor allem Anfang der Saison und speziell während der Blütenknospenbildung besteht ein sehr starkes Bedürfnis nach Stickstoff. Wenn der Nährstoffbedarf durch den Boden und das physiologische Gleichgewicht der Pflanze gewährt sind, kann die Pflanze Vorräte an Stickstoffverbindungen anlegen, auf die sie während kritischer Ernährungsphasen zurückgreifen kann (zum Beispiel im Frühling des folgenden Jahres).

5.1.1.2 Berechnung der Stickstoffdüngung und ihre Grenzen

Das Element Stickstoff, das den Pflanzenwuchs am meisten beeinflusst, wird hauptsächlich aufgrund von Beobachtungen der Obstkultur verabreicht. Dabei wird ein ideales physiologisches Gleichgewicht angestrebt (Verhältnis Blätter/Früchte, Triebabschluss), das einen regelmässigen Ertrag von Qualitätsfrüchten mit guten Lagereigenschaften garantiert.

Die Tabellen 13 bis 17 zeigen Korrekturwerte für verschiedene Faktoren bei Kern- und Steinobst, Himbeeren, Brombeeren, Johannisbeeren, Stachelbeeren, Heidelbeeren und Kiwis. Die Prinzipien des Systems sind in Kapitel 4.1.1 aufgezeigt. Mit all diesen Werten kann die benötigte Jahresmenge Stickstoffdünger für die ganze Fläche der Obstanlage flexibel angepasst an die Situation einer spezifischen Anlage errechnet werden.

Der Skelettanteil kann folgendermassen geschätzt werden: Wenn bei Bodenprobenahme nur jedes fünfte bis sechste Mal neu angesetzt werden muss, dann ist der Skelettanteil < 30%. Muss häufiger angesetzt werden, dann ist der Skelettanteil gleich oder höher als 30%.

Durch die Korrektur der Stickstoffdüngung wird bei Apfelbäumen eine maximale Schwankung von -54 bis +30 kg/ha in Bezug auf die Norm erreicht. Die Probleme einer Obstanlage, die eine Stickstoffzufuhr von über 100 kg/ha verlangt, können nicht allein durch Stickstoffdüngung gelöst werden. Sie ist nicht das einzige Mittel, das physiologische Gleichgewicht der Bäume zu beeinflussen. Der Baumschnitt, die Ausdünnung der Blüten und Früchte, die Bewässerungstechnik und die Bodenpflege können das Wachstum der Bäume entscheidend beeinflussen. Im Falle von ungenügendem Wuchs trotz der höchsten empfohlenen Düngung muss der Grund nicht bei einer unzurei-

chenden Düngung gesucht werden, sondern zum Beispiel in einer unangepassten Kulturweise (Bewässerung, Bodenpflege), einer ungünstigen Bodentextur oder in der Wahl von Pflanzenmaterial, das nicht dem Boden und dem Klima angepasst ist.

Tab. 13: Korrektur der Stickstoffdüngung für Kernobstanlagen im Vollertrag (Korrekturwerte in kg/ha).

1. Jahrestrieb/Blattzustand	Übermässig/gut: -10	Normal: 0	Schwach/ärmlich: +10	
2. Triebabschluss	Spät: -5	Normal: 0	Früh: +5	
3. Blühstärke	Spät: -5	Normal: 0	Gross: +5	
4. Ertrag des Vorjahres	Schwach: -5	Normal: 0	Gross: +5	
5. Risiko für physiologische Störungen	Ja: -5	Normal: 0	Nein: 0	
6. Unterlage	<b>Nötige Bodentiefe</b>			
	> 80 cm	40-80 cm	< 40 cm	
	Sehr kräftig	-10	-5	0
	Mittelkräftig	-5	0	0
Schwach	0	+5	+10	
7. Steinanteil	Gering (< 10%): -5	Mittel (10-30%): 0	Hoch (> 30%): +5	
8. OS-Gehalt (siehe Tab. 6)	Hoch: -10	Befriedigend: 0	Gering: +10	

**Berechnungsgrundlage: Norm mit Bezug auf den Zieelertrag**  
Für eine Junganlage wird ein Zieelertrag bestimmt, für welchen die Norm (inklusive Korrekturfaktoren) errechnet wird, als wäre die Anlage bereits im Vollertrag. In der Aufbauphase kann die halbe bis ganze Norm verabreicht werde (siehe Kap. 5.2.7). Diese Berechnungsgrundlage entspricht einem Durchschnitt aller Kriterien.

**Berechnungsbeispiel:**  
Obstanlage von Golden Delicious/M9 vf, Ertrag von 4 kg/m<sup>2</sup>, leichter Boden, Bodentiefe > 80 cm.

Jahrestrieb/Blattzustand	Normal/Normal	0
Verholzung	Spät	-5
Blühstärke	Normal	0
Ertrag des Vorjahres	Normal	0
Risiko für physiologische Störungen	Normal	0
Veredelungsgrundlage/Wurzelvolumen	Mittel/> 80 cm	-5
Steinanteil	> 30%	+5
OS-Gehalt	2,5%	0
<b>Summe der Korrekturwerte</b>		<b>-5</b>

Die negative Korrektur (-5 kg N/ha) wird als Korrektur der Düngungsnorm für eine ausgeglichene Obstanlage berechnet (4 kg/m<sup>2</sup> = 60 kg/ha/Jahr). Die empfohlene Stickstoffdüngung für die Anlage beträgt damit 60 - 5 = 55 kg N/ha/Jahr.

Der gemäss Tabelle 13 abgeleitete Nährstoffbetrag entspricht dem Gesamtbedarf der Anlage pro ha. Jene Nährstoffmenge, welche aus organischer Substanz mobilisiert wird (unterstützt beispielsweise durch Hacken, Mulch) oder mit Blattdüngung der Kultur zur Verfügung gestellt wird, ist davon in Abzug zu bringen, v.a. in Situationen, in denen wesentliche Mengen so dem Baum zur Verfügung gestellt werden. In solchen Fällen werden damit unerwartete negative Auswirkungen zu hoher Stickstoffzufuhr auf Baumwachstum und Fruchtqualität vermieden.

Tab. 14: Korrektur der Stickstoffdüngung für Steinobstanlagen im Vollertrag (Korrekturwerte in kg/ha).

1. Jahrestrieb/Blattzustand	Übermässig/gut: -10	Normal: 0	Schwach/ärmlich: +10	
2. Triebab-schluss, Blattfall	Spät: -5	Normal: 0	Früh: +5	
3. Blühstärke	Spät: -5	Normal: 0	Gross: +5	
4. Ertrag des Vorjahres	Schwach: -5	Normal: 0	Gross: +5	
5. Unterlage	<b>Nötige Bodentiefe</b>			
	> 80 cm	40–80 cm	< 40 cm	
	Kräftig	-10	-5	0
	Mittelkräftig	-5	0	0
Schwach	0	+5	+10	
6. Steinanteil	Gering (< 10%): -5	Mittel (10–30%): 0	Hoch (> 30%): +5	
7. OS-Gehalt (siehe Tab. 6)	Hoch: -10	Befriedigend: 0	Gering: +10	

30 bis 50 kg N/ha im Jahr der Begrünung.

**Berechnungsgrundlage: Norm mit Bezug auf den Zieelertrag.**  
Für eine Junganlage wird ein Zieelertrag bestimmt, für welchen die Norm (inklusive Korrekturfaktoren) errechnet wird, als wäre die Anlage bereits im Vollertrag. In der Aufbauphase kann die halbe bis ganze Norm verabreicht werden (siehe Kap. 5.2.7).

Diese Berechnungsgrundlage entspricht einem Durchschnitt aller Kriterien.

**Berechnungsbeispiel:**

Kirschenanlage im Vollertrag, starker Wuchs (F12/1), 16 t/ha, Rundkrone 3,5 m, Zapfenschnitt, mittelschwerer Boden (25% Tongehalt).

Jahrestrieb/Blattzustand	Übermässig/gut	-10
Verholzung	Spät	-5
Blühstärke	Schwach	-5
Ertrag des Vorjahres	Normal	0
Veredelungsunterlage/Wurzelvolumen	gross/> 80 cm	-10
Volumen	< 10%	-5
OS-Gehalt	1,3%	+10
<b>Summe der Korrekturwerte</b>		<b>-25</b>

Die negative Korrektur (-25 kg N/ha) wird als Korrektur der Düngungsnorm für eine ausgeglichene Obstanlage vorgenommen (1,6 kg/m<sup>2</sup> = 80 kg/ha/Jahr). Die empfohlene Stickstoffdüngung für die Anlage beträgt somit 80 - 25 = 55 kg N/ha/Jahr.

Kirschenanlage im Vollertrag, schwacher Wuchs (Weiroot 53), 14 t/ha, Spindel, 3 m, schwerer Boden (> 30% Tongehalt).

Jahrestrieb/Blattzustand	Normal	0
Verholzung	Früh	+5
Blühstärke	Normal	0
Veredelungsunterlage/Wurzelvolumen	zwergartig/< 40 cm	+10
Volumen	20%	0
OS-Gehalt	2,0%	+10
<b>Summe der Korrekturwerte</b>		<b>+25</b>

Die positive Korrektur (+25 kg N/ha) wird als Korrektur der Düngungsnorm für eine ausgeglichene Obstanlage berechnet (1,4 kg/m<sup>2</sup> = 70 kg/ha/Jahr). Die empfohlene Stickstoffkorrektur für die Anlage beträgt somit 70 + 25 = 95 kg N/ha/Jahr.

Tab. 15: Korrektur der Stickstoffdüngung für Himbeeren und Brombeeren.

1. Wuchs (Triebblänge)	Übermässig: -11	Normal: 0	Schwach: +11
2. Triebab-schluss	Spät, Winterfrost: -3	Normal: 0	Früh: +2
3. Pilzkrankheiten (Botrytis, Dydimella ...)	Häufig: -2		Selten: 0
4. Wurzelschösslinge	Stark: -3	Mittel: 0	Schwach: +1
5. Steinanteil	Gering (< 10%): -3	Mittel (10–30%): 0	Hoch bis sehr hoch (> 30%): +3
6. OS-Gehalt (siehe Tab. 6)	Hoch: -5	Befriedigend: 0	Gering: +5
7. Bodenbearbeitung	Unbegrünter Boden: -3		Begrünter Boden: +10

**Berechnungsgrundlage: Norm mit Bezug auf den Zieelertrag**  
Diese Berechnungsgrundlage entspricht dem Durchschnitt aller Kriterien.

Jeder Punkt entspricht 1 kg N/ha und ist von der Norm abzuziehen (-) oder beizufügen (+).

Berechnungsbeispiel: Siehe das Berechnungsbeispiel der Stickstoffdüngung für Apfel- und Birnbäume in Tabelle 13.

Tab. 16: Korrektur der Stickstoffdüngung: Schwarze Johannisbeeren, Stachelbeeren und Heidelbeeren.

1. Wuchs (Triebblänge)	Übermässig: -15	Normal: 0	Schwach:
2. Blattfall	Spät: -4	Normal: 0	Früh: +3
3. Steinanteil	Gering (<10%): -3	Mittel (10–30%): 0	Hoch bis sehr hoch (> 30%): +3
4. OS-Gehalt (siehe Tab. 6)	Hoch: -5	Befriedigend: 0	Gering: +5
5. Bodenbearbeitung	Unbegrünter Boden: -3		Begrünter Boden: +3

**Berechnungsgrundlage: Norm mit Bezug auf den Zieelertrag**  
Diese Berechnungsgrundlage entspricht dem Durchschnitt aller Kriterien.

Jeder Punkt entspricht 1 kg N/ha und ist von der Norm abzuziehen (-) oder beizufügen (+).

Berechnungsbeispiel: Siehe das Berechnungsbeispiel der Stickstoffdüngung für Apfel- und Birnbäume in Tabelle 13.

Tab. 17: Korrektur der Stickstoffdüngung für Kiwis.

1. Wuchs	Übermässig: -30	Normal: 0	Schwach: +15
2. Steinanteil	Gering (< 10%): -8	Mittel (10–30%): 0	Hoch bis sehr hoch (> 30%): +6
3. OS-Gehalt (siehe Tab. 6)	Hoch: -12	Befriedigend: 0	Gering: +9

**Berechnungsgrundlage: Norm mit Bezug auf den Zieelertrag**  
Diese Berechnungsgrundlage entspricht dem Durchschnitt aller Kriterien.

Jeder Punkt entspricht 1 kg N/ha und ist von der Norm abzuziehen (-) oder beizufügen (+).

Berechnungsbeispiel: Siehe das Berechnungsbeispiel der Stickstoffdüngung für Apfel- und Birnbäume in Tabelle 13.

**5.1.2 Phosphat, Kalium und Magnesium**

Im Gegensatz zum Stickstoff, bei dem die Korrektur der Norm mit absoluten Nährstoffmengen (in kg) erfolgt, wird bei Phosphor, Kalium und Magnesium in % der Norm korrigiert (Tab. 18). Phosphat-, Kalium- und Magnesiumdüngung werden nicht wie die Stickstoffdüngung aufgrund von Pflanzen- und Standortbeobachtungen festgelegt, ausser bei ausgewiesenen Mangelscheinungen (Tab. 20).

**Kern- und Steinobst**

Die Norm der Phosphat-, Kalium- und Magnesiumdüngung stützt sich vor allem auf entzugsbasierte Nährstoffbedarfswerte (Tab. 12), korrigiert aufgrund der Bodenanalyse, der Bodenklassierung (Tab. 6) und des Pflanzmaterials (Tab. 18).

**Strauchbeeren und Kiwis**

Für Beeren und Kiwis werden die Normen nicht aufgrund des Wuchses korrigiert. Die Norm (Tab. 12) soll allein aufgrund des Steinanteils und des Gehalts an organischer Substanz des Bodens (Tab. 18) korrigiert werden.

**Berechnungsbeispiel**

Beispiel: Obstanlage von Golden Delicious/M9 vt im 8. Jahr mit einem Ertragspotenzial von 5 kg/m<sup>2</sup>. Genügender/mittlerer Gehalt an organischer Substanz (3,6%; siehe Tab. 6). Gehalt an P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ist befriedigend, an K<sub>2</sub>O hoch und an Mg ungenügend. Der Wurzelraum erreicht > 80 cm, der Steinanteil ist mit < 10% schwach. Das Berechnungsbeispiel der mineralischen P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-, K<sub>2</sub>O- und Mg-Düngung für diesen Fall ist in Tabelle 27 beschrieben.

Tab. 18: Korrekturfaktoren der P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-, K<sub>2</sub>O- und Mg-Düngung bei Kern- und Steinobst, Beeren und Kiwis.

	Nutzbarer Wurzelraum		
	> 80 cm	40–80 cm	< 40 cm
<b>Kern- und Steinobst</b>			
1. Unterlage Mittel bis kräftig	-10%	0%	+10%
schwach	0%	0%	+20%
<b>Kern- und Steinobst, Beeren und Kiwis</b>			
2. Steinanteil	Schwach (<10%): -10%	Mittel (10–30%): 0	Hoch bis sehr hoch (> 30%): +10%
3. OS-Gehalt (siehe Tab. 6)	Hoch: -10%	Befriedigend: 0	Gering: +10 %

**5.1.3 Bor**

Mit Tabelle 19 kann die Bordüngung mit Bezug auf den Nährstoffgehalt des Bodens (Versorgungsklasse) bestimmt werden. In Risikoböden und bei ungenügendem Nährstoffgehalt sollte eine regelmässige Kontrolle des Borgehalts durchgeführt werden.

Tab. 19: Jährliche Bordüngung mit Bezug auf den Nährstoffgehalt des Bodens.

Nährstoffgehalt/ Versorgungsklasse	ppm Bor <sup>1</sup>	Jährliche Düngung in kg/ha
Schwach	< 0,6	3
Befriedigend	0,6–1,50	2
Gross	1,51–2,0	1
Sehr gross	> 2,0	0

<sup>1</sup> Heisswasserextraktion

**5.1.4 Andere Elemente**

Es ist nur in Ausnahmefällen nötig, in Obstanlagen eine jährliche Düngung mit anderen Elementen durchzuführen. Dabei handelt es sich vor allem um Eisen, Mangan und Zink mittels Blattdüngung (siehe Kap. 4.3 und 5.2.5). Bei vermutetem Mangel an Spurenelementen soll die Bodenuntersuchung mit einer Blattuntersuchung ergänzt werden. Für die Interpretation der Blattanalysen sind Spezialisten beizuziehen.

Im Falle des Eisens kann die Korrektur der unter Kapitel 4.2.4.5 genannten Begleitumstände im Boden auf die Dauer Abhilfe schaffen. Die Anwendung von Eisenchelaten als Blattspritzung oder Dungeinspritzung ist als Notmassnahme zu betrachten, weil Eisen nicht von den älteren in die nachwachsenden Blätter transportiert wird.

**Steinobst**

Es ist zurzeit nicht bekannt, ob einzelne der zahlreichen neuen, schwachen Wuchs induzierenden Unterlagen speziell geeignet sind für die Aufnahme von Eisen, Mangan und Bor auf alkalischen Böden. Entsprechende Untersuchungen fehlen noch.

**5.2 Düngtechnik und -zeitpunkt**

**5.2.1 Ausbringung auf Baumstreifen oder breitflächig**

Dünger werden entweder mit dem Düngerstreuer auf der ganzen Anlage verteilt oder auf dem Baumstreifen von Hand oder mit einer Streumaschine, ausgerüstet mit einer Vorrichtung für gezielte Ausbringung.

Die begrenzte Ausbringung des Düngers auf dem Baumstreifen ist vor allem bei schwachen Veredelungsunterlagen angezeigt und wenn anzunehmen ist, dass die Verwurzelung auf einen kleinen Teil des zur Verfügung stehenden Bodenvolumens beschränkt bleibt. In diesem Fall müssen die Proben für die Nährstoffkontrolle des Bodens auf dem gedüngten Baumstreifen vorgenommen werden.

Eine gelegentliche Breitbanddüngung ist auch in schwach wachsenden Anlagen sinnvoll zur Unterstützung einer tragfähigen Grasnarbe der Fahrgasse.

Die Normen werden in Bezug auf die Gesamtfläche der Obstanlage berechnet. Der Baumstreifen entspricht etwa einem Drittel der gesamten Obstanlagefläche (siehe Abb. 16). Bei Applikation der ganzen Norm auf den Baumstreifen verdreifacht sich die Düngungsgabe pro applizierte Flächeneinheit des Baumstreifens (Baumstandraumfläche), während die Gesamtgabe je Obstanlagefläche der Norm entspricht. Entspricht die korrigierte Norm beispielsweise 65 kg N/ha, die dann auf den Baumstreifen (1/3 der Ge-

samtfläche) ausgegeben wird, dann entspricht das einer Düngungsmenge von 195 kg N/ha je Baumstandraumfläche (bei 65 kg N/ha Obstanlagefläche). Versuche im Wallis haben gezeigt, dass die doppelte Menge (Normen) für die Obstanlagefläche nicht überschritten werden sollte. Es kommt sonst zur Schädigung des Baumes und der Fruchtqualität (siehe Kap. 7) und bewirkt wesentliche Nährstoffverluste, weil der Baum diese Nährstoffmenge gar nicht aufnehmen kann (Kap. 3).

Im Falle einer lokalen Ausbringung des Düngers auf dem Baumstreifen darf die N-Düngung pro Flächeneinheit nicht die zweifache Menge der korrigierten Norm für die ganze Fläche überschreiten. Hingegen kann die ganze empfohlene Menge für P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O- und Mg-Düngung auf dem Streifen ausgebracht werden.

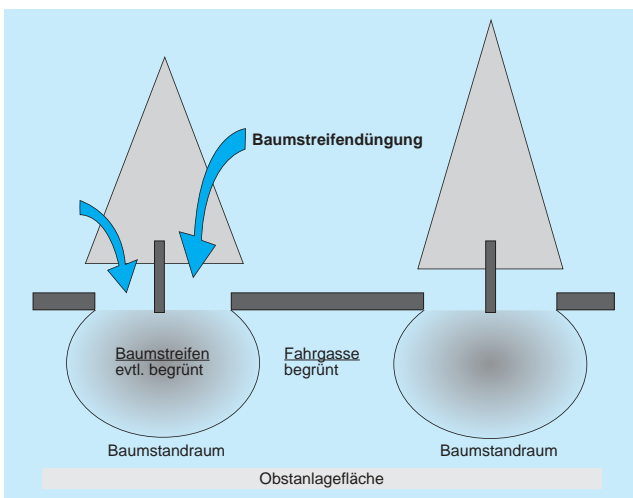


Abb. 16: Schematischer Querschnitt durch eine Obstanlage mit Baumstreifen und Fahrgasse.

### 5.2.2 Düngung bei hoch mobilen Nährstoffen splitten

Der Gesamtbedarf (Norm) an Nährstoffen kann in der Regel nicht mit einer einzigen Düngergabe abgedeckt werden (siehe Kap. 2.4). Für eine bedarfsgerechte Düngung ist beim Stickstoff die Aufteilung der Norm auf 2–3 Gaben während der Vegetationsperiode zu empfehlen. In der Regel wird der Dünger gezielt auf den Baumstreifen verabreicht und so die Nährstoffe direkt dem Wurzelraum zugeführt. Dabei sind bei Berechnung einer Teilgabe die Nährstoffe, die durch Bewirtschaftungsmassnahmen wie Mulchen und Hacken verfügbar gemacht werden, zu berücksichtigen.

Beim Apfel muss der hoch mobile Stickstoff auf Gaben vor und nach der Blüte aufgeteilt werden. Auch in modernen Steinobstanlagen muss die Nährstoffgabe gesplittet werden auf März (kurz vor Blüte) und Mai/Anfang Juni. Vor späteren Stickstoffdüngungen (ab Juli) ist abzuraten, weil dadurch der Triebabschluss und die Holzreife verzögert werden, was die Frostresistenz senkt.

### 5.2.3 Zeitpunkt und Häufigkeit der Stickstoffdüngung

Der für die Düngung gewählte Zeitpunkt kann eine ausschlaggebende Rolle in der Wirkung des zugeführten Stickstoffs spielen.

Bei kleinen Mengen (bis 30 bei höchstens 40 kg/ha) wird die Düngung Anfang Frühling durchgeführt (Anfang bis Mitte März/April je nach Vegetationsbeginn). Bei grösseren Mengen sollte die Düngung aufgeteilt werden. Die zweite Ausbringung kann Anfang der Blütezeit oder in frostgefährdeten Lagen sogar nach der Frostbekämpfung durchgeführt werden.

Spätere Düngungen (nach Ende Mai bis Anfang Juni) sind wegen der Verzögerung des Triebabschlusses bis in den späten Herbst zu vermeiden.

Eine optimale Stickstoffernährung ist nicht nur eine Frage der verabreichten Mengen, sondern der Verfügbarmachung genügender Mengen zum richtigen Zeitpunkt. Deshalb muss N-Düngung termingerecht und in Abstimmung mit den Massnahmen zur Unkrautregulierung und der Mulchtechnik erfolgen. Eine termingerechte Ausschaltung der Unkrautkonkurrenz kann beispielsweise in gewissen Fällen den aktuellen (nicht dem gesamten) N-Bedarf der Bäume decken.

Die Herbst- oder Nacherntedüngung zur Förderung der Reservestoffeinlagerung (z.B. Arginin, Asparagin) im Holzkörper kann nicht generell empfohlen werden. Nur in Jahren, in welchen das Blattwerk auch nach der Ernte noch gesund und gut über einen längeren Zeitraum assimilationsfähig ist, kann eine Nacherntebehandlung einen im obigen Sinne positiven Effekt haben. Auch dann macht eine solche Massnahme nur Sinn, wenn ein Nährstoffengpass für die betroffene Anlage für das nächste Jahr befürchtet wird (z.B. Alteranzgefährdung).

### 5.2.4 Ausbringung und Zeitpunkt der Phosphat-, Kali- und Magnesiumdünger

Phosphat- oder Kalidünger können im Herbst oder im Frühling in einfacher oder zusammengesetzter Form zugeführt werden. Vermieden werden sollte das Ausbringen bei gefrorenem, schneebedecktem oder durchnässtem Boden. Nur bei sehr leichtem Boden oder bei Boden mit geringer organischer Substanz kann allein im Frühling gedüngt werden (vor allem, weil das Kalium ausgewaschen werden kann). Magnesiumdüngungen dürfen nur im Frühling ausgeführt werden, da dieses Element im Boden mobil ist.

Wenn der Boden genügend eingedeckt ist, sind nur geringe Phosphat- und Kalidüngungen angezeigt. Es genügt dann, nur alle zwei Jahre zu düngen, wobei die empfohlene jährliche Menge verdoppelt werden kann.

Wird lokal gedüngt, sollte die in dieser Schrift empfohlene Menge Phosphat-, Kali- und Magnesiumdünger nicht verändert werden (entspricht dem Entzug der Kultur).

### 5.2.5 Blattdüngung

Die Versorgung der Obstgehölze mit Nährstoffen erfolgt vorwiegend durch die Wurzeln. Die Blattdüngung soll auf jene Fälle beschränkt bleiben, bei denen mit der Düngung über den Boden nicht die gewünschte Wirkung erzielt wird. Das trifft in der Regel nur in Ausnahmefällen zu der Behebung akuter Mangelerscheinungen von Hauptnährstoffen oder Spurenelementen.



Eine fachgerechte Blattdüngung kann eine effiziente (verlustarme) und sehr wirksame Düngungsmethode sein. Die ausgebrachten Nährstoffmengen sind nicht unwesentlich, bei Stickstoff beispielsweise ca. 5 kg N je ha und Applikation. Mit Blattdüngungen können dem Baum substanzielle Stickstoffmengen effizient und wirksam zugeführt werden. Sie sind bei der Düngungsplanung der Ernährung der Obstanlagen so weit wie möglich zu berücksichtigen, d.h. anzurechnen an den Gesamtnährstoffbedarf (Norm) und auch an die gesamtbetriebliche Nährstoffbilanz.

Die Blattdüngung soll eine mögliche Pflegemaßnahme für professionelle Obstbaubetriebe sein. In der Regel wird auf solchen Betrieben die Gesamtdüngungsgabe auf mehrere Gaben aufgeteilt, damit die Nährstoffzufuhr dem Bedarf entspricht und weniger Verluste entstehen. Mit der Aufteilung der Nährstoffgaben und der Möglichkeit der Blattdüngung können die Nährstoffgaben flexibel der aktuellen Kulturentwicklung angepasst werden.

Die Rahmenbedingungen und Ursachen für akute Mangelerscheinungen und somit auch für die Bedingungen, bei denen Blattdüngung angebracht sein kann, sind in Kapitel 4.1.3 geschildert. Diese Ursachen können auch zu Schwächezuständen führen, die nicht sofort als akute Mangelerscheinung von Auge erkennbar sind (z.B. bei akutem Insektenfrass am Wurzelwerk, witterungsbedingte Hemmung der Nährstoffaufnahme über die Wurzel). In diesem Fall kann eine präventive Blattdüngung sinnvoll sein.

Blattdünger sollen in der Regel nicht mit anderen Pflanzenbehandlungsmitteln gemischt werden. Die Applikationsgeräte sind vor der Aufbereitung der Spritzbrühe vollständig zu reinigen.

Blattvolldünger sind nur in Ausnahmefällen anzuwenden bis max. im Juni.

Besondere Bestimmungen für den Biolandbau sind in Kapitel 10 erwähnt.

Tab. 20: Mangelkorrekturen: Ursachen und Mittel zur Bekämpfung.

Elemente				Korrekturmöglichkeiten	
Symbol	Name	Symptome	Ursachen	Bodendüngung	Blattdüngung
N	Stickstoff	Helle Blattspalten, zu kleine Früchte	Stickstoffmangel bei sehr starkem Behang Alternanz Frost Geringer Gehalt an organischer Substanz Übermässige Bewässerung Trockenheit Bodenverdichtung Bodenvernässung Stickstofffixierung durch Mulchmaterial mit weitem C/N-Verhältnis	Siehe Stickstoffdüngung (Kap. 5.1.1)	Die Düngung muss bei kühlem Wetter erfolgen, vorzugsweise bei bedecktem Himmel. Das Produkt dringt besser ein, wenn die Pflanze feucht ist (Tau). Die Industrie hat Produkte entwickelt mit Zusatzmitteln, die Adhäsion und das Eindringen der Salze erleichtern. Für die im Handel erhältlichen Produkte und für Mischungen mit anderen aktiven Substanzen halte man sich an die Angaben des Herstellers.  2-4 Behandlungen in Abständen von 1-2 Wochen bis spätestens Anfang Juli; erste Behandlung eine Woche nach dem Abblühen. Menge pro Behandlung: 8 kg Harnstoff pro 1000 Liter Spritzbrühe pro ha Für Golden Delicious: 5 kg Harnstoff/1000 l In Mischung mit anderen Spritzmitteln: 3-5 kg Harnstoff/1000 l Im Walliser Klima dürfen wegen Verbrennungsgefahr 0,5% nicht überschritten werden.
Ca	Kalzium	Starkes Auftreten physiologischer Störungen	Unharmonische Düngung insbesondere zu hohe Stickstoff- und Kaliumgaben Ungeeignete Sorten und Unterlagen Unausgeglichener Fruchtbehang (Alternanz)	Siehe auch Kalk (Kap. 4.2.4.4)	Wenig anfällige Anlagen und Sorten mit mittlerem bis starkem Fruchtansatz: Behandlung 5. und 3. Woche vor der Ernte. Anfällige Anlagen und Sorten oder bei geringem Fruchtansatz: 4-6 Behandlungen alle 10-14 Tage; letzte Behandlung 3 Wochen vor der Ernte Mindestens 1000 Liter pro Hektare spritzen; Früchte gut benetzen. Nicht mit Pflanzenschutzmitteln kombinieren . Nicht bei heissem Wetter, am besten am Abend spritzen. Menge pro Behandlung: 10 Liter Kalziumchlorid flüssig oder 6 kg CaCl <sub>2</sub> reinst plus Netzmittel in der halben üblichen Konzentration pro 1000 Liter und ha.
Mn	Mangan	Diffuse Entfärbung zwischen den Blattnerven, ausgehend von den Nerven. Kann bis zur Nekrose zwischen den Nerven gehen.	Boden reich an OS ( mehr als 6 à 8%) mit neutralem bis alkalischem pH. Erhaltungskalkung, Erhöhung des pH.	Im Allgemeinen wird keine Bodendüngung empfohlen, denn es braucht eine grosse Menge (von 20 bis mehr als 100 kg/ha), und die Wirkung ist meist nur zufällig. Die Wirksamkeit in absteigender Reihenfolge ist im Allgemeinen: MnSO <sub>4</sub> > MnO > MnCO <sub>3</sub> > MnO <sub>2</sub> > MnEDTA.	Es handelt sich um das beste Mittel zur Mangelbekämpfung. Die meisten Mängel können mit Zugaben von 0,1% resp. 100 g auf 100 l in 600 bis 1000 l Wasser/ha behoben werden. Die Wirksamkeit in absteigender Reihenfolge ist: MnEDTA > MnSO <sub>4</sub> > MnEDDHA > MnDTPA. Empfohlene Sulfatdosierung: 0,1%. Die Behandlung muss während der Wachstumsphase 2- oder 3-mal wiederholt werden.
Zn	Zink	Chlorose der jungen Blätter. Kleine Blätter, Rosettenblätter genannt. Buschartige Äste.	Erhöhung des pH, übermässige Erhaltungskalkung und Phosphatdüngung.	Bodendüngung mit Zink ist beschränkt auf spezielle, komplette Dünger, und die Zinkmenge ist schwach. Im Allgemeinen braucht man Sulfate oder Chelate. Die Bodenwirksamkeit eines EDTA-Chelats ist 2- bis 3-mal höher als die eines Sulfats. Die Zinkzufuhr für den Boden übersteigt nicht 10 kg/ha.	Die Korrektur der Mangelsymptome geschieht durch Blattspritzungen mit Sulfaten oder Chelaten. Die Wirksamkeit in absteigender Reihenfolge ist: ZnEDTA > ZnEDDHA > ZnSO <sub>4</sub> > ZnDTPA. Auch zinkhaltige Fungizide sind wirksam. Die Dosierung von Zinksulfat beträgt 0,1% auf die Blätter oder 1% nach der Ernte, gleich vor dem Blattfall im Herbst.

Fe	Eisen	Chlorose der jungen Blätter, die Blattspreite entfärbt sich, wird gelb und sogar braun. Nur die Nerven bleiben grün.	Kalkhaltiger Boden mit viel aktivem Kalk. Niederschlagsreiche Zeit mit durchnässtem Boden. Zufuhr an nicht verrotteter organischer Substanz.	Bodendüngung ist im Allgemeinen nicht wirksam. Meist ist die Anpassung von Kultur und Düngung sowie physische Verbesserung (Entwässerung) vorzuziehen. Chelate sind wirksamer als Mineralsalze. FeEDDHA und FeDTPA sind kalkhaltigen Böden vorbehalten, während FeEDTA eher für saure Böden geeignet ist. Für die Dosierung halte man sich an die Angaben des Herstellers.	Blattdüngung ist häufig, obwohl sie nur kurzfristig und oberflächlich wirksam ist. Zur Anwendung kommen Chelate allein oder Mineralsalze, denen man Harnstoff oder ein Surfactant (z.B. Zitronensäure) beifügt. Die Wirksamkeit in absteigender Reihenfolge ist im Allgemeinen: FeEDTA > FeDTPA > FeEDDHA > FeSO <sub>4</sub> . Die Dosierung EDTA-Eisenchelate beträgt 0,15%, die Dosierung Eisensulfat 0,4%. Man fügt noch 0,08% Zitronensäure bei.
Mg	Magnesium	Chlorose zwischen den Blattnerven, die sich in Form von Nekrosen ausbreitet. Die Chlorose befällt zuerst die alten Blätter. Die befallenen Zonen sind eindeutig ersichtlich. Oft wird ab Juli an der Zweigbasis Blattfall beobachtet.	Kalkhaltiger, leichter und wasserdurchlässiger Boden. Häufigste Mangelursache ist mangelndes Gleichgewicht zwischen K und Mg. Stickstoffdüngung auf Ammoniakstickstoffbasis kann ebenfalls Mängel hervorrufen.	Die Bodendüngung wird aufgrund der Bedürfnisse der Kultur und der Resultate der Bodenuntersuchung geplant. Die Bedürfnisse der Pflanze und die Mängel werden mit magnesiumhaltigen Salzen und organischem Dünger gedeckt. Magnesiumsulfat-Hydrate (MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O) und Magnesiumsulfat calciné (MgSO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O) sind in jedem Fall angebracht. Karbonate und Magnesiumoxide sind sauren Böden vorbehalten.	Spritzdüngungen sind geläufig und wirksam. Man braucht bei den meisten Kulturen vorzugsweise 2% Magnesiumsulfat-Hydrate (MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O). Wenn die Anwendung nicht spezifisch ist, z.B. bei Mischungen mit anderen Wirkstoffen, sollte die Menge halbiert werden. Es gibt auch industrielle Produkte. Sie enthalten im Allgemeinen Nitrat-, Sulfat- oder Magnesiumchloridsalze.
B	Bor	Meist rosettenartige und gaufrées Endblätter. Triebe abgestossen, Tod der Meristemengewebe und des Triebabchlusses. Rauhe Rinde (Krötenhaut). Deformierte Früchte mit korkartigen internen Stellen.	Kalkhaltiger, leichter, wasserdurchlässiger Boden. Erhaltungskalkung des Bodens. Erhöhung des pH.	Die Bodendüngung ist wirksam. Die einzige Schwierigkeit besteht darin, die schwache Dosierung einzuhalten. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten: der Gebrauch von kompletten Bordüngern oder die Besprühung des Bodens mit Borsalz. Im letzteren Fall ist es oft möglich, die Behandlung gleichzeitig mit der Unkrautvertilgung durchzuführen. Achtung: Es wurden Wirksamkeitssynergismen beobachtet. Mehrere Produkte können ohne Unterscheidung der Wirksamkeit angewendet werden: Borsäure, Borax, Natriumborate, Solubor und Colématite. Die Menge beträgt 2 bis 4 kg/ha.	Blattdüngungen mit Bor sind geläufig und wirksam. Sie sind einfach anzuwenden, denn man kann sie mit den meisten Schädlingsbekämpfungen durchführen. Vor der Anwendung informiere man sich bei der Firma über die Verträglichkeit der Produkte, denn gewisse Kombinationen werden aggressiver für die Pflanze. Für die Blätter sind Solubor und Borsäure die meist gebrauchten Produkte. Die Dosierung beträgt im Allgemeinen 0,1 bis 0,25%. Im Stadium F2 wird die schwächste Dosierung empfohlen. Frühe Behandlungen sind wirksamer als späte. Im Allgemeinen muss die Behandlung während der Wachstumsphase 2- bis 3-mal wiederholt werden.

**Besondere Bestimmungen für den Biolandbau: siehe Kapitel 10.**

**Achtung: Keine Aufkonzentrierung der Spritzbrühe, wie das z.B. bei Fungiziden sinnvoll sein kann.**

**Genauere Angaben finden sich in den Merkblättern der AMTRA (Heller und Ryser 1997a, b, c).**

**Quellen: Belger et al. (ohne Datum), Jacob 1961, Loué 1993, Pontailié 1972, Ryser 1991.**

### 5.2.6 Flüssigdünger, Fertigation

Diese Technik ist vor allem für sehr intensive Kulturen mit schwacher Veredelungsunterlage interessant (M27, eventuell M9), verlangt aber nach einem Bewässerungssystem in der betroffenen Parzelle. Es können ganz lösliche Dünger mit einfachen oder kombinierten Nährstoffen verabreicht werden. Unter dem Begriff Fertigation ist die Ausbringung der Dünger über die Tropfenbewässerung zu verstehen. Die Fertigation mit mineralischen Nährstoffen ist nicht erlaubt im Bio-Obstbau. Der wichtigste Vorteil der Fertigation besteht darin, dass leicht auswaschbare Elemente in mehreren Düngungen zugeführt werden können, vor allem Stickstoff und in einem gewissen Masse auch Magnesium. Die Vorteile der Stickstoff-Fertigation sind je nach Bodentextur und Klima sehr verschieden (natürliche Stickstoffzufuhr durch den Boden, Auswaschungsgefahr usw.).

Die Düngung kann mit Tropfenbewässerung oder lokalisierter Mikroberieselung (Bewässerung auf dem Baumstreifen) durchgeführt werden. Das System micro-jets ist zu bevorzugen (Düngung eines grösseren Bodenvolumens).

In unserem Klima muss die Düngung von der Bewässerung getrennt werden (Düngung in Perioden mit oft genügend Niederschlag). Die Düngung erfolgt darum in relativ konzentrierter Form und mit geringem Wasserverbrauch. Nach der Düngung müssen die Leitungen immer mit Wasser gespült werden, um Kristallisationen im Diffusionsapparat zu verhindern.

Die besten Resultate der Stickstoffdüngung durch Fertigation werden von Mitte April bis Anfang Juli erzielt. Bei Magnesium erstreckt sich die günstigste Zeit von Anfang Juni bis Mitte Juli. Es sollten nicht weniger als eine oder zwei Ausbringungen pro Woche vorgenommen werden.

Die verabreichte Stickstoffmenge hängt vom Zustand der Kultur ab. Im allgemeinen sollten 25–30 kg N/ha/Jahr nicht überschritten werden, das heisst 10–15 g N/Baum/Jahr für eine Anlage von 2500 Bäumen/ha.

Neben der Fertigation kommt immer mehr das «Duschen» mit einer stickstoffhaltigen Lösung in der Praxis zur Anwendung: Die nährstoffhaltige Lösung wird mit dem Herbizidbalken oder mit einer Brause (Abb. 17) ausgebracht. Stickstoff wird dann z.B. als in Wasser gelöster Kalksalpeter (Kalziumnitrat) mit dem Herbizidbalken appliziert. Ein Vergleich der Fertigation mit dieser Art der Flüssigdüngung und der Streudüngung auf den Baumstreifen in Güttingen (schwach humoser, sandiger Lehm; durchschnittlich 940 mm (760–1200 mm) Niederschläge je Jahr) hat Folgendes ergeben (Widmer und Krebs 1999): Im ersten Standjahr reagierten die fertigierte und bewässerten Bäume mit einem leicht stärkeren Triebwachstum und einem schwachen Fruchtansatz. Die Bildung neuer Wurzeln nach Engerlingsschäden wurde gefördert. Unter diesen Standortverhältnissen brachte über die Versuchsdauer von 6 Jahren die Fertigation und Tropfenbewässerung bezüglich Baumentwicklung, Ertrag und Fruchtqualität aber keine eindeutigen Vorteile gegenüber der Streu- oder Brausedüngung. Mit der Brausedüngung kann der Stickstoff gezielter dem Wurzelraum zugeführt werden. Ein positiver Effekt des applizierten Wassers ist v.a. in trockenen Jahren denkbar. Jedenfalls

ist bekannt, dass auf leichten Sandböden oder in niederschlagsärmeren Gebieten die Fertigation sich vorteilhaft auf Wachstum und Ertrag auswirken kann, v.a. wegen der regelmässigen Wassergaben.

Abb. 17: Flüssigdüngung mit der Brause auf den Baumstreifen (Foto: Chr. Krebs, FAW).



### 5.2.7 Düngung von Junganlagen

Der Nährstoffbedarf von Obstbäumen ist proportional zum Kronenvolumen, das das Ertragspotenzial bestimmt. Der Düngungsplan einer Obstanlage in der Aufbauphase kann mit einem einfachen Korrektursystem unter Berücksichtigung des Ertragsniveaus erstellt werden.

Die Stickstoffdüngung von Neupflanzungen muss sich der Pflanzenentwicklung während der Wachstumsphase anpassen. Neupflanzungen haben bis zur Erlangung des Vollertrages einen beachtlichen Nährstoffbedarf zum Aufbau der nötigen Bio-Masse (ab dem 1. Standjahr rasch ansteigender Bedarf durch das Stamm- und Triebwachstum für den Kronenaufbau). Der Wurzelraum solcher Anlagen ist noch klein, und darum empfiehlt sich die Applikation der Nährstoffe auf den Baumstreifen.

Die Überwindung des Pflanzschockes, insbesondere bei modernen Kirschenanlagen auf schwachen Unterlagen, kann durch ausreichende, kulturangepasst zeitgerecht ausgebrachte Stickstoffgaben erleichtert werden. Moderne Steinobst-Junganlagen, welche eher wüchsiger sind als Apfelanlagen, ein eher höheres Blatt-TS/Frucht-TS-Verhältnis aufweisen und auch einen tendenziell grösseren Holzkörperanteil aufbauen müssen, sollen ausreichend (aber nicht übermässig) mit Stickstoff versorgt werden. Es ist gleichzeitig zu bedenken, dass zu hohe Nährstoffgaben von schwach wachsenden Bäumen mangels ausgedehnten Wurzelwerks gar nicht aufgenommen werden können.

Nach der vegetativen Jugendphase, wird ein gutes Gleichgewicht Wachstum/Produktion angestrebt. Die Düngung ist im Allgemeinen lokal.

Für Beeren stützt man sich vor allem auf die Stärke des Jahrestriebs.



### Vorgehen zur Bestimmung der Norm bei Junganlagen

Bei einer Junganlage wird ein Zielertrag für die Vollertragsphase festgelegt, für welchen die Norm (gemäss Tab. 15 inklusive Korrekturen gemäss Tab. 13 und 14) errechnet wird. In der Aufbauphase können mit fortschreitenden Jahren zunehmende Gaben zwischen der halben und der ganzen Norm verabreicht werden. Die Dauer der Aufbauphase ist je nach Standort und Zielertrag unterschiedlich und beträgt bei modernen Kern- und Steinobstanlagen maximal 2–5 Jahre.

#### 5.2.8 Untergraben und Unterpflügen der Düngung

Diese Techniken sind sehr speziellen Fällen vorbehalten, zum Beispiel bei einem Untergrund mit sehr geringem Phosphor- und Kaliumgehalt, wenn während der Pflanzung der Kultur keine korrigierende Tiefdüngung vorgenommen wurde. Diese Techniken sollten jedoch nicht für mineralische Unterhaltsdüngung angewandt werden, ausser in bestimmten Fällen wie bei schlechter Düngerverteilung und wenn die Entwicklung des Nährstoffgehalts des Bodens nicht kontrolliert werden kann.

Der Dünger wird in fester oder flüssiger Form zugeführt. Im ersten Falle benutzt man ein hohles Sech, um den Dünger in Wurzelnähe einzubringen. Da dabei Wurzeln beschädigt werden, muss die Arbeit so durchgeführt werden, dass der Kultur kein Schaden zugefügt wird. Eine andere Technik besteht darin, mit einer Düngerlanze lokal Flüssigdünger zuzuführen. Die Düngermischung wird mit Wasser zu einer Lösung von 10% verdünnt (etwa 100 g/l), und 1 l wird pro m<sup>2</sup> direkt unter der Baumkrone in den Boden gespritzt. Der Obstproduzent kann solche Dünger im Handel kaufen oder selbst Lösungen herstellen, wobei er darauf achten muss, nur 100% kristallisierte, wasserlösliche Dünger zu benutzen.

#### 5.2.9 Vorratsdüngung und Meliorationsdüngung

Die Vorratsdüngung wird nur in Ausnahmefällen empfohlen. In der Regel werden Massnahmen aus der Routine-Bodenanalyse des Oberbodens (und fakultativ des Untergrundes, siehe Kap. 4.2.1) abgeleitet. Nur in Fällen vor Neupflanzungen, wenn die Bodenanalysen schwer wiegende Mängel, d.h. Nährstoff-Ungleichgewichte zeigen, ist eine Meliorationsdüngung sinnvoll. Für entsprechende Massnahmen bilden die folgenden Ausführungen eine Grundlage. Sie sind aber in jedem Fall mit einem Spezialisten zu besprechen.

Die Vorbereitung des Bodens bei der Neupflanzung oder Rekonstitution einer Obstanlage bietet eine ausgezeichnete Gelegenheit, mineralische Elemente tief in den Boden einzuführen. Der Boden kann auch mit Elementen gedüngt werden, die eine günstige Auswirkung auf die physische (Ton-Humus-Komplex) und biologische Struktur haben (Kap. 4.2.4.2).

Die wichtigsten zuzuführenden Elemente sind Phosphor, Kalium und Magnesium. Die Böden unserer Obstanlagen besitzen im Allgemeinen genügend Kalzium, ausser in gewissen Gegenden in der Westschweiz und bei eindeutig saurem Boden; in diesen Fällen muss eine Kalziumdüngung durchgeführt werden.

Kalzium kann mit einer P- oder K-Düngung zugeführt werden. Bei Vorratsdüngungen ist auf Stickstoff und Bor zu verzichten wegen der Mobilität dieser Elemente im Boden (Tab. 21).

Die Dosierung von mineralischem Dünger hängt vom Nährstoffgehalt des Bodens ab.

#### Bei der Düngung sind drei Punkte zu beachten:

- Die Nährstoffe müssen durch tief greifende Bodenbearbeitung, Umgraben, Sprengen und in gewissen Fällen sogar Tiefpflügen mindestens 50 cm in den voraussichtlichen Wurzelbereich eingetragen werden. Die Qualität (Textur) und die Tiefe des Untergrunds, ersichtlich auf dem Profilschnitt, geben Hinweise auf die anzuwendende Technik.
- Wegen der Gefahr von Phytotoxizität an den Wurzeln ist zu späte Düngung, das heisst weniger als 4 bis 5 Wochen vor der Pflanzung, vor allem beim Gebrauch von Chloriden, zu vermeiden.
- Auch Umweltschädigungen jeder Art sollen vermieden werden (Verluste durch Auswaschen und Erosion). Der Dünger muss gleich nach der Ausbringung in den Boden eingearbeitet werden. Am besten eignet sich dazu das Umgraben, vor allem auf steilem Gelände, denn dadurch wird das Abfliessen des Oberflächenwassers vermieden.

Bemerkung: Wenn bei einer Anlage nur der Baumstreifen gedüngt wird, führt man die Vorratsdüngung nur auf dem bearbeiteten Streifen und in entsprechender Dosierung zu. *Beispiel:* Anlage mit 4 m Pflanzabstand und Bodenbearbeitung auf 1,8 m Breite (1,8 : 4) = 45% der pro Hektare vorgesehenen Quantität.

Tab. 21: Vorratsdüngung (nur in Ausnahmefällen).

Nährstoffgehalt	Zuzuführende Einheiten		
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg
Gering	80	300	40
Ungenügend	60	150	30
Genügend	20	75	10

### 5.3 Mineralische und organische Handelsdünger

#### 5.3.1 Liste mineralischer Dünger

Tab. 22: Nährstoffgehalt einiger Handelsdünger.

Dünger	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	Ca	Bemerkungen
<b>Stickstoffdünger</b>						
Ammoniumnitrat	27,5					schnell verfügbar
Ammoniumnitrat	33,5					Brand- und Explosionsrisiko
Bor-Ammoniumnitrat	27					pH-neutral, 0,5% Bor
Magnesium-Ammoniumnitrat	23,5			3		pH-neutral
Kalzium-Ammoniumnitrat	26				15	hebt den pH
Harnstoff	46					Aminostickstoff
Ammoniumsulfat	21					macht sauer, 24% Schwefel
Kalzium-Cyanamid	20				35–42	langsame Mineralisierung des N, desinfizierend, Wartefristen einhalten
<b>Organische Stickstoffdünger</b>						
Blutmehl	12					85% organische Substanz
Hornmehl	13	4				80% organische Substanz
Hornspäne	13					85% organische Substanz
Schlempe	9,5					organischer Flüssigdünger
Rizinusschrot	6	2	1			
<b>Phosphatdünger</b>						
Entfettetes Knochenpulver	6	15			17	45% organische Substanz
Entleimtes Knochenpulver	1	31			30	15% organische Substanz
Superphosphat		18			20	
Supertriple		45			14	
Weicherdiges Rohphosphat		33			39	
<b>Kaliumdünger</b>						
Kalisalz 60			60			
Kalisalz 40			40			
Kornkali			40	4,8		Granulat
Kalisulfat			50			ohne Chlor, 18% Schwefel
Patentkali, Magnesiumkali			28	6		ohne Chlor 18% Schwefel
Kaliumnitrat	13		46			schnelle Wirkung, geeignet für Blattdüngung
<b>Magnesiumdünger</b>						
Kiserit				16		20% Schwefel
Bittersalz, Epsom-Salz (Magnesiumsulfat-Hydrat)				10		13% Schwefel (sel d'Epsom), geeignet für Blattdüngung
<b>Kalziumhaltige Dünger</b>						
Kalziumchlorid					15	zum Besprühen
Kalziumnitrat	16				20	zum «Duschen» auf den Baumstreifen
<b>Kalkdünger</b>						
Gebrannter Kalk, Löschkalk, Ätzkalk					50	achtung ätzend, desinfizierend, schnelle Wirkung
Dolomit				12,5	22	hebt den pH, langfristige Wirkung
Kalk, Düngkalk, kohlenaurer Kalk					40	hebt den pH, langfristige Wirkung
Meeralgenkalk				2,8	30	hebt den pH, langfristige Wirkung
Ricokalk, Aarberg-Kalk	0,3	1		0,5	24	10% organische Substanz, hebt den pH
Borax						14,5% Bor
Solubor						20,5% Bor
Magran				16		
Manganin						28,5% Mangan

Bezugsbasis für die Kalkgabenberechnung für einen Kalkdünger ist dessen Gehalt (%) an Calciumoxid(CaO);  
 $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} \times 1,785$ ;  $\text{CaO} = \text{Ca} \times 1,399$ ;  $\text{Ca} = \text{CaO} \times 0,715$ ;  $\text{CaCO}_3 = \text{Ca} \times 2,497$ ;  $\text{CaO} = \text{CaCO}_3 \times 0,561$ ;  $\text{Ca} = \text{CaCO}_3 \times 0,400$

☐ = bei biologischen Kulturen zugelassen

Quelle: Walther et al. 2001; VSGP et al. 2002, Hilfsstoffliste Forschungsinst. Biol. Landbau (FiBL).

**5.3.2 Form der mineralischen Dünger**

**5.3.2.1 Stickstoff (N)**

Stickstoff kann in Nitrat-, Ammonium- oder Ammoniumnitrat-Form zugeführt werden. In kalten Böden ist die Nitratform angebracht. Die Ammoniumform ist in leichten Böden eher geeignet.

**5.3.2.2 Phosphor (P)**

Die Form hängt vom Phosphorgehalt des Bodens und von seinem pH ab. Lösliche Phosphate (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) sind allgemein basischen und weniger lösliche Formen (PA et PC) sauren Böden vorbehalten. Für phosphorreiche Böden kann man schlechter lösliche Phosphatformen, für phosphorarme Böden hingegen schneller wasserlösliche Formen wählen.

**5.3.2.3 Kalium, Schwefel, Chlor (K, S, Cl)**

Die Handelsdünger enthalten immer Chloride, ausser wenn dies anders vermerkt ist.

Chloride und Sulfate sind beide gleich wirksam. Die teurere Sulfat-Form ist nur bei sehr grossen Kaliumgaben als Grunddüngung, als jährliche Düngung im Frühling sowie für die jährliche Düngung chloempfindlicher Sorten angezeigt (Tab. 23).

Tab. 23: Chloempfindlichkeit der Obst- und Beerenkulturen.

Chloempfindlichkeit	Kulturen
Schwach	Birnbaum, Schwarze Johannisbeeren
Mittel	Apfelbaum, Zwetschgenbaum, Pfirsichbaum, Aprikosenbaum
Stark	Kirschbaum, Brombeeren, Johannisbeeren
Sehr stark	Himbeeren, Stachelbeeren, Heidelbeeren, Baumschulen und Neupflanzungen

**5.3.2.4 Magnesium (Mg)**

Magnesium existiert in zwei verschiedenen Formen: Sulfat- und Karbonatform. In kalkhaltigen Böden muss es in leicht löslicher Form, das heisst als «Sulfat», ausgebracht werden.

**5.3.2.5 Kalk und Bor (B)**

Wird für die Kalkdüngung gelöscht Kalk oder feiner Dolomit gebraucht, empfiehlt sich eine Borgabe von 1 bis 3 kg/ha, um eine eventuelle Blockierung dieses Elements zu kompensieren. Bei grobem Dolomit ist eine Borgabe nicht unerlässlich. Die Dünger dürfen keinen Kontakt mit Mist, Ammoniakdünger oder Superphosphaten haben, da dies eine verstärkte Mikrobenaktivität, Ammoniakverflüchtigung oder eine Blockierung der Phosphate zur Folge hat.

Bor kann in Form von Borax (12–15 kg/Jahr) verabreicht werden (siehe Tab. 22). Die Menge soll gleichmässig auf der ganzen Fläche verteilt und darf nicht konzentriert zu den Pflanzen gegeben werden. Sind sehr kleine Mengen auszubringen, ist die Verwendung eines zusammengesetzten Düngers mit Borkomponente zu empfehlen. Zur Vermeidung von Überdüngung und schlechter Verteilung kann der Unkrautvertilgungslösung im Frühling einfach lösliches Bor (Borax, Borsäure, Solubor) beigefügt werden. Auch Mist enthält Bor (4 g/Tonne).

Tab. 24: Eigenschaften verschiedener Kalkdünger (Walther et al. 2001).

Handelsname	Kalkanteil Chemische Formel	Bezugsbasis für Kalkwirkung in % CaO	Wesentliche Gehalte an Nebenbestandteilen	Wirkung
Düngkalk, Kalksteinhohl, kohlen-saurer Kalk	CaCO <sub>3</sub>	50	–	Langsam
Meeralgenkalk	CaCO <sub>3</sub>	50	2–3% Mg	Langsam
Dolomitkalk	CaCO <sub>3</sub> /MgCO <sub>3</sub>	50	12% Mg	Langsam
Löschkalk, Ätzkalk	Ca(OH) <sub>2</sub>	55	–	Schnell
Branntkalk	CaO	75	–	Schnell
Ricokalk	CaCO <sub>3</sub>	32	30% Wasser 1,1% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,7% Mg 0,3% N	Mittel

Die CaCO<sub>3</sub>-Angabe auf einem Düngemittel deklariert den wirksamen Kalk. Die Ca-Gehaltangabe auf dem Düngemittel hingegen zeigt noch keine Kalkwirkung an.

Tab. 25: Kalziumgehalt einiger Dünger.

Dünger	Nährstoffgehalt	Ca-Gehalt	Neutralisierungswert Wirkungsgeschwindigkeit
Kalknitrat	15,5% N	15,0%	Mittel bis langsam
Superphosphat	18,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	19,0%	Neutral
Supertriple	46,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	12,0%	Neutral
Hyperphosphat	26,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	39,0%	Mittel bis langsam
Knochenmehl	30,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	32,0%	Mittel
Weicherdiges Rohphosphat	28,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	48,0%	Langsam
Aarberg-Kalk	1,1% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,7% Mg 0,3% N	23%	Mittel

### 5.4 Organische Dünger

Tab. 26: Nährstoffgehalt organischer Dünger (kg/t für feste Dünger, kg/m<sup>3</sup> für flüssige Stoffe).

Dünger	TS	N <sub>tot</sub> <sup>1</sup>	N <sub>verf</sub> <sup>2</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	Ca	OS	kg/m <sup>3</sup>
Vollgülle (Rind)	120	5,0	2,2–3,0	2	7	0,7	2,6	98	1000
Harngülle (unverdünnt)	70	6,9	3,2–4,2	0,4	14,7	0,4	0,6	40	1000
Stapelmist <sup>3</sup>	230	5,09	1,0–2,0	3,0	6,0	1,2	5,0	150	800
Laufstallmist (Rindermast)	230	6,54	1,3–2,5	2,8	9,5	0,9	3,3	155	950
Laufstallmist (Schwein)	250	7,5	3,1–4,7	5,5	4,63	1,3	3,6	40	/
Hühnermist (Bodenhalt.)	760	26,0	8–12	28,0	16,0	4,0	38,0	300	950
Pferdemist (verrottet)	250	6,5	0,7–1,8	3,0	6,3	1,0	2,9	240	800
Getreidestroh	860	7,5	0,0	2,2	14,0	0,7	2,2	800	100
Rapsstroh (gepresst) <sup>4</sup>	860	7,5	0,0	3,5	15,4	1,5	1,4	800	/
Erbsenstroh	860	15,0	0,2	3,0	9,6	1,8	16,5	800	/
Tannennadelstreu	650	7,5	/	1,5	3,0	0,8	3,5	630	/
Tresterkompost	330	6,0	1,0	5,0	7,0	1,0	3,0	300	750
Grünkompost (reif) <sup>5</sup>	450	5,8	0–1,0	3,3	4,2	2,5	29,0	185	450
Holzasche	1000	0	0–	30,0	80,0	0,5	230,0	/	/
Champignonmist	350	7	2–4	5	8	3	/	/	500

/ Keine Angabe.

<sup>1</sup> Kaum vermeidbare Verluste bei der Hofdüngerlagerung (v.a. Ammoniakverflüchtigungen) wurden abgezogen.

<sup>2</sup> Verfügbarer Stickstoff (siehe Glossar).

<sup>3</sup> Max. 20 t/ha alle 3–4 Jahre.

<sup>4</sup> Achtung vor zu hohem Kali-Eintrag durch Rapsstroh (Antagonismen). 1 Balle Rapsstroh je 5 Laufmeter genügt (5 t/ha alle 2 Jahre = 75 kg K<sub>2</sub>O/ha bzw. 37,5 kg K<sub>2</sub>O/ha je Jahr).

<sup>5</sup> Empfehlung: max. 25 t/ha.

TS: Trockensubstanz; OS: organische Substanz.

$P_2O_5 = P \times 2,294$                        $MgO = Mg \times 1,658$

$K_2O = K \times 1,205$                           $CaO = Ca \times 1,400$

Quelle: Walther et al. 2001, VSGP et al. 2002, Heller et al. 1993.

## 6 Nährstoffbedarf und Düngung im Gleichgewicht

Die Nährstoffzufuhr muss dem Nährstoffentzug der Kultur angepasst sein. Dieses Gleichgewicht soll sowohl für die Parzelle (Kap. 6.1) wie für den gesamten Betrieb (Kap. 6.2) angestrebt werden.

### 6.1 Düngungsplan pro Parzelle

Im Düngungsplan (Tab. 27) wird für jede einzelne Parzelle der Nährstoffbedarf und daraus abgeleitet die benötigte Düngermenge berechnet.

Der Stickstoffbedarf der einzelnen Kulturen ergibt sich aus der Beobachtung der Kulturen im Vorjahr (Tabellen in Kap. 5.1.1), die übrigen Hauptnährstoffe leiten sich ab von der Normdüngung, die aufgrund der Ergebnisse der Bodenuntersuchung mit den Korrekturfaktoren angepasst wird (Tabellen in Kap. 4.2.4.3). Die Nährstoffmenge der korrigierten Normdüngung, die als Reinnährstoffe angegeben ist, wird anschliessend in eine Düngermenge umgerechnet.

Tab. 27: Düngungsplan für eine Apfelanlage, Golden Delicious mit 50 t/ha Fruchtertrag, auf mittelschwerem Boden, 3,6% organische Substanz (fiktives Beispiel, spezifische Werte für das Rechenbeispiel kursiv geschrieben).



## 6 NÄHRSTOFFBEDARF UND DÜNGUNG IM GLEICHGEWICHT

Tab. 27: Düngungsplan für eine Apfelanlage, Golden Delicious mit 50 t/ha Fruchtertrag auf mittelschwerem Boden, 3,6 Prozent organische Substanz (fiktives Beispiel, spezifische Werte für das Rechenbeispiel *kursiv* geschrieben).

Siehe Tab.		Reinnährstoffe (kg) pro Hektare <sup>1</sup>					
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	CaO <sup>2</sup>	B
<b>1. Normdüngung mit Berücksichtigung des Ertrages</b>							
12	Norm	70	25	90	15		2
<b>2. Korrekturen der Normdüngung</b>							
<b>21. Stickstoff</b>		Reinnährstoffe (kg) pro Hektare					
13	Wuchsstärke <i>normal</i>	0					
	Triebabschluss <i>spät</i>	-5					
	Blütenknospenbildung <i>normal</i>	0					
	Ertrag des Vorjahres <i>normal</i>	0					
	<i>Mittelstarke Unterlage; über 80 cm Bodenvolumen</i>	-5					
	Auftreten physiologischer Störungen <i>nein</i>	0					
	Skelettanteil <i>gering</i>	-5					
6	Organische Substanz <i>hoch</i>	0					
	<b>Korrigierte Normdüngung Stickstoff</b>	<b>55</b>					
<b>22. Phosphor</b>		Korrekturfaktor					
7	Bodenuntersuchung AAE10-Extraktion, <i>45 mg P</i>		1,2				
8	Bodenuntersuchung Wasserextraktion, <i>13 mg P</i>		0,3				
		Korrektur (%)					
Korrektur (Res. Nährstoffe doppelt gewichtet; in % der Norm)			90				
18	Skelettanteil <i>gering; über 80 cm Bodenvolumen</i>		-10				
18	Organische Substanz <i>hoch</i>		-10				
	Korrektur Phosphornorm (in % der Norm)		70				
<b>Korrigierte Normdüngung Phosphor</b>			<b>17,5</b>				
<b>23. Kalium</b>		Korrekturfaktor					
7	Bodenuntersuchung AAE10-Extraktion, <i>370 mg K</i>			0,2			
8	Bodenuntersuchung Wasserextraktion, <i>42 mg K</i>			0,8			
		Korrektur (%)					
Korrektur (Res. Nährstoffe doppelt gewichtet; in % der Norm)				40			
18	Skelettanteil <i>gering; über 80 cm Bodenvolumen</i>			-10			
18	Organische Substanz <i>hoch</i>			-10			
	Korrektur Kaliumnorm (in % der Norm)			20			
<b>Korrigierte Normdüngung Kalium</b>				<b>18</b>			
<b>24. Magnesium</b>		Korrekturfaktor					
7	Bodenuntersuchung AAE10-Extraktion, <i>40 mg Mg</i>				1,3		
8	Bodenuntersuchung Wasserextraktion, <i>30 mg Mg</i>				0,7		
		Korrektur (%)					
Korrektur (Res. Nährstoffe doppelt gewichtet; in % der Norm)					110		
18	Skelettanteil <i>gering; über 80 cm Bodenvolumen</i>				-10		
18	Organische Substanz <i>hoch</i>				-10		
	Korrektur Magnesiumnorm (in % der Norm)				90		
<b>Korrigierte Normdüngung Magnesium</b>					<b>13,5</b>		
<b>25. Kalk</b>							
7, 9	<i>pH-Wert 6,9; AAE10-Extraktion 1500 mg Ca</i>					100	
<b>26. Bor</b>							
19	Ohne Bodenanalyse						2
<b>Korrigierte Normdüngung für die gesamte Fläche</b>		<b>55</b>	<b>17,5</b>	<b>18</b>	<b>13,5<sup>2</sup></b>	<b>100</b>	<b>2</b>
Korrigierte Stickstoffnorm, falls nur Baumstreifen gedüngt wird <sup>3</sup>		38					
<b>3. Berechnung der Düngermenge pro ha und Jahr</b>							
22	200 kg Ammonsalpeter mit Kalk und Bor	55				40	1
	75 kg Superphosphat (oder jedes zweite Jahr die doppelte Menge)		14			20	
	200 kg Bittersalz				20		
	Auf eine Kaliumdüngung wird verzichtet			0			
	<b>Summe verabreichter Nährstoffe</b>	<b>55</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>60</b>	<b>1</b>
<i>Bei intensivem Mulchen auf den Baumstreifen sind die im Mulch enthaltenen Nährstoffe bei der Düngerbemessung in Abzug zu bringen, um negative Auswirkungen auf die Fruchtqualität zu vermeiden.</i>							

<sup>1</sup> Obstanlagenfläche (≠ Baumstandraumfläche). Die Normdüngung bezieht sich auf die gesamte Fläche der Obstanlage und wird für den gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushalt berücksichtigt; beinhalten auch mehrfache Blattdüngungsgaben.

<sup>2</sup> Ca nicht als Reinnährstoff, sondern als Kalk (CaO).

<sup>3</sup> Bei hohen K-Gehalten im Boden (Nährstoffversorgungsstufe Vorrat und angereichert) mindestens 20 kg Mg pro ha.

<sup>4</sup> Wird nur der Baumstreifen (ca. ein Drittel der Gesamtfläche einer Anlage) gedüngt (portioniert in 2–3 Gaben im Jahresverlauf), würde sich bei Beibehaltung der absolut ausgebrachten Menge die Nährstoffgabe pro applizierte Fläche verdreifachen. Das kann negative Auswirkungen auf das Baumwachstum haben. Es wird empfohlen, den Stickstoff pro Gabe und gedüngte Fläche höchstens zu verdoppeln. Für die übrigen Nährstoffe wird keine Korrektur vorgenommen.

**6.2 Gesamtbetrieblicher Nährstoffhaushalt: Suisse-Bilanz**

Sind in einem Betrieb die Düngungspläne für jede einzelne Parzelle vorhanden, ergibt die Summe der Düngungspläne auch den gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushalt. Beim gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushalt (Suisse-Bilanz) wird der Nährstoffbedarf aller Kulturen auf dem Betrieb dem Nährstoffanfall aus der Tierhaltung und dem noch zu ergänzenden Mineraldünger gegenübergestellt. Der gesamtbetriebliche Nährstoffhaushalt gibt somit keine Auskunft darüber, auf welchen Flächen wie viel Dünger auszubringen ist; er stellt aber sicher, dass der Nährstoffhaushalt auf dem Gesamtbetrieb ausgeglichen ist.

Der gesamtbetriebliche Nährstoffhaushalt kann mit einem EDV-Programm (LBL, SRVA 2001) errechnet werden; er ist für den Ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN) obligatorisch.

Die Normwerte (Tab. 12) und – falls sie aufgrund der für eine Obstanlage zutreffenden Standortverhältnisse korrigiert werden (Tab. 13 und 14) – auch die korrigierten Normdüngungszahlen sind im gesamtbetrieblichen Nährstoffhaushalt gemäss Suisse-Bilanz als Nährstoffbedarf in Rechnung zu stellen.

**6.3 (Un-)Genauigkeit der Düngungsberechnungen**

Die Düngung in der Praxis ist keine exakt-wissenschaftliche Angelegenheit und beruht auch auf Erfahrungswerten. Es ist daher wichtig, sich über die Variabilität oder die (Un-)Genauigkeit der einzelnen Schritte im Klaren zu sein. Die nachfolgende Tabelle 28 beruht auf Expertenurteilen. Beispielsweise ist bei einer Wiederholung der Bodenprobenentnahme auf der gleichen Parzelle mit einer Abweichung

der Einzelwerte der Bodenuntersuchung von plus/minus 30% gegenüber dem «wahren» Wert zu rechnen. Weil sich Fehler in beiden Richtungen aufheben können, entspricht der Gesamtfehler bei der Düngung von plus/minus 50% nicht der Summe der Einzelfehler.

Die Bodenuntersuchung ist in der Lage, das Nährstoffangebot des Bodens an die Pflanze zu messen. Böden mit ungenügender Nährstoffversorgung können von Böden mit genügenden oder vorrätigen Nährstoffen eindeutig unterschieden werden. Von der Bodenuntersuchung und der daraus abgeleiteten Düngungsempfehlung kann aber keine übertriebene Genauigkeit erwartet werden. Eine nach dem neuesten Stand des Wissens verabreichte Düngung ist aber eine Voraussetzung für die Erzeugung einer qualitativ und quantitativ befriedigenden Ernte.

Tab. 28: Variabilität des Einzelschrittes (plus/minus in %) bei der Düngung von der Bodenprobenentnahme bis zum Ausstreuen der Dünger (Expertenschätzung).

Teilschritt	Variabilität
Bodenprobenentnahme	30
Bodenprobenentnahme zu einem anderen Zeitpunkt als üblich	60
Lagerung, Aufbereitung und Extraktion des Bodens	10
Chemische Nährstoffbestimmung	5
Interpretation der Bodenuntersuchung (Definition des Nährstoffbereiches «genügend»)	20
Nährstoffbedarf der Kulturen	20
Relevanz und Genauigkeit aller Korrekturfaktoren	30
Wahl der benötigten Dünger (zum Beispiel Mehrnährstoffdünger oder organische Dünger) aufgrund des Nährstoffbedarfes an Einzelnährstoffen	20
Verteilen mineralischer Dünger auf dem Felde	30
Verteilen organischer Dünger auf dem Felde	40
<b>Summe «Düngung»</b>	<b>50</b>



Zahlreiche Studien belegen, dass die Baumernährung entscheidenden Einfluss hat auf die Fruchtqualität. Die Früchte müssen voll entwickelt, und das heisst auch ausgewogen ernährt sein, sonst haben sie keine Chancen am Markt.

Das physiologische Gleichgewicht zwischen generativem und vegetativem Wachstum wird v.a. gesteuert über den Schnitt und die Behangsregulierung. Die Alternanz kann durch generell erhöhte Stickstoffdüngung nicht behoben werden (Deckers et al. 2001). In leicht alternierenden Anlagen muss zur Ausnutzung des Qualitätspotenzials (Farbe, Festigkeit, Grösse, Zucker) die Stickstoffernährung allerdings intensiver sein in den Jahren mit höherem Ertrag (ca. 2,3% Blatt-TS vs. 2,05% Blatt-TS; Fallahi et al. 2001). Die Düngung muss die Entwicklung der Organe bedarfsgerecht unterstützen. Ist der Baum schlecht ernährt, dann «leidet» zuerst die Blütenknospenbildung, dann das Fruchtwachstum und zuletzt das Triebwachstum. Im ersten Fall sind dann die Voraussetzungen für eine gute Fruchtqualität im Folgejahr schlecht (erhöhtes Risiko für schlechten Blüten- und Fruchtansatz, Früchtchen mit geringer Zellzahl und darum geringer Festigkeit), im zweiten Fall wird die Fruchtqualität des laufenden Jahres beeinträchtigt (Grösse, Ausfärbung, Festigkeit, Inhaltsstoffe, Risiko für physiologische Störungen).

Die Normen für Steinobst ermöglichen einen raschen Kronenaufbau und Ertragseintritt in modernen Anlagen. Voraussetzung ist jedoch gerade bei wuchsbetonten Steinobstarten ein kräftiger Baumschnitt, weil sonst die Stickstoffnormgabe im vegetativen Wuchs verpufft. Überhöhte Gaben wiederum fördern übermässig den Wuchs, der die Blütenbildung physiologisch dominiert. Wenn die Gaben den Bedarf übersteigen, können sie gar nicht aufgenommen werden.

Eine bedarfsgerechte Düngung ermöglicht es dem Baum, Reserven anzulegen im Holzkörper. Im Frühjahr remobilisierte Nährstoffe aus dem Holz ermöglichen den Austrieb und unterstützen einen guten Blüten- und Fruchtansatz (siehe Kap. 3). Bedarfsgerecht ernährte Bäume entwickeln auch starke, qualitativ gute Blütenknospen.

### **Kalzium, Bor, Phosphor, Stickstoff**

In diesem Zusammenhang nimmt das Kalzium in verschiedener Hinsicht eine Sonderstellung ein. Die Böden unserer Obstanlagen besitzen im Allgemeinen genügend Kalzium. Auch wenn meist nur in stark sauren Böden Kalziummangel festgestellt wird, sollte man den Kalkgehalt des Bodens im Auge behalten und notfalls Korrekturen anbringen. Fälle, bei denen punktuelle oder regelmässige Kalziumdüngung angebracht ist, werden in Kapitel 5.3 behandelt. Auszuschliessen sind Kulturen, die einen sauren pH erfordern (z.B. Heidelbeeren).

Die Krankheit Bitter-pit wird durch eine schlechte Verteilung des Kalziums in der Pflanze hervorgerufen. Dabei muss auch gewissen mit der Physiologie der Pflanze zusammenhängenden Faktoren (Wuchs, Obstbehang) Beachtung geschenkt werden. Auch Kaliumüberschuss kann zu einer schlechten Absorption von Kalzium führen, vor allem nach dem Ansetzen der Früchte. Bei der Düngung sollte nur mässig Kalium gebraucht und eine angepasste Stickstoffdüngung durchgeführt

werden. Bei normalem Kalziumgehalt im Boden kann das Problem nicht durch eine zusätzliche Zufuhr gelöst werden. Die Möglichkeiten von Blattspritzungen mit Kalzium werden in Kapitel 5.2.5 behandelt.

Eine gute Kalziumversorgung ist eine unumgängliche Grundlage für gute, marktfähige Fruchtfestigkeit beim Apfel. Kalzium hat aber auch bei anderen Früchten (z.B. Kirsche) einen positiven Einfluss aufgrund seiner Eigenschaften als wichtiger Zellwandbestandteil. In der Regel kann man sagen: Ein hoher Ca-Gehalt der Früchte bringt 0,2–0,5 kg/cm<sup>2</sup> mehr Festigkeit. Bei Wassermangel um das T-Stadium (kritischer Übergang von der Zellteilungsphase in die Zellstreckungsphase der Früchte) sind die Ca- und B-Versorgung sehr beeinträchtigt. Und zu einem späteren Zeitpunkt gelangen nur noch wenig Ca und B in die Früchte, weil das Fruchtwachstum dann von der Stoffzufuhr aus dem Phloem abhängig ist, in welchem diese Nährstoffe immobil sind. Hohe Phosphorgehalte in den Früchten (Mindestgehalt: 9 mg/100 g FS) erhöhen zusätzlich die Wahrscheinlichkeit, dass die Festigkeit länger andauert nach der Ernte.

Auch der Stickstoff hat in diesem Zusammenhang grosse Bedeutung. Tiefe N-Gehalte und hohe Ca-Gehalte verlangsamen die Abnahme der Festigkeit nach der physiologischen Reife der Früchte. Eine Überversorgung mit Stickstoff, d.h. eine Düngung, welche den Bedarf wesentlich übersteigt, führt zu weichen, wenig aromatischen und nicht gut ausgefärbten Früchten (Fallahi et al. 2001). Auch bereits geringe Stickstoffmengen im Luxusbereich (z.B. als Blattdüngung appliziert) können die Ausfärbung beeinträchtigen (Bertschinger et al. 1997). Allzu hohe Dosen können auch die empfindlichen und für die Nährstoffaufnahme äusserst wichtigen Wurzelspitzen schädigen.

### **Strauchbeeren**

In Strauchbeerenkulturen kann eine übermässige Versorgung mit Stickstoff zu einer Beeinträchtigung der Festigkeit und Haltbarkeit der Früchte führen (Schweiz. Obstverband 2002). Ausserdem ist mit einem vermehrten Auftreten von Fruchtfäulen zu rechnen. Bei Himbeeren und Brombeeren hat eine hohe N-Verfügbarkeit im Wurzelraum die Bildung von langen, dicken, zur Rissbildung neigenden Ruten zur Folge. Diese werden in erhöhtem Masse von Rutenkrankheiten befallen. Ruten mit einer übermässigen Wuchskraft weisen zudem im beerntbaren unteren und mittleren Bereich ein deutlich geringeres Ertragspotenzial auf als mittelstarke Ruten mit engen Knospenabständen (Neuweiler und Bak 2001). Bei Johannisbeeren können frühzeitige hohe Stickstoffgaben zu einem vermehrten Ausrieseln der Grappen führen (Winter et al. 1992).

## 8 DÜNGUNG UND UMWELT

---

Bei ausgewogener Düngung, welche die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit garantiert, geht es darum, dass die Pflanze möglichst alle zugeführten oder vom Boden mobilisierten Nährstoffe aufnehmen kann. Das heisst, wirtschaftlich wie ökologisch unerwünschte Verluste von Nährstoffen sollen vermieden werden. Zur Erhaltung der langfristigen Bodenfruchtbarkeit und zur Verringerung der Umweltbelastung muss der Nährstoffkreislauf des Betriebes geschlossen sein und eine ausgeglichene Bilanz angestrebt werden. Das bedeutet, dass die im Düngungsplan errechnete Zufuhr die Bedürfnisse der Pflanzen nicht übersteigen darf.

Es sollte erst gedüngt werden, wenn die Bodenfruchtbarkeit mittels Bodenanalyse bestimmt wurde. Ist eine Düngung nötig, so muss den spezifischen und momentanen Bedürfnissen der Pflanze Rechnung getragen werden, damit

die ausgebrachten Elemente auch aufgenommen werden können. Eine gute Kenntnis des Bodens und der benutzten Nährstoffe erleichtert die Wahl des Düngers und den Zeitpunkt der Ausbringung. Sehr leicht lösliche und auswaschbare Elemente wie Stickstoffnitrat oder Magnesiumsulfat werden vorzugsweise zu Anfang der Wachstumsperiode ausgebracht, eventuell aufgeteilt auf verschiedene Gaben bis spätestens Ende der Blütezeit. Für Nährstoffe, die im Boden gespeichert werden können, wie Kalium oder Phosphate, hängt die Menge und der Zeitpunkt der Ausbringung von der Bodentextur und vor allem vom Ton- und Humusgehalt (Ton-Humus-Komplex) ab. Diese Elemente können von dem Ton-Humus-Komplex adsorbiert werden, das Verlustrisiko nimmt mit steigendem Tongehalt ab. Ein Splitten der Düngung ist nur angebracht, wenn der Boden weniger als 10% Tongehalt aufweist.

---

## 9 DÜNGUNG DER FELDOBSTBÄUME

Der Nährstoffentzug durch die Nutzung des Unterwuchses überwiegt im Feldobstbau den Entzug durch die Obstbäume bei weitem. Die Düngung des Unterwuchses erfolgt gemäss GRUDAF (Walther et al. 2001).

Der Gesamtbedarf (Norm) an Reinnährstoffen beträgt bei Ertragsbäumen inklusive Unternutzen ungefähr:

150 kg Stickstoff (N), 100 kg Phosphat ( $P_2O_5$ ), 300 kg Kali ( $K_2O$ ), und 50 kg Magnesium (Mg) je ha und Jahr.

Der Gesamtnährstoffbedarf einer Hochstammanlage kann wie folgt berechnet werden:

Bedarf des Unternutzens (je nach Intensität) plus Jahresbedarf der Einzelbäume mit 0,45 kg N, 0,15 kg  $P_2O_5$ , 0,56 kg  $K_2O$  und 0,08 kg Mg je Baum und Jahr, oder auch:

Bedarf des Unternutzens plus 1,5 kg N, 0,5 kg  $P_2O_5$ , 1,8 kg  $K_2O$  und 0,25 kg Mg pro Tonne Fruchtertrag.

Diese Zahlen sind Richtwerte, sie variieren naturgemäss mit der Intensität der Nutzung der Wiesen. Auch im Feldobstbau ist es deshalb sinnvoll, den Nährstoffzustand des Bodens durch regelmässig (alle 5 Jahre) wiederholte Bodenanalysen zu überwachen.

Im Feldobstbau werden vorwiegend Hofdünger eingesetzt. Es wird folgendes Vorgehen empfohlen:

Im Frühling (Februar–März) eine mittlere Mistgabe 20 t/ha über die Fläche verteilen. Je nach den klimatischen Bedingungen, dem Triebwachstum der Bäume und der Nutzungsintensität der Wiese sind zusätzlich bis 2 Güllegaben (je ca. 20 m<sup>3</sup>) notwendig.

Die letzte Güllegabe soll vor Anfang Juli ausgebracht werden, um einem verzögerten Triebabschluss der Bäume und Frostschäden durch eine verspätete Stickstoffzufuhr vorzubeugen.

Für eine gezielte Zuführung der Düngernährstoffe in den Wurzelraum eines Hochstammbaumes kann die Lanzendüngung vor allem bei Feldobstbäumen mit Düngungseinschränkungen nach wie vor geeignet sein. Sie kann folgendermassen berechnet werden:

Aufbereitung einer wässrigen Lösung (6–8%) eines Mehrnährstoffdüngers, je cm Stammumfang 1 l mit 2 Einstichen je m<sup>2</sup> und l.



## 10.1 Grundsätze

Auch im biologischen Obstbau ist das Ziel der Düngung eine termin- und mengenmässig optimale Nährstoffversorgung der Bäume und Sträucher für eine qualitativ und quantitativ hoch stehende Pflanzenleistung. Priorität in der biologischen Pflanzenernährung hat der Aufbau und die Erhaltung einer hohen Bodenfruchtbarkeit wie in Kapitel 3.1 beschrieben. Unter dem Gesichtspunkt dieser Zielsetzung wird klar, dass die Düngung nur eine unter vielen weiteren Massnahmen sein kann, um zu physiologisch ausgeglichenen und Spitzenqualität liefernden Bäumen und Sträuchern zu gelangen. Nur wenn Schnitt-, Ausdünnungs- und Beikrautregulierungsmassnahmen mit den Düngemassnahmen in Übereinstimmung gebracht werden, ist dies möglich. Sind die Pflanzen hingegen zu knapp ernährt, nimmt die Assimilationsleistung und Vitalität der Pflanzen ab, worunter nebst der Abwehrkraft auch die Qualität der Blütenknospen leidet und sich Mindererträge, Alternanz und Qualitätsabbau einstellen.

### Bodenleben fördern steht im Zentrum

Im biologischen Obstbau stehen wenige sehr rasch verfügbare Bodendünger und nur eingeschränkt Blattdüngemittel zur Verfügung. Mangel an einem bestimmten Nährstoff, sei es infolge zu geringer Bodenvorräte oder schlechter Aufnahmebedingungen z.B. durch Bodenverdichtung oder Staunässe, kann deshalb kaum kurzfristig korrigiert werden.

Nebst ausgeglichenen und ausreichend hohen Nährstoffgehalten müssen auch die Bodenstruktur und die mikrobielle Aktivität gefördert werden. Eine genügende und termingerechte Nährstofffreisetzung aus Bio-Düngern erfolgt nur dann, wenn eine hohe mikrobielle Aktivität die Mineralisierung von Nährstoffen in pflanzenverfügbare Formen gewährleistet (siehe Kap. 3.1). Aus diesem Grund ist z.B. auch die Verwendung von schnell wirkenden, aber auf die Bodenfauna ätzend wirkenden Kalkdüngern wie Brannt- oder Löschkalk ( $\text{Ca}[\text{OH}]_2$  bzw.  $\text{CaO}$ ) im Bioanbau nicht erlaubt.

Zur Förderung bzw. Erhaltung einer guten Bodenstruktur mit einer hohen biologischen Aktivität sollten die Nährstoffe so weit wie möglich in organischer Form verabreicht werden.

Die gute Bodenstruktur und aktives Bodenleben sollen im Bioanbau die Notwendigkeit für Korrekturmassnahmen mit Einzelnährstoffen minimieren. Um diesen Bodenidealen näher zu kommen, werden im Bioanbau vorrangig organische (Hof-)Dünger und Gründüngung verwendet. Würmer, verschiedenste Bodenmikroorganismen und Mykorrhiza-Pilze sollen eine bedarfsgerechte Ernährung der Obstkultur besonders unterstützen.

## 10.2 Leitplanken für die Bio-Düngung

Für die praktische Düngung sind die Richtlinien und Weisungen der Biolabels (Bio-Suisse, Migros-Bio) zu beachten. Diese basieren auf der Schweizerischen Bioverordnung.

### Zugelassene Handelsdünger (Hilfsstoffliste)

Sämtliche für den Schweizer Bioanbau zugelassenen Handelsdünger und ihre Nährstoffgehaltangaben sind in der jährlich aktualisierten Hilfsstoffliste, herausgegeben vom Forschungsinstitut für biologischen Landbau in Frick, aufgelistet.

### Nährstoffbilanz

Methode: Eine Bilanz ist nach der Methode der Suisse-Bilanz zu berechnen, falls auf viehlosen Betrieben N- und P-haltige Dünger zugeführt werden oder wenn der Anteil extensiv oder wenig intensiv bewirtschafteter Wiesen über 30% liegt und der Viehbesatz pro ha düngbare Flächen bestimmte Werte überschreitet.

Zeitraumen der Bilanzierung: Die Zufuhr von  $\text{P}_2\text{O}_5$  durch Kompost und Ricokalk kann in einer 3-Jahres-Gabe erfolgen und somit über drei Jahre bilanziert werden.

Bodenanalyse: Gemäss Bestimmungen des Ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN).

### Maximale Nährstoffzufuhr für die Obstkulturen

Die maximale Nährstoffzufuhr entspricht der Normdüngung, angepasst an die jeweilige Anbausituation gemäss den «Grundlagen für die Düngung der Obstkulturen» (siehe Tab. 13–19). Kalisulfat, Patentkali (= Kalimagnesia) und Magnesia-Kainit dürfen nur ausgebracht werden, wenn eine Bodenprobe (nicht älter als 4 Jahre und von einem anerkannten Labor) vorliegt. Bei Versorgungsstufe A dürfen maximal 75%, bei B 50%, bei C 25% des Pflanzenbedarfs mit obigen Produkten gedüngt werden.

### Herkunft der Hofdünger

Hofdüngerzufuhr ist nur von Biobetrieben zulässig, Ausnahmen sind bis Ende 2004 möglich (gemäss Bio/Suisse-Weisung «Nährstoffversorgung»). Die Zufuhr ab Nicht-Biobetrieben ist speziell geregelt. Es gelten maximale Fahrdistanzen zum Hofdüngerlieferanten (gemäss aktueller Regelung der Bio-Suisse).

### Hofdüngereinsatz

Die maximale Ausbringmenge von Hofdünger richtet sich oft nach dessen Gehalt an Kalium und Phosphor. Bei kaliumreichen Hofdüngern (kotarme Rindergülle u.a.) besteht die Gefahr von kaliumbedingten physiologischen Störungen. Phosphorreiche Hofdünger (Pferdemist, Kompost u.a.) können wegen des geringen Phosphorbedarfs der Pflanzen häufig nur in geringen Mengen ausgebracht werden (ersichtlich durch Suisse-Bilanz-Berechnung).

### Kompost, Klärschlamm

Es gelten die maximalen Schwermetallgehalte gemäss Eidgenössischer Stoffverordnung für zugeführten Kompost. Maximal dürfen in 3 Jahren 25 t Kompost (TS) je ha ausgebracht werden (siehe Tab. 26).

Im Folgenden wird noch auf spezielle Aspekte hingewiesen, um das Verständnis einer Düngung nach Bio-Grundsätzen zu erleichtern.

### 10.3 Humus

Der Humusgehalt soll über 2,5% liegen und sollte über die Jahre nicht abnehmen.

Falls der Gehalt unter 2,5% liegt, so sollen vermehrt Dünger mit einem hohen Anteil an organischer Substanz verwendet und/oder die Baumstreifen mit Rindenhäcksel oder Chinaschilf (K-Eintrag beachten) abgedeckt werden. Durchschnittliche Nährstoffgehalte diverser Hofdünger sind in Tabelle 26 angegeben.

### 10.4 Stickstoff

#### Düngemittel

Mit der Wahl von Zeitpunkt, Intensität und Methode der Bodenpflege wird die Stickstoffverfügbarkeit entscheidend beeinflusst.

Bei der Wahl N-betonter Handelsdünger ist der Einsatzzeitpunkt auf die Umsetzungsgeschwindigkeit der Düngers abzustimmen (siehe Hilfsstoffliste).

Eine Stickstoffversorgung mit nicht ätzender Gülle wirkt relativ rasch und kann von April bis Mai ausgebracht werden. Gaben von jungem Mistkompost (3–4 Monate alt) sind wegen der langsamen N-Mineralisierung früh auszubringen (Februar–März).

Biokonform sind einige relativ rasch lösliche feste sowie flüssig formulierte Stickstoffdüngemittel (siehe auch Tab. 22) wie Hornmehl, -griess und -späne (12–14% N). Hornmehl wirkt schon innert 10–14 Tagen. Bei Hornspänen setzt die Wirkung erst nach 8–10 Wochen ein, Rizinus-schrot (6% N). Zudem sind in diesem Zusammenhang zu erwähnen: Vinasse (7% N, Nebenprodukt aus der Zuckerrübenherstellung), Haar- oder Federmehl (13% N), Aminosäurenlösungen (55% Aminosäuren und Peptide, 9% org. N) sowie Pressrückstände aus diversen Ölsamenpflanzen (4,5–8,5% N).

N-haltige Handelsdünger werden vor allem zur Deckung eines eventuellen Frühjahrs-N-Defizits eingesetzt. Suboptimale Bedingungen in der Bodenfruchtbarkeit können nicht durch rasch verfügbare N-Dünger kompensiert werden.

### 10.5 Phosphor ( $P_2O_5$ )

#### Düngemittel

Champignonmist, Kompost, Stapelmist: Nicht oder nur flach einarbeiten.

Mineralische P-Dünger: Mitteltief bis tief einarbeiten (z.B. vor dem Pflügen).

P- und K-Ergänzungsdünger sind nur aufgrund von Bodenanalysen bei ausgewiesenem Bedarf einzusetzen (siehe Kap. 10.9). Als mineralische P-Dünger sind erlaubt: weicherdiges Rohphosphat, Aluminiumkalziumphosphat (Thomasmehl).

### 10.6 Kalium ( $K_2O$ )

#### Düngemittel

Champignonmist, Gülle, Stapelmist, Kompost, organisches Material (wie z.B. Rapsstroh, Chinaschilf, Riedschnittgut, Rindenhäcksel): Nicht oder nur flach einarbeiten.

Als mineralische K-Dünger sind erlaubt (siehe auch Tab. 22): nicht chloriertes Kalisalz z.B. Kainit, Sylvinit, Kalisulfat und Kalimagnesia (Patentkali). Mehrnährstoffdünger (etliche N-Dünger enthalten auch Kalium) und K-reiche Steinhäcker. Siehe auch Kapitel 10.2 (maximale Nährstoffzufuhr).

Vorsicht: Zu hohe Kaliumwerte im Boden fördern bei Äpfeln die Stippegefahr.

### 10.7 Kalzium (Ca)

#### Düngemittel

Verschiedene Kalkdünger sind verfügbar, die unterschiedlich stark basisch wirken (pH-Wirkung beachten) (siehe Tab. 22).

Der Einsatz von leicht löslichem Kalziumdünger (Calciumchlorid) zur Stippebekämpfung unterliegt Auflagen (siehe Kap. 10.9).

### 10.8 Magnesium (Mg)

#### Düngemittel

Gesteinsmehle und Algenprodukte (pH-Wirkung beachten). Einsatz von Magnesiumsulfat (= Bittersalz) ist an Auflagen gebunden (siehe Kap. 10.9).

Kompost, Mist, Gülle, organisches Material (wie z.B. Rapsstroh, Chinaschilf, Riedschnittgut, Rindenhäcksel): Nicht oder nur flach einarbeiten.

### 10.9 Spurenelement-, Ca- und Mg-Blattdünger und Stärkungsmittel

Im Bioanbau wird eine harmonische Pflanzenernährung über einen gesunden Boden und ein gesundes Wurzelwerk angestrebt. Blattdüngemassnahmen werden als Symptombekämpfung betrachtet und sollen eine Notmassnahme bleiben.

Blattdünger wie Magnesiumsulfat (Bittersalz) sowie Eisen-, Bor-, Mangan-, Zink- und Molybdänpräparate in Form von Sulfaten und Chelaten sowie Calciumchlorid (Produkte gemäss Hilfsstoffliste dürfen nur unter bestimmten Bedingungen und unter Meldepflicht bei der Bio-Kontrollstelle angewendet werden:

- Der Bedarf muss nachgewiesen werden. Als Bedarfsnachweis gelten: Boden- oder Pflanzenanalysen (nicht älter als 4 Jahre und von einem anerkannten Labor) oder sichtbare Mangelercheinungen oder regelmässig auftretende Schadenfälle (z.B. Stippe beim Apfel).
- Eine ausgeschiedene Kontrollparzelle (ohne Behandlung) ist vorhanden.
- Die Wirkung des Düngereinsatzes ist dokumentiert.

### 10.10 Handelsprodukte zur Bodenverbesserung

In den Bereich der Düngung gehören auch diverse so genannte Bodenverbesserer wie verschiedene Gesteinsmehle (z.B. siliziumreiches Urgesteinsmehl), Algenprodukte, Produkte auf Braunkohlebasis, «informierter» Quarzsand usw. Die bodenverbessernde Wirkung dieser Produkte ist leider selten durch neutrale Versuchsergebnisse belegt; wenn auch regelmässig von zufriedenen Praxiserfahrungen zu hören

ist. Dies ist z.B. im Falle von Algenprodukten durchaus vorstellbar, da in Algenmehlen Calcium, organische Bestandteile und viele Mikronährstoffe in einer rasch verfügbaren Form vorliegen und damit bei Bodenmikroorganismen sowie bei Pflanzenwurzeln einen Aktivierungsschub auslösen können. Zulässige Produkte sind in der Hilfsstoffliste (siehe Kap. 10.2) aufgeführt.



**Im Text sind die im Glossar definierten Worte *kursiv* gedruckt.**

AAE10	Abkürzung für chemische Bodenuntersuchungsmethode mit der 1:10-Ammoniumacetat-ET-DA-Extraktion zur Nährstoffbestimmung verfügbarer stark gebundener und leicht löslicher Nährstoffe (siehe Reservenährstoffe).
Antagonismus	Ionenkonkurrenz positiv geladener Nährstoffe. Eine (zu) hohe Konzentration eines Nährstoffes behindert die Aufnahme eines in geringerer Konzentration vorhandenen Nährstoffes.
Aufbauphase	Anbaujahre, in welchen eine Erwerbsobstanlage aufgebaut wird, bevor sie in die Vollertragsphase eintritt. Dauer je nach Standort und Anbaustrategie 2–5 Jahre.
Ausnutzung, Stickstoff-	Anteil des pflanzenverfügbaren Stickstoffes, der von der Pflanze aufgenommen und dem Boden entzogen wird. Der nicht durch die Pflanze aufgenommene pflanzenverfügbare Stickstoff kann der Auswaschung unterliegen.
Auswaschung	Nährstoffe, insbesondere Stickstoff, die aus dem durchwurzelteten Teil des Bodens mit den Niederschlägen in tiefere Schichten ausgewaschen werden. Die Auswaschung stellt einen (teilweise unvermeidbaren) Nährstoffverlust für die Kulturpflanzen und eine Belastung der Umwelt dar.
Basensättigung	Pflanzenverfügbare Vorräte an Kalium, Magnesium und Kalzium in % der Kationenaustauschkapazität.
Baumstreifen	Anteil der Obstanlage, auf dem die Bäume stehen, etwa ein Drittel der Gesamtfläche.
Bedarf, Nährstoff-	Siehe Synonym Norm und Korrigierte Norm.
Bodenlösung	Im Boden vorhandenes Wasser mit gelösten Nährstoffen, die von der Pflanze aufgenommen werden können.
Bodenprofil	Aufschluss des Bodens anhand einer Grube bis zur untersten durchwurzelteten Bodenschicht zur Beurteilung der Bodeneigenschaften.
Bodenuntersuchung	Chemische Untersuchung des Bodens auf Nährstoffe (Hauptnährstoffe ohne Stickstoff und in Ausnahmefällen Spurenelemente).
Düngung	Ausbringung der dem Nährstoffbedarf entsprechenden Nährstoffmenge zum richtigen Zeitpunkt, in der richtigen Form, an den richtigen Ort (breitflächig oder zu den Pflanzen) in der richtigen Menge.
Entzug, Nährstoff-	Die mit der Ernte vom Felde abgeführte Nährstoffmenge ohne die Ernterückstände, abhängig vom Ertragsniveau. Bei der Düngung wird die Parzelle oder der Gesamtbetrieb als Systemgrenze betrachtet, sodass innerhalb der Parzelle verbleibende Nährstoffe (Ernterückstände) nicht zum Entzug gehören.
Ernterückstände	Auf dem Felde nach der Ernte verbleibende Pflanzenteile (Blätter, verholzende Teile, Fallobst).
Erwerbsobstbau	Moderne Obstanlagen mit relativ hohen Pflanzdichten. Das Eidgenössische Schätzungsreglement definiert für alle Obstarten (ohne Strauchbeeren) 150 Bäume je Hektare als Mindestdichte ausser für Süskirschen mit 100 Bäumen je Hektare. Die Eidgenössische Begriffsverordnung (1993) definiert: «Als Obstanlagen gelten geschlossene, geordnete Anlagen mit folgenden Pflanzdichten: mindestens 300 Bäume je Hektare bei Äpfeln, Birnen, Zwetschgen, Pflaumen, Pfirsichen, Quitten, Kiwis und Holunder; mindestens 200 Bäume je Hektare bei Aprikosen; mind. 100 Bäume je Hektare bei Kirschen.»
Extraktionsmittel	Wasser mit oder ohne chemische Substanzen zum Austausch der im Boden vorhandenen Nährstoffe.
Fahrestreifen	Anteil der Obstanlage ohne Bäume, zur Bewirtschaftung und den Transport; in der Regel mit Gräsern eingesät; etwa zwei Drittel der Gesamtfläche.
Hauptnährstoffe	Stickstoff (N), Phosphor (P, Oxidform: $P_2O_5$ ), Kalium (K, Oxidform: $K_2O$ ), Magnesium (Mg), Kalzium (Ca).
Intensität	Pflanzenverfügbare Nährstoffe in der Bodenlösung; mit der Wasserextraktion angenähert erfasst.
Kapazität	Reversible Anlagerung von Nährstoffen am Boden; mit der AAE10-Methode angenähert erfasst.
Kationenumtauschkapazität (KUK)	Die Kationenaustauschkapazität (KAK) bezeichnet die Menge an Kationen, die in den Zwischenschichten von Ton-Humus-Komplexen oder Tonmineralen eingelagert bzw. an den Bruchstellen der Minerale angelagert werden können. Sie ist ein Mass für das Pufferungsvermögen des Bodens und die entsprechenden Kationenanteile.



Korrekturfaktoren	Faktoren zur Anpassung der Normdüngung an nicht optimale (Nährstoff-)Verhältnisse des Bodens, des Standortes oder der Kultur.
Korrigierte Norm	Norm korrigiert mit Korrekturfaktoren aufgrund einer nicht optimalen Nährstoffversorgung des Bodens (Hauptnährstoffe ohne Stickstoff aufgrund einer Bodenanalyse), einer nicht optimalen Entwicklung der Anlage (insbesondere auch für Stickstoff) und nicht optimaler Eigenschaften des Bodenprofils. Synonym: Nährstoffbedarf korrigiert.
Mangelercheinung	Äusserlich sichtbarer oder unsichtbarer, latenter Mangel eines Nährstoffes. Sichtbare Mangelercheinungen bilden für jede Pflanze typische Mangelercheinungssymptome aus; der latente Mangel, der häufiger vorkommt, kann höchstens durch chemische Untersuchungen und/oder Versuche festgestellt werden.
Nachhaltigkeit der Obstproduktion	Durch die Ausnutzung der natürlich vorhandenen und zugegebenen Nährstoffe wird das Ertrags- und Qualitätspotenzial der Kultur und des Standortes optimal ausgenutzt, die Nährstoffverluste werden minimiert, womit ein guter ökonomischer Erfolg ermöglicht wird.
Neuanlage	Anlage einer neuen Obstanlage auf Boden, auf dem bisher nie Obst angebaut wurde.
Norm, Düngungs-	Nährstoffbedarf für durchschnittliche Boden- und Witterungsbedingungen bei optimaler Nährstoffversorgung des Bodens und optimaler Entwicklung der Anlage zur Erzielung guter Erträge mit einwandfreier Qualität.  Die Normdüngung ist für Stickstoff immer höher als der Entzug, weil der pflanzenverfügbare Stickstoff nur teilweise durch die Pflanze aufgenommen werden kann (siehe Ausnutzung, Stickstoff). Für die übrigen Hauptnährstoffe entspricht der Entzug angenähert der Norm. Synonym: Nährstoffbedarf.
Organische Substanz	Setzt sich zusammen aus Bodenlebewesen, Pflanzenresten und Humus.
Pflanzenverfügbare Nährstoffe	Nährstoffe gemessen in der 1:10-Wasser-Extraktion gelten als sofort pflanzenverfügbar.
Physiologische Störung	Krankheit einer Pflanze, die auf eine Fehl- oder Mangelernährung zurückzuführen ist und nicht durch einen Schaderreger (Vögel, Nager, Insekten, Pilze, Bakterien, Viren) verursacht wird.
Remontierung	Wiederaufbau einer Obstanlage auf Boden, auf dem schon vorher eine Obstanlage stand.
Reservenährstoffe	Nährstoffe, die im 1:10-Ammoniumacetat-ETDA-Extrakt (siehe AAE10) neben den leicht pflanzenverfügbaren Nährstoffen enthalten sind; gelten als pflanzenverfügbar erst im Verlaufe einiger Jahre.
Spurenelemente	Bor (B), Eisen (Fe), Kupfer (Cu), Mangan (Mn), Molybdän (Mo), Schwefel (S), Zink (Zn).
Standort	Als Standort werden sämtliche Faktoren bezeichnet, welche die Verhältnisse des Standortes und den Zustand einer Kultur bei üblicher, durchschnittlicher Bewirtschaftung charakterisieren. Dazu gehören Eigenschaften des Bodens, wie Textur und Struktur, Gehalt an organischer Substanz, Wasserspeichervermögen usw., wie die Wüchsigkeit des Standortes (Intensität des Wachstums, Triebabschluss, Frostgefahr), Risiko zu physiologischen Störungen, Alternanzneigung usw.
Stickstoff, verfügbarer	Prozentualer Anteil vom anfallenden Gesamt-Stickstoff in Ernterückständen, Hof-, Abfall- und Gründüngern, welcher bei optimaler Wirtschaftsweise kurz- oder mittelfristig für die Pflanzen verfügbar ist bzw. wird. Diese Grösse ist nicht identisch mit dem ertragswirksamen Stickstoff, weil der Zeitpunkt der Verfügbarkeit sich nicht unbedingt mit dem Zeitpunkt des Bedarfes deckt.
Struktur, Boden-	Übergeordneter Zusammenhang organischer und mineralischer Bestandteile des Bodens; erwünscht ist eine gute Krümelstruktur. Synonym: Bodengefüge.
Synergismus	Positiv und negativ geladene Nährstoffe können sich bei der Nährstoffaufnahme gegenseitig fördern.
Textur, Boden-	Zusammensetzung der mineralischen Bodenbestandteile aus Ton, Schluff (Silt) und Sand.
Versorgungsstufe	Grobe Beurteilung über den Nährstoffgehalt eines Bodens für die Nährstoffe P, K, Mg und Ca.
Vollertragsphase	Phase einer Erwerbsobstanlage im Vollertrag nach Abschluss der Aufbauphase. Dauer je nach Standort und Anbaustrategie 10–15 Jahre, bevor die Erträge sinken.
Zielertrag	Ertrag an qualitativ hochwertigen Früchten, welcher in einer Erwerbsanlage nach Ablauf der Aufbauphase produziert werden soll.

- Aichner, M., and Stimpfl, E., 2001. Seasonal pattern and interpretation of mineral nutrient concentrations in apple trees. P. 89 in: Int. Symp. Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants. Meran Sept. 11-15, 2001. Book of Abstracts. ISHS, Brussels.
- Batjer, L. P., Roger, B. L., and Thompson, A. H., 1952. Fertilizer applications as related to utilisation by apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 60: 1-6.
- Bertschinger, L., Henauer, U., Lemmenmeier, L., Stadler, W., and Schumacher, R., 1997. Effect of foliar fertilizers on abscission, fruit quality and tree growth in an integrated apple orchard. Acta Horticulturae 448:43-50.
- Belger, E. U., et al. (sans date; J. P. Ryser 8.5.2002). De l'importance des oligo-éléments en agriculture. Document BASF AG, D-6700 Ludwigshafen. 57 pp.
- Bio-Suisse 2002. Richtlinien für den biologischen Landbau, Basel, Schweiz.
- Commission romande de fumure sous-commission arboricole, 1993. La fertilisation des arbres fruitières kiwis et des arbustes à baies; 1<sup>er</sup> partie: directives (révision 1993)! Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic. 25(3): 189-199.
- Deckers, T., Schoofs, H., Daemen, E., and Missotten, C., 2001. Effect of long term soil and leaf application to apple cv. Jonagold and Boskoop on Nmin in the soil and on leaf and fruit quality. Acta Hort. 564:269-282.
- Drawert, F., Heimann, W., und Rolle, K., 1970: Über Aminosäuren in Früchten und deren Verhalten während Wachstum und Reife. I. Quantitative Bestimmung von freien und gebundenen Aminosäuren in verschiedenen Früchten. Zeitschrift Lebensmittel-Untersuchung und Forschung 145, 7-15.
- Évequoz, Ch., and Bertschinger, L., 2001. Development of an interpretation scale for N-Tester- or SPAD-values from apple leaves (*Malus domestica* Borkh.) cv Golden Delicious in Switzerland. p. 92 in: Int. Symp. Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants. Meran Sept. 11-15, 2001. Book of Abstracts. ISHS, Brussels.
- Fallahi, E., Colt, W. M., Fallahi, B., and Chun, I. J., 2001. Influence of different rates of nitrogen on fruit quality, yield photosynthesis of 'Fuju' apple. Acta Hort. 564:261-268.
- FAL. Schriftenreihe 41. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau. 8046 Zürich-Reckenholz.
- Green, A., 1974. Soft fruits. Biochemistry of Fruits and Their Products, Herausgeber A. C. Hulme, Bd. 2, Academic Press, London, New York, 2. Auflage.
- Gruppe, W., 1965. Seite 846 in: Scharrer, Karl, und Linser, Hans, Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung, Springer-Verlag.
- Gut, D., Barben, E., und Riesen, W., 1995. Winterbegrünung der Baumstreifen in Apfelanlagen durch natürliche Verunkrautung. Schweiz. Zeitsch. Obst- Weinbau 131:608-610.
- Gut, D., Barben, E., Riesen, W., und Huber, J., 1997. Unkraut auf dem Baumstreifen fördert die Bodenfruchtbarkeit ohne Ertragsreduktion. Schweiz. Zeitsch. Obst- Weinbau 133:657-660.
- Gysi, Ch., Fankhauser, E., und Schumacher, R., 1983. Nährstoffversorgung und Obstqualität (relation of apple fruit quality and nutrition in orchards). Landwirtschaft. Forsch. 36, Kongressband 1983: 202-208.
- Gysi, Ch., Ryser, J.-P., Heller, W., und Arbeitsgruppe Bodenuntersuchungen in Spezialkulturen 1993. Flugschrift 129, Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil, 18 p.
- Handbuch Gemüse 2002. Verband Schweizerischer Gemüseproduzenten (VSGP), 3003 Bern.
- Hasler, A., und Hofer, H., 1975. Düngungslehre. Verlag Wirz, Aarau.
- Heller W., Husistein, A., Meli, T., Riesen, W., und Schumacher, R., 1993. Flugschrift Nr. 15, Düngung der Obstbäume. FAW 8820 Wädenswil.
- Heller, W., und Ryser, J. P., 1997a. La carence en magnésium en arboriculture. Magnesiummangel im Obstbau. Schweiz. Zeit. Obst-Weinbau 133. & Rev. Suisse Viti. Arbo. Hort 29(5), AMTRA, 1260 Nyon.
- Heller, W., und Ryser, J. P., 1997b. La carence en manganèse en arboriculture. Maganmangel im Obstbau. Schweiz. Zeit. Obst-Weinbau 133. & Rev. Suisse Viti. Arbo. Hort 29(5), AMTRA, 1260 Nyon.
- Heller, W., und Ryser, J. P., 1997c. Eisenmangelchlorose im Obstbau. Schweiz. Zeit. Obst-Weinbau 133. & Rev. Suisse Viti. Arbo. Hort 29(5), Rev. Suisse Viti. Arbo. Hort 29(5), AMTRA, 1260 Nyon.
- Huguet, C., 1980. L'alimentation des arbres et la fertilisation. Brochure Le cerisier, CTIFL, pp. 54-64.
- IFA 1992. World fertilizer use manual. Ed.: E. Wichmann. IFA, Paris: 632.
- Jacob, A., 1961. La magnésie, cinquième élément majeur de l'alimentation des plantes. Editions Dangles, 28, rue de Moscou, Paris 8ème, 243 pp.
- Liebster, G., 1961. Die Kulturheidelbeere. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- Loué, A., 1993. Oligo-éléments en agriculture (p. 65). SCPA – NATAN, 577 pp.
- Mantinger, H., 2001. Problemfall Stippe. Düngung und Fruchtqualität mit Schwerpunkt Stippe. Besseres Obst 7/2001:4-14.
- Marangoni, B., and Rombolà, A. D., 1994. Effetti del portinesto sull'accumulo di elementi minerali, acidi e carboidrati in frutti di pesco (cv. Redhaven). Proceedings II Giornata Scientifiche SOI:419-420.

- Neilsen, G. H., Parchomchuk, P., Neilsen, D., Bercard, R., and Hogue, E. J., 1995. Leaf nutrition and soil nutrition are affected by irrigation frequency and method for NP-fertigated 'Gala' apple. *J. Amer. Soc. Hort. Soc.* 120:971-976.
- Neuweiler, R., und Bak, H., 2001. Anbautechnische Kniffe gegen Rutenkrankheiten bei Himbeeren. *Schweiz. Zeitschrift Obst-Weinbau* 137:42-45.
- Pontailleur, S., 1972. Les oligo-éléments. Le document technique de la SCPA No 15. Place du Général de Gaule, F-6800 Mulhouse, p. 66.
- Porro, D., Dorigatti, D., Stefanini, M., and Ceschini, A., 2001. Use of SPAD meter in diagnosis of nutritional status in apple and grapevine. Proc. IV IS on Mineral Nutrition in Fruit. Eds. D. and G. Neilsen, B. Fallahi and F. Peryea. *Acta Hort.* 564:243-252.
- Quast, P., 1986. Düngung, Bewässerung und Bodenpflege im Obstbau. Ulmer Verlag.
- Ryser, J.-P., 1991. Fumure foliaire en grandes cultures. *Rev. Suisse Agric.* 23(6):317-320.
- Ryser, J.-P., et Pittet, J.-P., 1993. Rétention de l'azote du sol par un engrais vert. *Rev. suisse d'agriculture* Vol. 25(5): 297-301.
- Ryser, J.-P., Gysi, Ch., und Heller, W., 1995. Analyse de terre et interprétation en culture spéciales. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 27(6):365-372.
- Ryser, J.-P., 1998. Analyses de sol dans les grandes cultures et les herbages. Barème provisoire d'interprétation des résultats obtenue par extraction à l'acétate d'ammonium + EDTA 1/10. *Revue suisse d'agriculture* 30(4). P. 145.
- Ryser, J.-P. et Pittet, J.-P. 1999. Effect des fumures organiques sur les cultures et les pertes par drainage. *Rev. suisse d'agriculture* Vol. 31(6): 271-276.
- Schweizerische Arbeitsgruppe für den integrierten Obstbau (SAIO) 2001. Richtlinien für die integrierte Obstproduktion. Schweizerischer Obstverband, Zug.
- Schweizerischer Obstverband 2002. Handbuch Beeren, Ausgabe 2002, Zug, 129 S.
- Sanz, M., and Montanes L., 1995. Floral analysis: a novel approach for the prognosis of iron deficiency in pear (*Pyrus communis* L.) and peach (*Prunus persica* L. Batsch). Ed. J. Abdaia. *Iron Nutrition in Soils and Plants*, pp. 371-74. Kluwer Acad. Pub.
- Sanz, M., Belkhdja, R., Toselli, M., Montanes, L., Abadia, A., Tagliavini, M., Marangoni, B., and Abadia, J., 1997. Floral analysis as possible tool for the prognosis of iron deficiency in peach. Proc. III IS on Mineral Nutrition in Fruit. *Acta Hort.* 448:241-245.
- Schroeder, D., 1984. *Bodenkunde in Stichworten*. 4. Auflage. Verlag Ferdinand Hirt.
- Schumacher, R., und Stadler, W., 1991. Stickstoff- und Kaliumversuch bei Gravensteiner. *Schweiz. Zeit. Obst-Weinbau* 127:307-310.
- Schumacher, R., und Stadler, W., 1988. Einfluss verschiedener Bodenpflegemassnahmen auf Ertrag und Qualität von Cox Orange. *Schweiz. Zeit. Obst-Weinbau* 124:298-305.
- Schumacher, R., Fankhauser, E., Gysi, C., Oettli, C., und Stadler, W., 1981. Beurteilung der Stickstoffversorgung von Obstbäumen mit Hilfe eines Farbmessgerätes im Vergleich zu anderen Methoden. *Schweiz. Zeit. Obst-Weinbau* 117:601-609.
- Shear, C. B., and Faust, M., 1980. Nutritional ranges in deciduous tree fruits and nuts. *Horticultural Reviews* 2:142-207.
- Smith, G. S., Buwala, J. G., and Clark, C. J., 1988. Nutrient dynamics of a kiwifruit ecosystem. *Scientia Horticulturae* 37:86-109.
- Souci, S. W., Fachmann, W., und Kraut, H., 1977. Die Zusammensetzung der Lebensmittel-Nährwert-Tabellen. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart.
- Suisse-Bilanz 2001. Dokumentation. LBL, Lindau; SRVA, Lausanne.
- Tagliavini, M., Scudellari, D., Marangoni, A., Franzin, F., and Zamborlini, M., 1992. Leaf mineral composition of apple tree: sampling date and effects of cultivar and rootstock. *J. plant nutrition* 15:605-619.
- Tagliavini, M., Quartieri, M., and Millard, P., 1997. Remobilised nitrogen and root uptake of nitrate for spring leaf growth, flowers and developing fruits of pear (*Pyrus communis* L.) trees. *Plant and Soil* 195:137-142.
- USDA 1963. *Composition of Foods*. Eds: B. K. Watt and A. L. Merrill. *Agriculture Handbook* vol. 8.
- USDA 1992. *Composition of Foods*.
- Walther, U., Ryser, J. P., und Flisch, R., 2001. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau 2001 (GRUDAF). *FAL*, 8046 Zürich, und *RAC*, 1260 Nyon. *Agrarforschung* 8/6: 2001.
- Weibel, F., Bickel, R., Leutold, S., Alföldi, T., and Niggli, U., 1999. Are organically grown apples tastier and healthier? A comparative study using conventional and alternative methods to measure fruit quality. Proc. 12th International IFOAM Scientific Conference, Mar del Plata, Argentina, Nov. 15-19, 1998. IFOAM, Tholey-Theley, German, p. 147-153.
- Widmer, A., und Krebs, Chr., 1999. Was bringt die Fertigation im Vergleich zur Baumstreifendüngung? *Schweiz. Zeit. Obst-Weinbau* 135:51-522.
- Winter, F., Janssen, H., Kennel, W., Link, H., Scherr, F., Silbereisen, R., und Streif, J., 1992. *Lucas' Anleitung zum Obstbau*. Verlag Eugen Ulmer, 415 S.
- Zihlmann, U., Ackerböden standortgerecht nutzen. Hasinger, G. *Bodenbeurteilung im Felde*. *UFA Revue* 2/1993.

## ADRESSEN DER KANT. ZENTRALSTELLEN FÜR OBSTBAU

AG	Kant. Zentralstelle für Obstbau	Landw. Bildungs- und Beratungszentrum Frick	CH-5070	Frick
AI	Kant. Zentralstelle für Obstbau	–	CH-9050	Appenzell
AR	Kant. Zentralstelle für Obstbau	Landwirtschafts-Sekretariat	CH-9102	Herisau
BE	Kant. Gartenbauschule/ Fachstelle für Obst und Beeren	Oeschberg	CH-3425	Koppigen
BL	Kant. Zentralstelle für Obst- und Weinbau	Ebenrain	CH-4450	Sissach
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft	Mattenhofstr. 5	CH-3003	Bern
BS	Kant. Obstbaukommission	Lettackerweg 34	CH-4125	Riehen
FAW	Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau	–	CH-8820	Wädenswil
FiBL	Forschungsinstitut für biologischen Landbau	Ackerstrasse	CH-5070	Frick
FR	Station cantonale d'arboriculture	Grangeneuve	CH-1725	Posieux
GE	Station cantonale d'arboriculture	Case postale 123	CH-1228	Plan-les-Ouates
GL	Kant. Zentralstelle für Obstbau	–	CH-8750	Glarus
GR	Bünd. Obst- und Rebbaukommissariat	Plantahof	CH-7302	Landquart
JU	Office cantonal d'arboriculture	Courtemelon	CH-2852	Courtételle
LU	Kant. Zentralstelle für Obstbau	Centralstrasse 21	CH-6210	Sursee
NE	Station cantonale d'arboriculture c/o Service de l'économie agricole	Aurore 1	CH-2053	Cernier
NW	Kant. Zentralstelle für Obstbau und Obstverwertung	Postfach 1163	CH-6371	Stans
OW	Landw. Beratung Obstbau	Landw. Schule	CH-6074	Giswil
RAC	Station fédérale de recherches agronomiques	Fougères	CH-1964	Conthey
SG	Kant. Zentralstelle für Obstbau	Landw. Schule	CH-9230	Flawil
SH	Kant. Zentralstelle für Obst- und Weinbau	Charlottenfels	CH-8212	Neuhausen
SO	Bildungszentrum Wallierhof	Wallierhof	CH-4533	Riedholz
SOV	Schweiz. Obstverband	Baarerstr. 88	CH-6302	Zug
SZ	Kant. Zentralstelle für Obstbau	Postfach 76	CH-8808	Pfäffikon
TG	LBBZ Arenenberg, Fachstelle Obst- und Rebbau	Arenenberg	CH-8268	Mannenbach
TI	Dipartimento dell'economia pubblica/ Sezione agricoltura	Ufficio consulenza agricola	CH-6500	Bellinzona
UR	Kant. Zentralstelle für Obstbau	A Pro-Strasse 44	CH-6462	Seedorf
VD	Station cantonale d'arboriculture	Marcelin	CH-1110	Morges
VS	Office cantonal d'arboriculture	–	CH-1950	Châteauneuf
ZG	Kant. Zentralstelle für Obstbau und Obstverwertung	Schluethof	CH-6330	Cham
ZH	Kant. Zentralstelle für Obstbau und Obstverwertung	Strickhof	CH-8315	Lindau