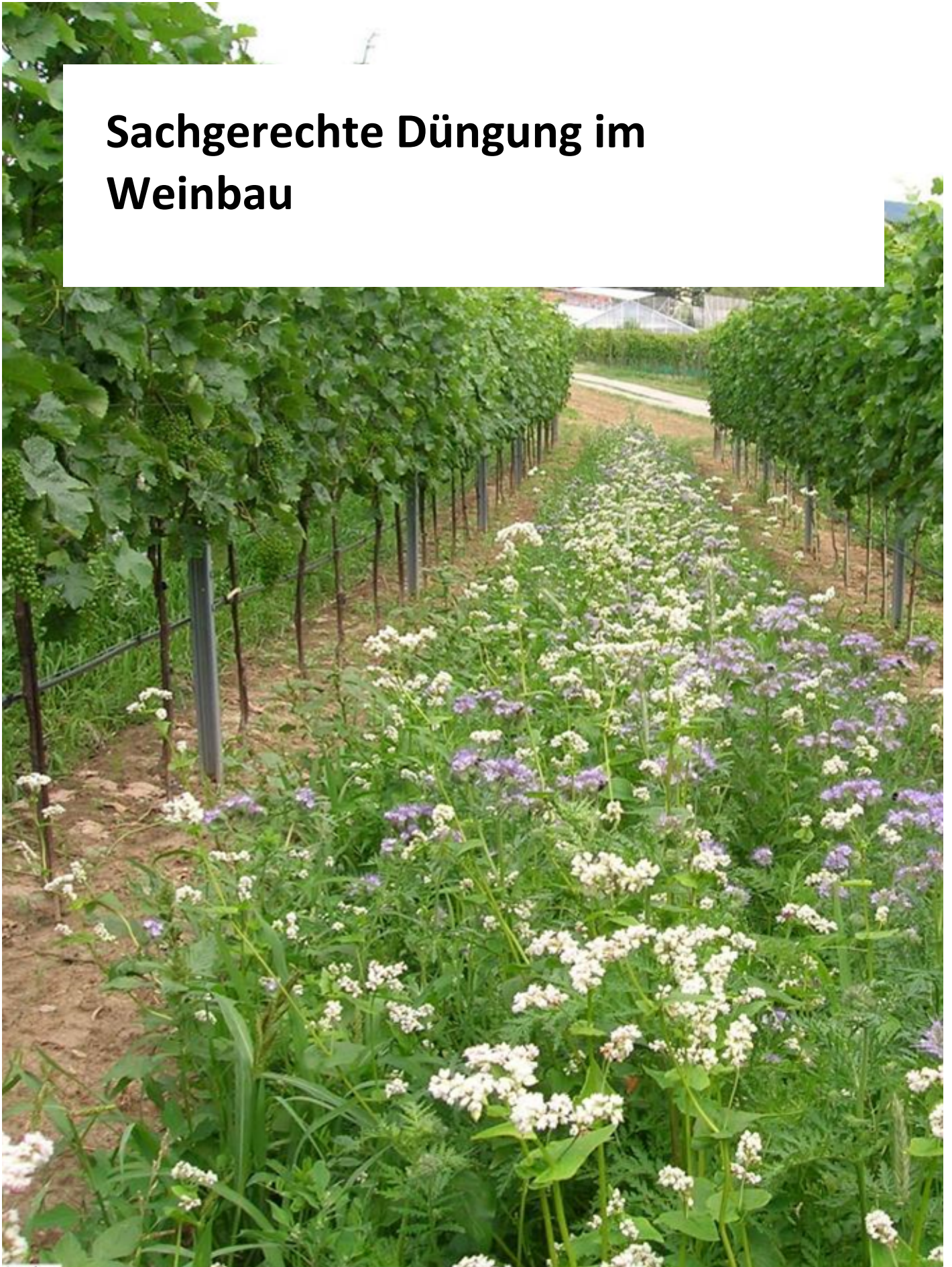


Sachgerechte Düngung im Weinbau



Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, Stubenring 1,
1010 Wien

Erarbeitet vom Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz des BML unter der Leitung von

Autorinnen und Autoren: DI Martin Mehofer, HBLA und BA für Wein- und Obstbau

Klosterneuburg, Institut Weinbau und Dr. Andreas Baumgarten, AGES, Institut für Nachhaltige

Pflanzenproduktion und unter Mitarbeit von: DI Florian Faber, HBLA und BA für Wein- und

Obstbau Klosterneuburg, Ing. Erhard Kühner, Wein- und Obstbauschule Krems, Daniel Pachinger,

Landwirtschaftskammer Burgenland, Ing. Anton Palkowitsch, Landwirtschaftskammer Burgenland,

Ing. Martin Palz, Landwirtschaftskammer Steiermark, Dr. Ferdinand Regner, HBLA und BA für

Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Franz-Joseph Stift, Landwirtschaftskammer Niederösterreich,

DI Claudia Winkovitsch, Landwirtschaftskammer Burgenland und DI Wilhelm Wunderer, HBLA und

BA für Wein- und Obstbau Klosterneuburg

Layout: Cornelia Müller und Benjamin Steiner BML II/5

Bildnachweis (Abbildungsnummer): K. Bauer†: 1, 2, 31, 33, 34, 35, 39, 43, 49, 53, 59, 60; A.

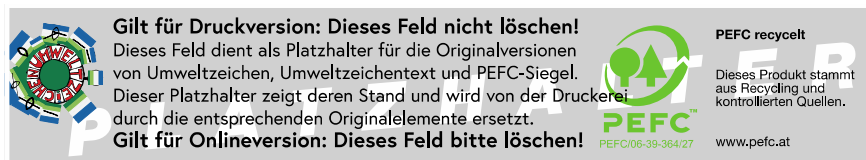
Fardossi†: 5, 6, 10, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 29, 30, 32, 37, 44, 48, 57, 58; K. Hanak: 55, 56, 76, 77,

79; M. Mehofer: 36, 40, 41, 50, 51, 52, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 71 (entspricht auch dem

Deckblattfoto), 72, 74, 75, 78, 81, 82, 83, 84; H. Redl†: 42; B. Schmuckenschlager: 64, 65; C.

Winkovitsch: 18, 38, 54, 73, 80; AGES: 61; Quelle unbekannt: 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19,

25, 27, 28, 45, 46, 47



3. Auflage

Wien, 2024. Stand: 16. Oktober 2024

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft und der Autorin / des Autors ausgeschlossen ist.

Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin / des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

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

Vorwort



Mag. Norbert Totschnig, MSc

Gesunde Böden und sauberes Wasser sind wichtige Voraussetzungen für die Produktion qualitativ hochwertiger Lebensmittel. Daher muss verantwortungsvoll mit diesen natürlichen Ressourcen umgegangen werden. Eine nachhaltige, den Boden schonende und die Bodenfruchtbarkeit fördernde Wirtschaftsweise ist für eine erfolgreiche und nachhaltige weinbauliche Produktion von großer Bedeutung. Die Broschüre zur sachgerechten Düngung im Weinbau des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz soll als Unterstützung dazu dienen. Ergebnisse aus Bodenuntersuchungen dienen der optimalen Gestaltung der Rebenernährung und zur Verbesserung des Bodenmanagements. Aufbauend auf diesen Analysen und den neuesten Erkenntnissen aus Wissenschaft und Praxis wurde die Broschüre überarbeitet und aktualisiert. Im Sinne der nachhaltigen Produktion soll sie helfen, den Einsatz von Düngemitteln und Ressourcen zu optimieren und die Bodenfruchtbarkeit weiterhin intakt zu halten. Außerdem soll damit ein Beitrag zur vollen Ausschöpfung des Potentials des Terroirs der österreichischen Weinrieden geleistet werden.

Norbert Totschnig
Bundesminister

Inhalt

Vorwort	3
1 Rebenernährung	7
1.1 Reben benötigen essentielle Makro- und Mikronährstoffe.....	7
1.2 Auf den Standort kommt es an – Bodenfruchtbarkeit ist ein Hauptziel für nachhaltige Produktivität.....	8
1.3 Bodeneigenschaften sind Schlüsselfaktoren im Ökosystem Weingarten.....	8
1.4 Nährstoffe: Aufnahme, Funktion, Mangel- und Überschusserscheinungen an der Rebe.....	9
1.4.1 Stickstoff (N)	10
1.4.2 Phosphor (P)	15
1.4.3 Kalium (K).....	16
1.4.4 Magnesium (Mg).....	22
1.4.5 Calcium (Ca), Kalk (CaCO ₃).....	27
1.4.6 Schwefel (S).....	30
1.4.7 Bor (B)	31
1.4.8 Eisen (Fe).....	33
1.4.9 Mangan (Mn)	35
1.4.10 Kupfer (Cu)	36
1.4.11 Zink (Zn)	37
1.4.12 Molybdän (Mo)	39
1.5 Wirkung der Nährstoffe auf Wachstum und Ertragsbildung.....	39
1.5.1 Mögliche Wechselwirkungen zwischen den Nährstoffen	40
1.5.2 Jahreszeitlicher Verlauf der Nährstoffaufnahme	41
1.5.3 Stickstoffaufnahme.....	42
1.6 Nährstoffkreislauf	43
1.7 Nährstoffbedarf und Nährstoffentzug der Rebe – Nährstoffbilanz	43
1.8 Physiologische Störungen	45
1.8.1 Chlorose (Gelbsucht)	45
1.8.2 Stiellähme	51
1.8.3 Traubenwelke	54
2 Bodenuntersuchung	62
2.1 Kriterien der Bodenuntersuchung.....	62
2.1.1 Bodenreaktion (Säuregrad, pH-Wert)	62
2.1.2 Bodendauereigenschaften.....	64
2.2 Entnahme der Bodenproben	72

2.2.1 Auswahl der Fläche	73
2.2.2 Maximale Flächengröße	74
2.2.3 Zeitpunkt der Probenahme	74
2.2.4 Probenahmeverfahren, Entnahmetiefe	74
2.2.5 Probemenge	79
2.2.6 Probenlagerung, Probentransport	79
2.2.7 Prüfauftragsformular – Erhebungsbogen	79
2.3 Auswahl der Untersuchungsparameter	80
2.3.1 Grunduntersuchung für den Weinbau	80
2.3.2 Erweiterte Untersuchungen für den Weinbau	80
2.3.3 Bodendauereigenschaften	81
3 Interpretation der Bodenanalyse und Düngung	84
3.1 Einstufung der Bodenuntersuchungsergebnisse	84
3.1.1 Einstufung von pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium	84
3.1.2 Einstufung der Magnesiumgehalte	91
3.1.3 Einstufung der Spurenelemente: Bor, Kupfer, Zink, Mangan und Eisen	92
3.1.4 Abschätzung der Stickstoffnachlieferung	93
3.1.5 Bodenuntersuchungszeugnis / Prüfbericht – Düngeempfehlung	94
3.1.6 Düngeempfehlung für Ober- und Unterboden	97
3.2 Erläuterungen zur Düngung und Düngewirkung	97
3.3 Aufdüngung/Vorratsdüngung und Bodenvorbereitung vor der Pflanzung	98
3.3.1 Erfassen der Bodendauereigenschaften	98
3.3.2 Aufdüngung/Vorratsdüngung	99
3.3.3 Tiefenbearbeitung mit Durchmischung	100
3.3.4 Tiefenbearbeitung mit geringer Durchmischung	103
3.4 Erhaltungsdüngung – Ergänzungsdüngung	104
3.4.1 Stickstoffdüngung	104
3.4.2 Kalium- und Phosphordüngung	117
3.4.3 Magnesiumdüngung	122
3.4.4 Calciumdüngung	124
3.4.5 Schwefeldüngung	125
3.4.6 Düngung mit Spurenelementen	125
3.4.7 Borddüngung	126
3.4.8 Düngung mit weiteren Spurenelementen	126
4 Düngemittel	128
4.1 Organische Dünger (Wirtschaftsdünger)	128
4.1.1 Gründüngung / Begrünung	129

4.1.2	Stalldünger / Wirtschaftsdünger	139
4.1.3	Stroh, Rindenmulch und Holzhäcksel (Reisig Häcksel, Grünguthäcksel).....	141
4.1.4	Rebschnitt Holz und Ernterückstände	144
4.1.5	Kompost	144
4.1.6	Organische Handelsdünger.....	149
4.1.7	Pflanzenstärkungsmittel und Pflanzenhilfsmittel.....	151
4.2	Anorganische Dünger (Mineraldünger).....	152
4.3	Blattdünger	156
4.3.1	Nährstoffaufnahme	156
4.3.2	Anwendungszeitpunkt der Blattdünger	157
4.3.3	Beispiele für Blattdünger	157
5	Blattanalysen	160
6	Gesetzliche Rahmenbedingungen des Düngungsmanagements	163
6.1	Gesetze und Verordnungen in der geltenden Fassung	163
6.2	Weitere Richtlinien zur sachgerechten Düngung	163
7	Untersuchungsanstalten für Boden- und / oder Blattproben	165
	Tabellenverzeichnis.....	167
	Abbildungsverzeichnis.....	170
	Literaturverzeichnis	174

1 Rebernährung

Zum Fachgebiet Rebernährung gehören drei Kernbereiche: Die Beeinflussung des Ertrages in Menge und Qualität, der Mineralstoffwechsel der Rebe und die ökologischen Aspekte, in denen die Grundlagen für die fachgerechte Düngung im Weinbau berücksichtigt werden.

1.1 Reben benötigen essentielle Makro- und Mikronährstoffe

Stabile, angemessene Erträge, gesunde Trauben und hohe Weinqualitäten setzen die Erfüllung einer ganzen Reihe von Bedingungen voraus. Wechselwirkungen zwischen mehreren Faktoren wie Bodenart, Geländeform, Klima, Rebsorte und Kulturmaßnahmen erlauben es, spezifische und identifizierbare Weine zu keltern. In diesem Fall spricht man vom Terroir-Effekt. Aus der Sicht der Rebernährung spielt die Kenntnis der funktionellen Zusammenhänge zwischen Boden, Pflanze und Umweltfaktoren eine wichtige Rolle. Dadurch können eventuelle ökonomische Nachteile für die weinbauliche Praxis vermieden werden. Eine Nährstoffzufuhr im Übermaß ist nicht nur unwirtschaftlich, sie kann auch negative Auswirkungen auf die Pflanzen und die Umwelt auslösen. Andererseits bringen unterversorgte Pflanzen nur unzureichende Erträge und minderwertige Qualitäten. Hauptziel der modernen Rebernährung ist daher, Wege zur Optimierung der Düngemengen im Einklang mit der Bodenfruchtbarkeit, der Ertragsoptimierung und Qualitätsverbesserung zu finden. Die Qualitätskriterien Gesundheit der Trauben, Mostgewicht, Säuregehalt, Extrakt, Farbintensität, Aromastoffe und Phenole werden direkt oder indirekt von der Nährstoffversorgung bzw. Düngung beeinflusst. Im Rahmen dieser Broschüre werden vor allem die Aspekte der Rebernährung aufgrund von Boden- und Pflanzenanalysen vorgestellt und unter dem Gebot eines qualitätsorientierten und umweltschonenden Weinbaus behandelt.

Für eine optimale Ernährung der Rebe müssen die essentiellen Makro- und Mikronährstoffe im Boden in aufnehmbarer Form vorliegen, mengenmäßig ausreichend vorhanden sein und in einem ausgewogenen Verhältnis zueinanderstehen. Der Nährstoffbedarf sollte während der gesamten Vegetationsperiode gesichert sein (auch bei Spitzenbedarf und in Stress-Situationen). Werden diese Anforderungen nicht erfüllt – etwa durch erschwerte Aufnahmebedingungen oder in der Düngepraxis durch falschen Einsatz von Düngemitteln nicht beachtet, so wird das Auftreten von Stoffwechselstörungen bei der Rebe sehr wahrscheinlich. Dazu zählen die Chlorose, die Stiellähme und die Traubenwelke sowie Wachstumsdepressionen

und Qualitätsminderungen. Dementsprechend können ernste und weitreichende Schäden entstehen. Um dies zu vermeiden, sind die dem Boden durch die Traubenernte entzogenen Mineralstoffe zu ergänzen.

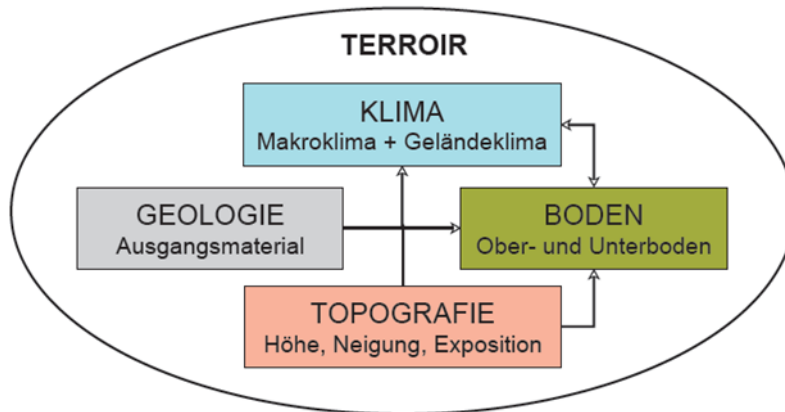
1.2 Auf den Standort kommt es an – Bodenfruchtbarkeit ist ein Hauptziel für nachhaltige Produktivität

Jeder Standort besitzt eine standortspezifische Produktivität, die durch Bodenpflege- und Düngungsmaßnahmen unterstützt werden kann. Bei allen Pflegemaßnahmen sind die standortbedingten Gegebenheiten zu berücksichtigen (Humusanreicherung, Erosionsschutz, Bodenbedeckung, Gründüngung). Die fachgerechte Bodenvorbereitung und Vorratsdüngung vor der Neuauspflanzung eines Weingartens sind für die nachhaltige Produktivität von besonderer Bedeutung.

1.3 Bodeneigenschaften sind Schlüsselfaktoren im Ökosystem Weingarten

Der Boden beeinflusst durch seinen Wasserhaushalt, seine Temperaturverhältnisse, seine Struktur, sein Bodenleben, seinen Lufthaushalt und sein Angebot an Nährstoffen den Charakter und die Qualität des Weines. Der Haupteinfluss des Bodens auf die Weinqualität erfolgt über die Versorgung mit Nährstoffen. Ausreichend und regelmäßig gedüngte Böden erbringen gehaltvollere Weine. Weiters wird die Qualität und Quantität durch die anderen Standortfaktoren mitbeeinflusst. Die Standortfaktoren und alle Pflegemaßnahmen sind immer als Gesamtsystem mit seinen Wechselwirkungen zu sehen. In Frankreich wird dafür der Begriff Terroir verwendet. Terroir heißt wörtlich übersetzt so viel wie Boden, Herkunft, Heimat. Im Weinbau ist damit das komplexe Zusammenspiel vom geologischen Ausgangsmaterial, der Topographie (Lage), dem Klima und dem Boden gemeint.

Abbildung 1: Wechselwirkungen zur Umschreibung des Begriffes „Terroir“ (nach Hoppmann und Löhnertz)



1.4 Nährstoffe: Aufnahme, Funktion, Mangel- und Überschusserscheinungen an der Rebe

Einteilung

In der Pflanzenernährung unterscheidet man zwischen Massennährstoffen, Hauptnährstoffen und Spurenelementen. Die Massennährstoffe sind Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O). Sie stammen aus der Luft (CO₂, O₂) und aus dem Wasser (H₂O) und sind Hauptbestandteil pflanzlicher organischer Verbindungen (Biomasse). Die Hauptnährstoffe (Makronährstoffe) sind Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg) und Schwefel (S). Sie werden von den Pflanzen vorwiegend aus dem Boden in gelöster Form (Bodenlösung) und in relativ größerer Menge aufgenommen. Die Spurenelemente (Mikronährstoffe) werden im Gegensatz zu den Hauptnährstoffen nur in geringen Mengen benötigt. Ihr Wirkungsgrad ist im Vergleich zu den Hauptnährstoffen sehr hoch. Im Weinbau sind Bor (B), Eisen (Fe), Zink (Zn), Mangan (Mn), Kupfer (Cu) und Molybdän (Mo) von Bedeutung.

Aufnahme der Nährstoffe

Die Rebe kann die Nährstoffe sowohl durch die Wurzel, als auch über das Blatt aufnehmen.

Aufnahme durch die Wurzel

Die Aufnahme von Wasser und Mineralstoffen erfolgt hauptsächlich im Bereich der Wurzelspitzen. Stressfaktoren wie Trockenheit, Staunässe, Bodenverdichtung, Sauerstoffmangel und hohe Salzkonzentrationen können das Spitzenwachstum der Wurzeln beeinträchtigen. Unter solchen Umständen nehmen die Reben nicht immer die Nährstoffe beziehungsweise die Menge an Nährstoffen auf, die sie tatsächlich benötigen. Das führt häufig zu Ungleichgewichten im Nährstoffverhältnis. Als Folge davon können Ernährungsstörungen wie Chlorose, Stielähme, Traubenwelke oder sonstige Mangelerscheinungen auftreten. Die Tiefe der Durchwurzelung eines Bodens durch die Rebe ist vom Bodenprofil, vom Wurzeltyp der verwendeten Unterlage und vom System der Bodenpflege abhängig. Bei der Nährstoffaufnahme über die Wurzel dominiert die Aufnahme als Ion (z. B. Kalium, Nitrat). Bei einem bestimmten Nährstoff hängen Intensität und Umfang der Aufnahme durch die Wurzel vom Vorrat des Nährstoffes im Boden und von dessen Verfügbarkeit ab. Die verschiedenen Unterlagsreben haben ein unterschiedliches Nährstoffaneignungsvermögen (Nährstoffeffizienz).

Aufnahme über das Blatt

In der Fotosynthese ist die Aufnahme von Kohlendioxyd (CO_2) über die Spaltöffnungen eine grundlegende Voraussetzung. Prinzipiell sind die Blätter in der Lage, Nährstoffe aus stark verdünnter Lösung aufzunehmen. Diese Aufnahme über das Blatt ist in der Praxis bei der Blattdüngung von Bedeutung. Die Aufnahme der gelösten Nährstoffe erfolgt über die Stomata (Spaltöffnungen), die Kutikula, polare Poren und andere Blatt- und Fruchtstrukturen.

Wirkung der Nährstoffe

Die Massennährstoffe Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff sind Hauptbestandteil der organischen Masse (Fotosynthese). Die Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium und Schwefel sowie die Spurennährstoffe Bor, Eisen, Zink, Mangan, Kupfer und Molybdän haben auf das Wachstum der Rebe unterschiedliche Wirkungen und werden im folgenden Abschnitt beschrieben. Dabei ist zu beachten, dass das ideale Verhältnis der Nährstoffe Stickstoff: Phosphor: Kalium 1:0,4:1,5 beträgt.

1.4.1 Stickstoff (N)

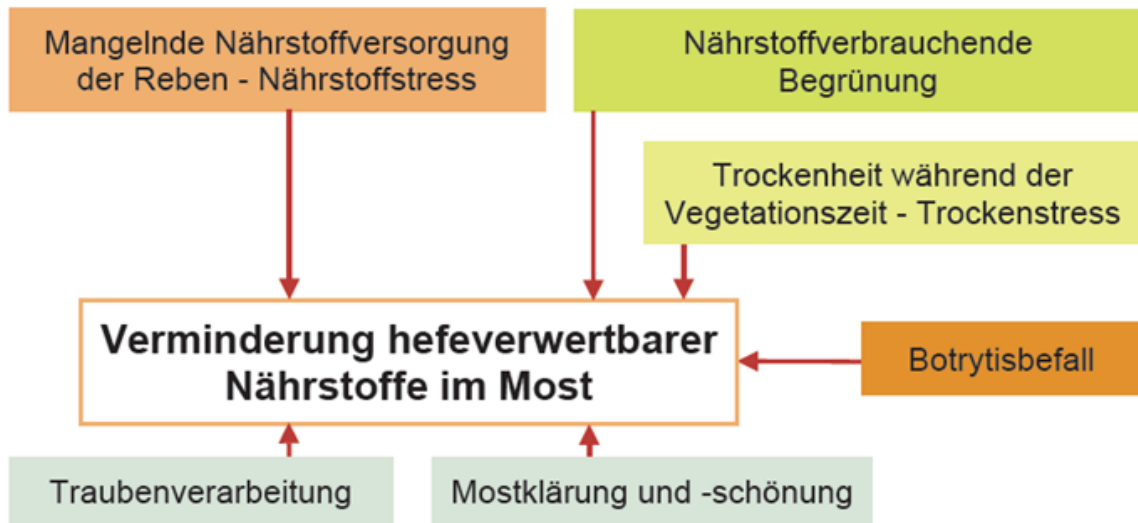
Rebwurzeln nehmen Stickstoff hauptsächlich in Form von Nitrat (NO_3^-) aber auch als Ammonium (NH_4^+) und Säureamid ($\text{NH}_2\text{-R}$) aktiv auf. Daher ist für die Aufnahme von Stickstoff

Stoffwechselenergie notwendig. Stickstoff ist Baustein aller Aminosäuren, die das pflanzliche Eiweiß bilden. Er hat den stärksten Effekt auf das Rebenwachstum, da er für die Zellentwicklung und das vegetative Wachstum ausschlaggebend ist. Er ist in stärkerem Ausmaß an den vielfältigen biologischen Umsetzungsprozessen im Boden und in der Pflanze beteiligt. Die Mobilität von Stickstoff ist im Boden und in der Rebe sehr hoch. Die Speicherung in den Reserveorganen der Rebe, wie Holz und Wurzel, erfolgt in Form von Nitrat, Aminosäuren und Proteinen. Im Boden erfolgt die Stickstoffspeicherung hauptsächlich im Humus.

Eine zu hohe Stickstoffversorgung durch Düngung oder Mobilisierung von Stickstoff im Boden führt zu einem übermäßig starken, mastigen Wachstum, zu Reifeverzögerung, zu einem stärkeren Pilzbefall (insbesondere Botrytis) sowie zur Auslösung von physiologisch bedingten Störungen (Stiellähme, Verrieselung). Außerdem ist mit höheren Stickstoffgehalten in den Mosten und Weinen zu rechnen. Vor allem der Gehalt an freien Aminosäuren und Amiden nimmt im Verlauf der Traubenreife beachtlich zu. Die Eiweißkonzentrationen der einzelnen Rebsorten sind verschieden. Eine hohe Neigung zur Eiweißbildung zeigt unter solchen Umständen z. B. die Sorte Grüner Veltliner. Der Bedarf an Bentonit zur Eiweißstabilisierung im Wein ist dann dementsprechend hoch.

Stickstoffmangel führt hingegen neben einem reduzierten vegetativen Wachstum auch zu einer mangelhaften Einlagerung von hefeverwertbarem Stickstoff in die Trauben. Gärstörungen, Neigung zur Bockserbildung und Ausprägung des „Untypischen Alterungstones“ (UTA) sind oft die Folge. Abbildung 2 charakterisiert derzeit bekannte Einflussfaktoren auf den Gehalt an hefeverwertbaren Nährstoffen im Most.

Abbildung 2: Faktoren, die den Gehalt an hefeverwertbaren Nährstoffen im Most vermindern



Mangel an Stickstoff

- hellgrüne Blätter
- Rotverfärbung der Blattstiele und der nicht verholzten Triebe
- schwacher Wuchs
- dünne Triebe
- kleine Blätter und Trauben
- frühzeitige Laubvergilbung
- schwache Assimilationsleistung
- geringe Mostqualität (Gärverzögerungen)
- dünne Weine – untypischer Alterungston (UTA)
- schlechte Holzreife (Frostschäden)
- geringe Reservestoffeinlagerung

Überschuss an Stickstoff

- übermäßig starkes, mastiges Wachstum
- abhängig von der Verfügbarkeit des Stickstoffs: verstärktes Ausrieseln oder kompakte, dichtbeerige Trauben
- höhere Anfälligkeit gegen Pilzkrankheiten, insbesondere Botrytis
- schlechte Holzreife – geringere Winterfrostwiderstandsfähigkeit
- erhöhte Neigung zu Stiellähme

- erhöhter Aufwand bei Laubarbeiten und Rebschnitt
- erhöhte Eiweißbildung (z. B. bei Grüner Veltliner)
- Antagonismus zu Kalium durch Ammonium (NH_4^+)

Abbildung 3: Stickstoffmangel – grüngelbe Blätter, rötliche Blattstiele – Stickstoffgehalt der Blattspreiten zur Blüte = 1,5 % N (optimal 1,9–2,4 %)



Abbildung 4: Stickstoffüberschuss – Stickstoffgehalt der Blattspreiten zur Blüte = 3,6 %



1.4.2 Phosphor (P)

Phosphor wird nur als leicht lösliches Phosphat (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}) durch die Wurzel aktiv aufgenommen. Unter Mitwirkung von Mykorrhiza-Pilzen im Boden kann die Phosphoraufnahme der Rebe verbessert werden. Eine artenreiche Gründüngung, insbesondere mit Leguminosen, sowie mittelschwere Böden fördern die Mykorrhizierung der Rebwurzeln (Arbuskelbildung).

Phosphor ist bei vielen Stoffwechselfvorgängen der Pflanze notwendig (Energiehaushalt, Umwandlung von Kohlehydraten) und ist ein wichtiger Bestandteil der Eiweißsubstanz. Die Beweglichkeit der Phosphate im Boden ist sehr gering, aber in der Pflanze hoch.

Mangel an Phosphor

- dunkelgrüne bis rötliche Blätter (gebildete Stärke wird nicht verlagert)
- Starrtracht

Überschuss an Phosphor

- früher Vegetationsabschluss
- Kümmerwuchs, Kleinblättrigkeit und kurze Internodien
- geringere Erträge
- Behinderung der Kupfer-, Zink-, Mangan-, Eisen- und Kaliumaufnahme (Antagonismus)
- Chlorose wird begünstigt

Abbildung 5: Phosphormangel – Phosphorgehalt der Blattspreiten zur Blüte = 0,14 %
(optimal: 0,19–0,24)



1.4.3 Kalium (K)

Kalium spielt in der Rebernahrung eine Schlüsselrolle. Die Aufnahme erfolgt in gelöster Form als K^+ -Ion. Es ist für die Wasseraufnahme und den Wasserhaushalt wesentlich, da es quellend wirkt und das Öffnen und Schließen der Spaltöffnungen regelt. Kalium ist als wichtiges Element für viele Enzymreaktionen am Eiweiß- und Kohlenhydratstoffwechsel (Zucker- und Bukett Bildung) beteiligt. Es fördert die Trauben- und Holzreife sowie die Frosthärte. Kalium ist in der Rebe und im Wein in großer Menge vorhanden. Kaliumreiche Weine sind

gut gepuffert, d. h. die geschmackliche Wirkung der Säuren im Wein wird als weniger scharf und harmonisch empfunden.

Zwischen Stickstoff und Kalium besteht eine Beziehung sowohl hinsichtlich des Rebwachstums als auch der Traubenqualität. Eine harmonische Ernährung der Rebe mit beiden Nährstoffen muss gesichert sein. Ein zu hohes Stickstoffangebot und zu hohe Niederschläge zum Zeitpunkt der Reife können durch den Verdünnungseffekt die Kaliumwerte absenken. In einem solchen Fall bleiben die Weine dünn, Extrakt arm und schmecken sauer. Weiters können sich Wechselwirkungen mit Ammonium ergeben. Eine zu hohe Kaliumversorgung der Reben kann vor allem dann zum Problem werden, wenn das Verhältnis zwischen Kalium und Magnesium im Boden ungünstig (größer als 5:1) ist. Wird das K / Mg-Verhältnis derart verschoben, kann es zu physiologisch bedingten Störungen kommen (Stiellähme). Im anderen Fall (kleiner als 1,7:1) können durch zu hohe Magnesiumwerte im Most Bittertöne im Wein entstehen. Die Beweglichkeit von Kalium in der Rebe ist hoch, aber im Boden je nach Bodenschwere mäßig bis gering. Das Kalium wird mit dem Beginn der Holzreife in die Reserveorgane Holz und Wurzel als Kalium-Ion gespeichert.

Mangel an Kalium

- bei frühzeitigem Auftreten weisen die Blätter auf der Oberseite einen lackartigen Glanz auf
- junge Blätter zeigen einen zuerst gelben und später braunen, nach oben gewölbten Rand (Randnekrosen)
- bei Weißweinsorten bekommen alte Blätter eine violette bis schwarzbraune, bei Rotweinsorten eine rötliche Blattspreite
- bei sehr schwerem Mangel können die Blätter der Traubenzone im Juli oder August dürr werden
- schlechte Holzreife, erhöhte Winterfrostopfindlichkeit
- gestörter Wasserhaushalt – höherer Wasserbedarf der Rebe – Welke Erscheinungen
- erhöhte Krankheits- und Schädlingsanfälligkeit
- mangelnde Blüten- und Wurzelbildung
- Qualitätsminderung durch verzögerte Traubenreife, Einschrumpfen der Beeren – Traubenwelke
- Böden mit höherem Tongehalt können bei Trockenheit oder starker Feuchte das Auftreten von Kaliummangel begünstigen (Kaliumfixierung)

Überschuss an Kalium

- extremer Überschuss kann Magnesiummangel und verstärkt Stielähme auslösen
- Säurewert im Most wird verringert und pH-Wert wird erhöht

Abbildung 6: Kaliummangelsymptome an den Blättern



Abbildung 7: Kaliummangelsymptome an den Blättern



Abbildung 8: Kaliummangel – tritt immer zuerst an den älteren Blättern der Traubenzone auf



Abbildung 9: Sehr starker Kaliummangel



Abbildung 10: Verdeckter Kaliummangel bei Zweigelt Anfang Juli, Kaliumgehalt der Blattspreiten 0,6 % (optimal 1,2-1,4 %)



Abbildung 11: Sichtbarer Kaliummangel an den Blatträndern bei Zweigelt Mitte Juli, Kaliumgehalt der Blattspreiten 0,5 % (optimal 1,2-1,4 %)



Abbildung 12: Kaliummangel bei Zweigelt Mitte August, Kaliumgehalt der Blattspreiten 0,4 %



Abbildung 13: Kaliummangelsymptome bei Zweigelt Ende August an Trauben und Blättern, Kaliumgehalt der Blattspreiten 0,3 %



1.4.4 Magnesium (Mg)

Die Aufnahme von Magnesium erfolgt aktiv über die Wurzel in gelöster Form als Mg^{2+} -Ion und als Magnesium-Chelat. Es hat die größte Bedeutung als Baustein des Chlorophylls (Blattgrün) und ist auch für den Energie-, Kohlenhydrat- und Fettsäurestoffwechsel wesentlich. Es steuert mit Kalium den Wasserhaushalt der Reben. Böden mit höherem Kalkgehalt begünstigen das Auftreten von Magnesiummangel. Das Verhältnis zwischen den Nährstoffen Kalium und Magnesium (in mg Element/1.000 g Boden) sollte zwischen 1,7:1 und 5:1 liegen. Der Optimal Wert liegt bei etwa 2:1. Ein zu weites Kalium / Magnesiumverhältnis (weiter als 5:1) kann zu Mangelsymptomen führen. Junge Rebstocke haben noch ein schlechtes Aneignungsvermögen. Als Zeigersorten für Magnesiummangel gelten Welsch Riesling, Gelber Muskateller, Muskat Ottonel und die Unterlage 125 AA. Sehr hoher Magnesiumgehalt im Boden kann die Kaliumaufnahme beeinträchtigen. Bei sehr hohem Kaliumgehalt im Boden kann durch induzierten Magnesiummangel eine verstärkte Neigung zur Stiehlähme bestehen. Die Mobilität des Magnesiums in der Pflanze ist hoch, im Boden von der Bodenschwere abhängig. Auf leichten Böden wird Magnesium ausgewaschen. Der optimale Magnesiumanteil an der Kationenaustauschkapazität (KAK) liegt für Reben bei 8–12 %.

Mangel an Magnesium

- Gelbverfärbung bzw. auch Rotverfärbung bei roten Sorten der Interkostal Felder (Blattfläche zwischen den Blattadern) der unteren alten Blätter (Traubenzone)
- an den Blattadern bleiben breite keilförmige grünliche Streifen
- Stielähme
- höhere Frostanfälligkeit
- Ausrieseln der Blüten – geringere Erträge
- höhere Krankheitsanfälligkeit
- verminderte Reservestoffeinlagerung
- Verwechslung mit Blattrollsymptomen aufgrund von Virus- oder Stolburbefall (vgl. Abb. 15) möglich

Abbildung 14: Linker Stock – Blatt mit Magnesiummangelsymptomen; Rechter Stock: Blatt mit Schadsymptomen aufgrund von Stolburbefall



Abbildung 15: Magnesiummangel – Mg-Gehalt der Blattspreite = 0,13 %
(optimal 0,25–0,5 %)



Abbildung 16: Stiellähme



Abbildung 17: Magnesiummangel: Gelbverfärbung der Interkostal Felder bei einer Rotweinsorte



Abbildung 18: Magnesiummangel bei einer Weißweinsorte – die Symptombildung beginnt immer an den älteren Blättern



Abbildung 19: Typische Magnesiummangelsymptome bei einer Rotweinsorte



Abbildung 20: Magnesiummangelsymptome bei Welsch Riesling auf 125 AA



Abbildung 21: Keine Magnesiummangelsymptome bei Welsch Riesling auf 1103 P (höheres Mg-Aufnahmevermögen) am selben Standort wie in Abbildung 21



Überschuss an Magnesium

- Antagonismus zu Kalium: bei extremem Überschuss können in der Traubenzone Kaliummangelsymptome auftreten
- Erhöhung des pH-Werts
- Erhöhung des Magnesiumgehalts in den Reben bei starkem Kaliummangel im Boden
- Antagonismus zu Calcium: Insbesondere wenn der Magnesiumanteil an der Kationenaustauschkapazität über 15 % liegt, ist die ausgewogene und günstige Verteilung der Kationen Ca, Mg und K beeinträchtigt; dabei können die für Calciummangel anfälligen Rebwurzeln geschädigt werden.
- Auftreten von Chlorose Erscheinungen
- Neigung zur Entstehung von Bittertönen im Most und Wein

1.4.5 Calcium (Ca), Kalk (CaCO₃)

Calcium wird als Ca²⁺-Ion und in Form von Calcium-Chelat durch die Wurzel passiv aufgenommen und mit dem Transpirationsstrom transportiert. Es ist Bau- (z. B. Zellwand) und Funktionselement und wird damit für Wasserhaushalt, Längenwachstum, Zellvermehrung,

Zellstreckung, Wurzelwachstum und Wachstum der Pollenschläuche benötigt. Die Mobilität von Calcium in der Pflanze ist sehr gering, im Boden je nach Bodenart mäßig. Der positive Einfluss von Calcium wird auch auf die Bildung von Zellwandverstärkungen und den dadurch erhöhten Widerstand gegen Schädlinge zurückgeführt.

Der Kalkgehalt des Bodens ist nicht ausschließlich für die Calciumversorgung verantwortlich. Auf kalkfreien Standorten wird der Calciumbedarf durch Nachlieferung aus den Tonmineralien sichergestellt. Der Kalkgehalt hat aber dennoch wesentliche Auswirkungen auf die Nährstoffverfügbarkeit, da er für den pH-Wert des Bodens wesentlich ist. Der optimale Anteil von Calcium an der Kationenaustauschkapazität liegt für Reben auf kalkhaltigen Böden bei 80–90 %.

Mangel an Calcium

- Vergilbungen zwischen den Blattadern, Einrollen der Blätter nach oben, frühzeitiger Blattfall
- punktförmige Absterbe Erscheinungen (Säurenekrosen) vor allem auf den jungen Blättern
- Calciummangel tritt im Weinbau sehr selten auf (Ausnahme bilden saure Böden)
- bei einem Calciumanteil an der Kationenaustauschkapazität von unter 60 % sind besonders bei schweren Böden oft Strukturschäden feststellbar
- Beeinträchtigung des Wurzelwachstums und Wuchsstagnation der Reben

Überschuss an Calcium

- Chlorose wird oft durch zu hohe Hydrogencarbonatgehalte im Boden ausgelöst
- Behinderung der Magnesium-, Kalium- und Spurenelementaufnahme
- Calciumanteil an der Kationenaustauschkapazität über 90 %
- unterschiedliche Kalkverträglichkeit von Unterlagen- und Edelsorten beachten

Abbildung 22: Die Unterlagsrebsorte „Börner“ (*Vitis Riparia* x *Vitis Cinerea*) ist gegen Staunässe und höheren Kalkgehalt empfindlich – Chlorose



Abbildung 23: Unter denselben Bedingungen wie „Börner“ und Riparia Portalis zeigt die Unterlagsrebsorte SO 4 (*Vitis Berlandieri* x *Vitis Riparia*) keine Chlorose



Abbildung 24: Die Unterlage Riparia Portalis ist gegen hohen Kalkgehalt sehr empfindlich – Chlorose



1.4.6 Schwefel (S)

Schwefel wird in Form des Sulfat-Ions (SO_4^{2-}) aktiv durch die Rebwurzel aufgenommen. Auch die Aufnahme in Form von SO_2 über das Blatt ist möglich. Schwefel ist am Aufbau der essentiellen Aminosäuren (Cystein, Methionin), von Eiweiß und Vitaminen (Biotin, Thiamin) beteiligt. Die Beweglichkeit des Schwefels in der Pflanze ist mäßig. Durch die Anwendung von schwefelhaltigen Düngern (z. B. Kaliumsulfat) und Pflanzenschutzmitteln (Netzschwefelpräparate) besteht meist weder Mangel noch Überschuss, was durch zahlreiche Blattanalysen bestätigt wurde.

Mangel an Schwefel

- gehemmtes Triebwachstum und Kleinblättrigkeit
- Starrtracht
- bei den jüngeren Blättern färben sich die Blattspreiten blassgrün bis gelb – in der Folge entstehen Blattnekrosen
- Schwefelmangel kann mit Stickstoffmangel verwechselt werden
- Schwefelmangel ist in Weingärten bisher unbekannt

Überschuss an Schwefel

- nicht bekannt

Spurennährstoffe

Spurenelemente werden in weit geringeren Mengen als die Hauptnährstoffe aufgenommen. Sie haben im Stoffwechsel eine Vielzahl von lebenswichtigen Funktionen und sind für eine normale Rebenentwicklung ebenso mitentscheidend. Eine Spurenelementdüngung sollte erst dann erfolgen, wenn eine richtige Diagnose erstellt wurde. Diese ist über sichtbare Mangelsymptome oder auf Basis einer Bodenuntersuchung bzw. Blattanalyse möglich. Die Folgen einer Überversorgung mit Spurenelementen sind schwerer zu beseitigen als ein Mangel.

1.4.7 Bor (B)

Bor wird als Borat (H_3BO_3) über die Wurzel passiv aufgenommen und ist für die Blüten- und Fruchtbildung wichtig. Die Beweglichkeit des Bors in der Rebe ist gering. Bor wird in Form von Ester mit pflanzeigenen alkoholischen Gruppen transportiert und als Borat gespeichert. Je stärker das vegetative Wachstum der Reben (Stickstoffüberschuss) ist, umso früher und stärker kann Bormangel auftreten (besonders bei zu Verrieselung neigenden Rebsorten).

Mangel an Bor

- schwacher Wuchs – Besenwuchs
- Gelbverfärbungen zwischen den Blattadern
- Blattdeformationen (Blattaufwölbungen, Blattzerreißen und Absterben der Blätter vom Blattrand her)
- Triebdeformationen – Triebe sind unregelmäßig gegliedert oder gestaucht
- Absterben der Triebspitzen und Ranken
- Gescheine verrieseln mehr oder weniger stark – verringerter Ertrag
- verdickte, braun verfärbte Wurzelspitzen

Auf Böden mit hohem Kalkgehalt tritt Bormangel häufiger auf, denn Bor wird vom Kalk leicht gebunden und damit festgelegt. Die Festlegung auf feinerdereichen, bindigen Böden wird bei Trockenheit begünstigt (Trockenfixierung). Bormangel hängt auch damit zusammen, dass Bor

in leichten Böden ausgewaschen und in schweren Böden und bei Trockenheit an den Tonmineralen festgelegt wird. Bei starkem vegetativem Wachstum der Reben insbesondere aufgrund von Stickstoffübersversorgung kann Bormangel früher und stärker auftreten.

Überschuss an Bor

- Erscheinungsbild gleicht dem eines Bormangels
- in größerer Menge wirkt Bor toxisch

Abbildung 25: Bormangel am Blatt – Blätter rollen nach unten und zeigen mosaikartige Aufhellungen



Abbildung 26: Verrieselungsschaden durch Bormangel



1.4.8 Eisen (Fe)

Eisen wird als Fe^{2+} (Fe^{3+}) und als Fe-Chelat über die Wurzel aktiv aufgenommen. Es ist für die Chlorophyllbildung und den Wachstumsprozess wichtig. Lichtabhängige Prozesse der Photosynthese werden durch Valenzwechsel des Eisens gesteuert (Energieübertragung). Die Beweglichkeit des Eisens in der Pflanze ist gering. Seine Verfügbarkeit im Boden wird häufig durch Hydrogencarbonatanreicherung gehemmt (Chlorose).

Mangel an Eisen

- Chlorose (Blattvergilbung)
- tritt verstärkt auf verdichteten tonreichen Böden bzw. auf kalkreichen Standorten auf
- Phosphorüberangebot, Humusarmut sowie Kupferüberschuss können die Chlorose Symptome verstärken
- mangelnde Triebentwicklung und Holzreife
- verstärktes Verrieseln der Blüte
- Wurzeln kurz mit vielen Verzweigungen, Braunverfärbung der jungen Seitenwurzeln

Überschuss an Eisen

- bei Reben in der Praxis nicht bekannt
- bei sehr hohem Eisengehalt im Boden kann das Eisen in Form von Eisenoxyd, Eisenphosphat oder Eisencarbonat an der Wurzeloberfläche ausgefällt werden
- Gerbstofffällungen insbesondere bei Rotwein

Abbildung 27: Chlorose – vergilbtes Blatt mit grünen Blattadern



Abbildung 28: Chlorose – Blattvergilbungen beginnend von der Triebspitze



1.4.9 Mangan (Mn)

Mangan wird als Mn^{2+} -Ion oder als Mn-Chelat aktiv über die Wurzel aufgenommen und ist für die Aktivierung einer Reihe von Enzymen wichtig (Regulation des Wuchsstoffhaushaltes, Wasserspaltung bei der Fotosynthese). Die Mobilität des Mangans in der Pflanze ist mäßig und es besteht eine enge Beziehung zwischen dem Magnesium- und Manganstoffwechsel in der Pflanze (Phytohormone). Außerdem besteht auch eine antagonistische Wechselwirkung zwischen Mangan und Eisen. Manganüberschuss tritt vor allem auf sauren Böden und bei Staunässe also unter anaeroben Bedingungen auf.

Mangel an Mangan

- Blattvergilbungen ähnlich den Magnesiummangelsymptomen, Gelbverfärbung nicht so intensiv
- Blattflächen zwischen den Hauptadern sind von perlschnurartigen (netzartigen) Vergilbungen durchzogen
- bei roten Sorten können zu Sommerbeginn die ersten Veränderungen festgestellt werden; das Blattgewebe zwischen den Adern verblasst zunächst, worauf sich eine Marmorierung, die aus zahlreichen gelb gefärbten Flächen besteht, bildet. Sie füllt die Interkostal Felder, lässt aber einen grünen Saum entlang der Adern übrig; allmählich verfärben sich die Blätter mehr oder weniger rötlich – in der Folge erscheinen Nekrosen an den Rändern ausgewachsener Blätter
- stärkere Ausprägung der Symptome an der Sonnenseite
- Hemmung der Manganaufnahme auf kalkreichen Böden
- Die Symptome können durch jene der Kalkchlorose überdeckt werden.

Überschuss an Mangan

- Symptome ähnlich wie Magnesiummangel
- Induktion von Eisenmangel

Abbildung 29: Manganmangel auf kalkhaltigem Boden (58 % Kalk) beim Weichwerden der Beeren, Mangangehalt der Blattspreiten = 15 ppm



Abbildung 30: Manganmangel am selben Standort wie in Abbildung 29 zum Lesezeitpunkt



1.4.10 Kupfer (Cu)

Kupfer wird als Cu^{2+} -Ion oder als Cu-Chelat aktiv über die Wurzel aufgenommen und ist für viele Stoffwechselforgänge in geringer Menge notwendig (z. B. Fotosynthese). Die Mobilität des Kupfers in der Pflanze ist mäßig, daher ist der Kupfergehalt in den Blättern sehr gering. Durch die Anwendung von Kupfer haltigen Pflanzenschutzmitteln erfolgt eine regelmäßige Düngung des Bodens mit diesem Element. Die Kupfergehalte im Boden sind auf Rebstandorten zumeist erhöht. Die Verfügbarkeit von Kupfer ist bei hohen Humus-, Phosphat- und

Kalkgehalten zumeist verringert. Als Strategie gegen zu hohe Kupferverfügbarkeit im Boden können Kompost oder Pflanzenkohle (Holzkohle, etc.) ausgebracht werden. Das Kupfer verbleibt jedoch im Boden.

Mangel an Kupfer

- Mangelerscheinungen sind bei der Rebe nicht bekannt.

Überschuss an Kupfer

- mögliche Beeinträchtigung des Bodenlebens
- Wachstumsdepression von Wurzel und Trieb (in Kombination mit anderen Schwermetallen wie Blei, Cadmium)
- Chlorose (nur bei extrem hohen Kupferwerten im Boden)

1.4.11 Zink (Zn)

Zink wird als Zn^{2+} -Ion oder als Zn-Chelat aktiv über die Wurzel aufgenommen und ist für die Aktivierung von Enzymen (Fotosynthese) wichtig. Die Mobilität des Zinks in der Pflanze ist mäßig. Die Zinkaufnahme kann auf kalkreichen Böden und bei Phosphorüberangebot beeinträchtigt werden. Daher ist das Phosphor / Zink-Verhältnis in den Blättern von Bedeutung. Je höher der Phosphorgehalt in den Blättern, umso höher ist auch deren Zinkbedarf und umgekehrt. Durch die Verwendung verzinkter Unterstützungsmaterialien wird ausreichend Zink in die Böden eingebracht. Allerdings könnte Zink dadurch in den Böden langfristig angereichert werden.

Mangel an Zink

- Kleinblättrigkeit
- verkürzte Internodien
- offene Stielbucht
- verstärkte Zahnung der Blattränder
- mosaikartige Verfärbung der Blätter
- Förderung des Auftretens von Stiellähme
- Förderung der Gescheinsverrieselung
- lockere und kleinbeerige Trauben mit kernlosen Beeren

Überschuss an Zink

- Wachstumsdepression
- Hemmung der Eisenaufnahme

Abbildung 31: Zinkmangel – gestauchter und zickzackförmiger Triebwuchs, Kleinblättrigkeit



Abbildung 32: Zinkmangelsymptome – offene Stielbucht



1.4.12 Molybdän (Mo)

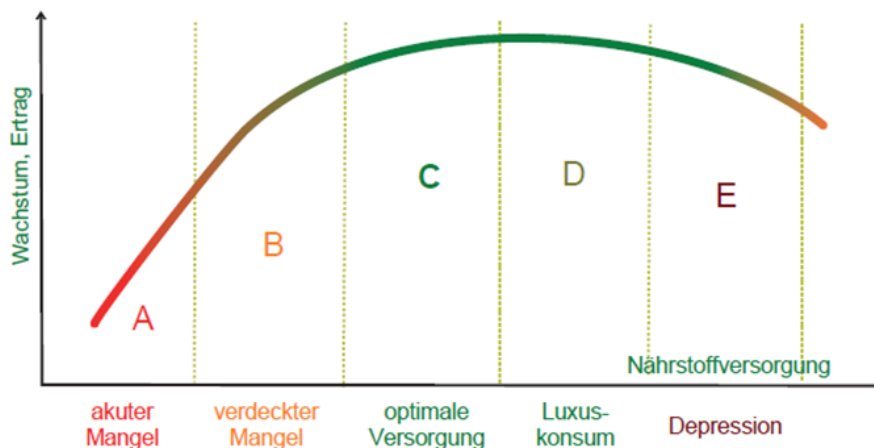
Molybdän wird als Molybdat-Ion (MoO_4^{2-}) aktiv über die Wurzel aufgenommen. Seine Beweglichkeit in der Pflanze ist mäßig. Trotz des geringen Molybdänbedarfs der Rebe, besteht die Möglichkeit eines Mangels. Gefährdet sind am ehesten Standorte auf sauren Sandböden. Auf solchen Standorten kann der Einsatz von Molybdän haltigen Blattdüngern knapp vor der Reblüte Abhilfe schaffen. In Gegensatz zu allen anderen Spurenelementen wird die Molybdänverfügbarkeit im höheren pH-Bereich gefördert. Molybdän spielt beim Phosphor- und Eisenstoffwechsel eine Rolle. Darüber hinaus kann Molybdänmangel zu einer Nitratanreicherung in der Pflanze führen.

1.5 Wirkung der Nährstoffe auf Wachstum und Ertragsbildung

Eine harmonische und ausreichende Nährstoffversorgung der Reben ist Voraussetzung für eine optimale Entwicklung der Pflanzen. Abbildung 33 stellt den Einfluss des Nährstoffge-

altes im Boden (Gehaltsstufe) auf den Ertrag dar. Er ist je nach Element und Standortfaktoren unterschiedlich ausgeprägt. Bei Spurenelementen ist auf Grund ihres hohen Wirkungsgrades der Bereich zwischen Mangel und Toxizität sehr eng.

Abbildung 33: Einfluss der Nährstoffversorgung (Gehaltsstufen A bis E) auf den Ertrag und die Entwicklung der Rebe



Neben dem Versorgungsgrad mit den einzelnen Nährstoffen sind sowohl das Verhältnis der Nährstoffe zueinander als auch die Wechselwirkungen untereinander für eine optimale Rebenentwicklung ausschlaggebend. Für die Nährstoffversorgung der Rebe ist der Quotient aus Nährstoffangebot und Nährstoffbedarf ebenfalls entscheidend, wobei das Angebot das Produkt aus dem Vorrat des Nährstoffes im Boden und dessen Verfügbarkeit ist. Im Idealfall ist dieser Nährstoff-Versorgungsgrad gleich eins.

Durch die Züchtung ertragreicher Rebsorten (z. B. Zweigelt) oder auch quantitativ und qualitativ verbesserter Klone Selektionen (z. B. Grüner Veltliner) ist der Nährstoffbedarf der Reben gestiegen. Dem hat die Praxis durch erhöhte Düngung Rechnung zu tragen. Ohne Anpassung des Nährstoffangebotes an den zeitlichen Nährstoffbedarf der Rebe und ohne Ertragsreduzierung (z. B. Traubenausdünnung) sind Mangelerscheinungen und Nährstoffstörungen bei der Rebe auf lange Sicht unvermeidbar.

1.5.1 Mögliche Wechselwirkungen zwischen den Nährstoffen

Die Konkurrenz zwischen den verschiedenen Nährstoffen im Boden wird Antagonismus, die gegenseitige Förderung der Nährstoffaufnahme als Synergismus bezeichnet (siehe Tab. 1).

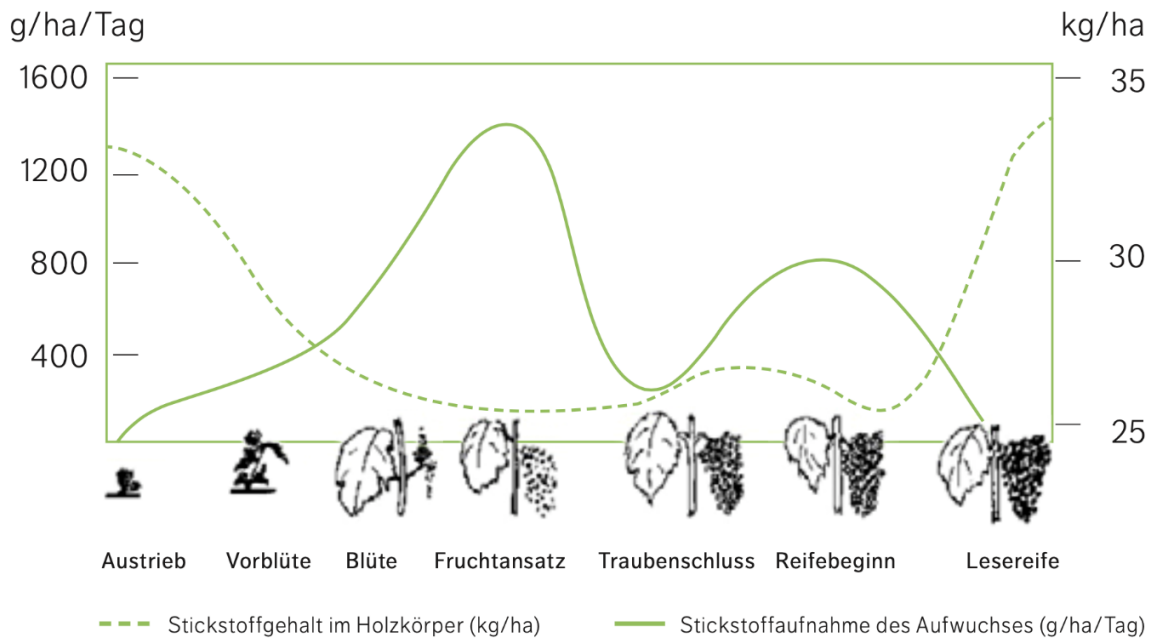
Tabelle 1: Die wichtigsten Wechselwirkungen (Antagonismen, Synergismen)

Ein hoher Gehalt an:	kann die Verfügbarkeit von folgenden Nährstoffen verringern:
Stickstoff	Kupfer, Kalium, Bor, verstärkt die K/Mg Disharmonie
Phosphor	Zink, Eisen, Kalium, Kupfer
Kalium	Magnesium, Bor
Magnesium	Calcium, Mangan, Kalium
Calcium	Magnesium, Kalium, Bor, Eisen; Zink; Mangan Calcium kann die Aufnahme von Kalium (K) und Magnesium (Mg) hemmen, insbesondere auf kalkhaltigen Böden mit hohem pH-Wert, Carbonat Gehalt, Aktivkalkgehalt und sehr hohem Ca-Anteil an der Kationenaustauschkapazität (über 90 % Ca).
Kupfer	Eisen
Stickstoff	Magnesium (bei NO ³⁻ aber nicht bei NH ⁴⁺)
Kalium	Mangan, Eisen
Phosphor	Magnesium
Magnesium	Phosphor

1.5.2 Jahreszeitlicher Verlauf der Nährstoffaufnahme

Der Nährstoffbedarf der Rebe verteilt sich nicht gleichmäßig über die gesamte Vegetationszeit, sondern zeigt gewisse Schwerpunkte (z. B. während der Jugendentwicklung oder während der Traubenreife). Das Wissen um den zeitlichen Verlauf der Nährstoffaufnahme ist daher eine wichtige Voraussetzung für den optimalen Düngezeitpunkt. Dies gilt besonders für den Aufnahmeverlauf von Stickstoff.

Abbildung 34: Jahreszeitlicher Verlauf der Stickstoffaufnahme und –einlagerung in die Rebe. (nach Schaller und Löhnertz – FA Geisenheim)



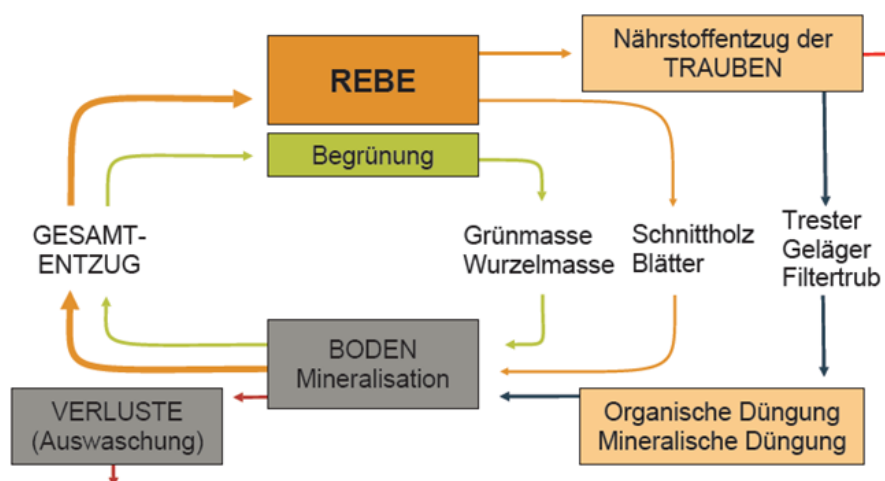
1.5.3 Stickstoffaufnahme

- In der Vegetationsruhe erfolgt keine Nährstoffaufnahme
- Vom Austrieb bis zur Blüte (Ende April bis ca. Mitte Juni) mobilisiert die Rebe Nährstoffe vom eigenen Vorrat (Holz, Wurzel) und deckt damit den noch geringen Stickstoffbedarf. Erst gegen Ende Mai beginnt die Nährstoffaufnahme über die Wurzel. Ein überschüssiges Stickstoffangebot vor dieser Zeit hat keinen Einfluss auf die Entwicklung des Rebenwachstums.
- Nach der Blüte erfolgt innerhalb von zwei bis drei Wochen eine umfangreiche Einlagerung – Höchstbedarf im Juli während des Beerenwachstums.
- In der Reifephase steigt nochmals der Bedarf an Stickstoff.
- Während der Reifephase bis nach dem Laubfall erfolgt die Einlagerung sowohl in den Beeren als auch zur Bildung der Reserven des Rebstockes (Holz, Wurzeln).

1.6 Nährstoffkreislauf

Der Nährstoffkreislauf sollte nahezu geschlossen sein. Möglichst alle anfallenden organischen Bestandteile (wie Schnittholz, Trester, Geläger, grüne Triebe, Laub) sollen im Weingarten verbleiben bzw. zurückgeführt werden. Ein Großteil der durch die vegetative Entwicklung der Rebe dem Boden entzogenen Nährstoffe bleibt dadurch erhalten. Die in der organischen Substanz gebundenen Nährstoffe stellen eine langsam fließende Nährstoffquelle dar. Nur die durch den Ertrag dem Boden entnommenen Nährstoffe müssen längerfristig wieder ersetzt werden. Je nach Bodennährstoffgehalt sollte in kürzeren oder längeren Zeitabständen eine Nährstoffergänzung (organische bzw. mineralische Düngung) erfolgen. Nur dadurch wird eine optimale Rebenentwicklung als Grundvoraussetzung für die Produktion von Qualitätstrauben gewährleistet.

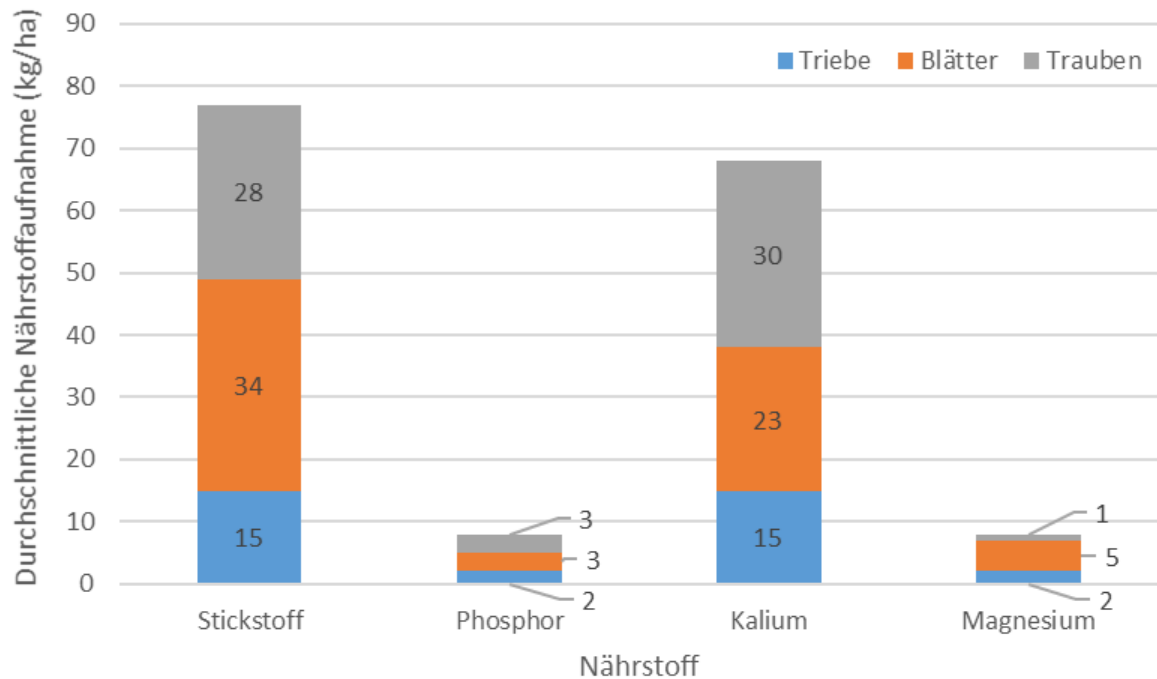
Abbildung 35: Nährstoffkreislauf/Nährstoffhaushalt in der Rebanlage



1.7 Nährstoffbedarf und Nährstoffentzug der Rebe – Nährstoffbilanz

Der Nährstoffbedarf bezeichnet die Menge an Nährstoffen die benötigt wird, um das Rebwachstum zu erhalten. Ein Teil dieser Nährstoffe wird bei der Mineralisierung von Blättern und Schnittholz wieder freigesetzt und wird im Boden wieder verfügbar. Unter Nährstoffentzug versteht man diejenige Nährstoffmenge, die mit den Trauben aus dem Weingarten tatsächlich abgeführt wird.

Abbildung 36: Durchschnittliche Nährstoffaufnahme von Trauben (10.000 kg/ha),
Schnittholz (ca. 3.000 kg/ha) und der Blätter (ca. 6.000 kg/ha)



Quelle: Ruckenbauer und Amann (1984) und Mehofer et al. (2016)

Die Höhe der Nährstoffaufnahme der Rebe aus dem Boden ergibt sich aus der Menge an Nährstoffen, die im jährlichen Zuwachs vegetativer Organe und den Trauben enthalten sind. Die Höhe des Mineralstoffentzugs ist von der Ertragshöhe abhängig. Die in Abbildung 36 dargestellten Nährstoffaufnahmemengen sind Durchschnittswerte. Die tatsächlichen Werte variieren in Abhängigkeit vom Ertrag und vom Wachstumszustand der Reben sehr stark, wie in Tabelle 2 anhand des Nährstoffgehalts im Schnittholz zu erkennen ist.

Tabelle 2: Nährstoffgehalte im Rebschnitt Holz beim Winterschnitt (kg/ha) in Abhängigkeit vom Ertrag, der Rebsorte, dem Wachstumszustand und dem Alter des Weingartens

Stickstoff	Phosphor	Kalium	Magnesium	Calcium	Eisen	Kupfer	Zink	Mangan
4,01	0,70	3,91	0,84	4,67	0,02	0,01	0,04	0,01
-15,81	-2,07	-15,81	-2,91	-20,38	-0,12	-0,06	-0,18	-0,08

Quelle: Mehofer et al. (2016.)

Der Boden soll der Rebe die notwendigen Nährstoffe für die Entwicklung von Trieben, Blättern und Trauben, dem jahreszeitlichen Bedarf entsprechend, bereitstellen. Bodenpflege und Düngung dienen als Steuerungs- und Ergänzungsmaßnahmen.

1.8 Physiologische Störungen

1.8.1 Chlorose (Gelbsucht)

Schadensbild und Befalls Auswirkungen

Winter

- Rebstöcke mit kurzen, dünnen Trieben und schlechter Holzreife (andere Ursachen können beispielsweise Trockenheit oder Stickstoffmangel sein).

Ende Mai bis zum Ende der Vegetation

- Gelbfärbung (blassgrün bis gelblich) der Rebblätter von der Triebspitze beginnend, später auch Verfärbung der Geiztrieblätter
- Blattadern bleiben mit schmalen Streifen längere Zeit grün, bei starkem Auftreten kommt es zur totalen Vergilbung und zu weiß gefärbten Geiztrieblättern
- Blätter sterben vom Blattrand her ab
- mehr oder weniger starke Verrieselung der Gescheine
- mehrjährige Chlorose: Wuchs- und Ertragsdepression, Absterben der Stöcke

Abbildung 37: Chlorose Auftreten in Abhängigkeit von der Rebsorte



Abbildung 38: Chlorose – Blattvergilbungen von der Triebspitze beginnend



Schadensursache

Bei der Chlorose handelt es sich um einen Ursachen- bzw. Faktorenkomplex, an dem der Boden, die Witterung, die Kulturmaßnahmen, die Rebsorte und die Unterlage beteiligt sind. Unter bestimmten Bedingungen kommt es zu einer Überführung des pflanzenverfügbaren Eisens in eine nicht pflanzenverfügbare beziehungsweise nicht von den Pflanzen verwertbare Form. Die Umwandlung von nicht pflanzenverfügbarem zu pflanzenverfügbarem Eisen ist gehemmt. Eine mangelnde Eisenverfügbarkeit im Boden und / oder eine mangelnde Eisenverwertbarkeit in der Pflanze führt zu Stoffwechselstörungen, welche eine Hemmung der Chlorophyllsynthese bzw. einen Chlorophyllabbau und somit Chlorose zur Folge haben.

Chlorose Formen

Kalkchlorose

Die Chlorose tritt am häufigsten auf Kalkböden auf. Diese Form wird als Kalkchlorose bezeichnet. Die physiologische Ursache der durch Kalk hervorgerufenen chlorotischen Erscheinungen ist der hohe pH-Wert und die erhöhte Konzentration an Hydrogencarbonat. Das Eisen liegt dann in schwerlöslicher Form vor. Es können aber auch auf sauren oder zur Versauerung neigenden Böden physiologische Störungen im Eisenhaushalt der Reben hervorgerufen werden. Unterlagsrebsorten und Rebsorten unterscheiden sich in ihrer Kalkverträglichkeit und Chlorose Anfälligkeit (siehe Kapitel 2.1 Kriterien der Bodenuntersuchung).

Schlechtwetterchlorose

Diese Form der Chlorose wird durch ungünstige Witterungsverhältnisse ausgelöst. Man spricht auch von „Kältechlorose“ und „Nässechlorose“. Bei Kälterückfällen im Frühjahr (Kälteschock) kann Chlorose eintreten. In den betroffenen Anlagen können die Erträge völlig ausbleiben. Durch Nässe wird vor allem der Gasaustausch im Boden verhindert, was zu einer CO₂-Anreicherung und erhöhter Konzentration von HCO³⁻ im Boden führen kann. Auch übermäßige Bewässerung kann Chlorose verursachen.

Verdichtungschlorose

Durch das Bearbeiten und Befahren von nassen Böden kommt es immer wieder zu starken Bodenverdichtungen. In der Bodenlösung entstehen Kohlensäure und Hydrogencarbonat. Eisen liegt dann wie bei der Kalkchlorose in schwerlöslicher Form vor. Wachstumsstörungen

der Reben und das Auftreten von Chlorose auf schweren Böden sind die Folge. Besonders durch den Einsatz von schweren Maschinen und Geräten kommt dieser Form der Chlorose eine erhöhte Bedeutung zu.

Schwäche- und Trockenheitschlorose

Frühzeitige Erschöpfung der Reben durch Überlastung wie beispielsweise zu langen Anschnitten, durch Trockenheit oder durch unsachgemäße Handhabung der Gründüngung führt zur Verminderung der Menge an Reservestoffen im Holz und / oder in der Wurzel und kann eine Ursache für Chlorose sein.

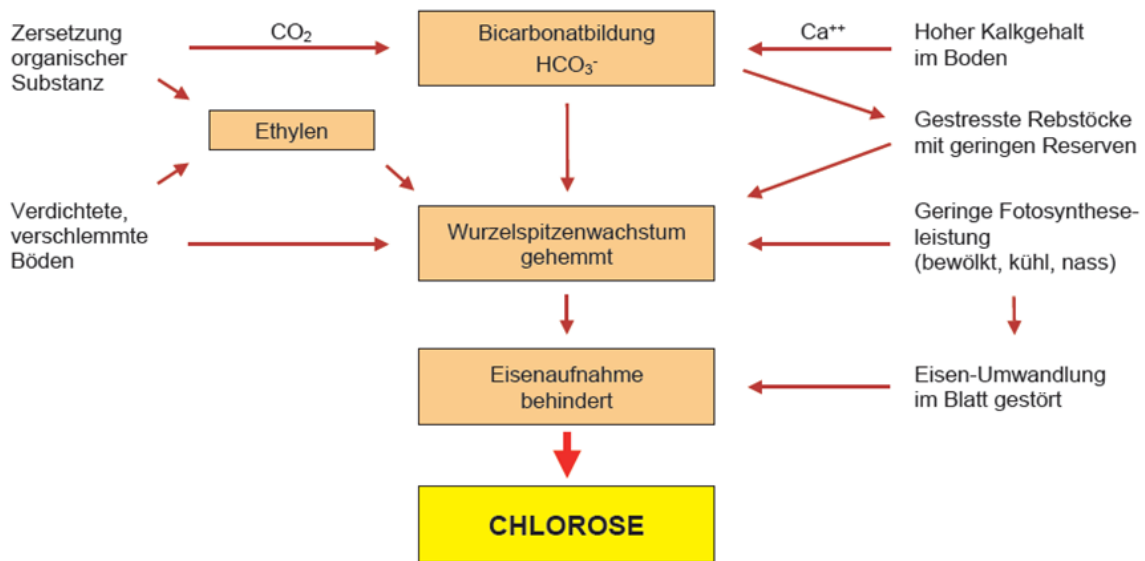
Phytopathologische Chlorose

Durch die Infektion mit Viren (Arabismosaikvirus, Grapevine Fanleaf Virus (GFLV)) kann es ebenfalls zum Auftreten von Chlorose kommen.

Weitere Chlorose fördernde Faktoren

- Geschädigtes Wurzelsystem auf Grund ungünstiger Bodenbedingungen
- Nematoden Befall oder Wurzelfäule
- Nährstoffdishermonie durch zu hohe Mengen an bestimmten Makroelementen (Calcium, Phosphor, Kalium, Stickstoff) oder Spurenelementen (Kupfer, Mangan, Zink, Kobalt, Nickel, Chrom)
- tiefe Einarbeitung hoher Stallmistmengen in den Boden
- Stroheinbringung im Spätwinter

Abbildung 39: Ursachen, die zur Chlorose führen (nach A. Schwab)



Schadensbehebung

Vorbeugende Maßnahmen

- entsprechende Sorten- und Unterlagenwahl (siehe Abb. 37, Tab. 13 und Tab. 14)
- fachgerechte Bodenvorbereitung vor der Pflanzung einer Neuanlage
- humusschonende Bodenpflege
- regelmäßige organische Düngung bei nur oberflächlicher Ausbringung und Einarbeitung
- keine Ausbringung von frischem Stallmist auf / bei Chlorose gefährdeten Standorten und Bodenverhältnissen
- fachgerechte Bodenbegrünung (falls aufgrund der Bodenwasser- bzw. Niederschlagsverhältnisse möglich) oder Bodenbedeckung. Begrünung mit Gräsern kann zu einer Verbesserung der Eisenversorgung beitragen
- Vermeidung von Stocküberlastungen (mäßiger Rebschnitt, zeitgerechte Durchführung der Laubarbeiten mit entsprechender Traubenausdünnung)
- ausgeglichene Nährstoffversorgung
- keine zu hohen Stickstoffdüngergaben
- vorbeugende Spritzungen mit eisenhaltigen Blattdüngern auf Chlorose gefährdeten Standorten

Direkte Chlorose Bekämpfung

- Verbesserung der Bodenstruktur
- Brechung von vorhandenen Bodenverdichtungen mit geeigneten Geräten zur Untergrundlockerung (Abb. 40 und 41) in jeder Reihe oder besser nur in jeder zweiten Reihe (Lockerung auf zwei Jahre aufgeteilt) im Herbst oder im Frühjahr bei geeignetem Bodenfeuchtigkeitszustand
- Biologische Festigung der mechanischen Tiefenlockerung mit tief wurzelnden Begrünungspflanzen
- Bodenbegrünung mit tief- und flachwurzelnden Begrünungspflanzen
- bodenschonende Bodenbearbeitung, um die Rebwurzelentwicklung nicht zu stören

Abbildung 40: Tiefenlockerer zur Behebung von Bodenverdichtungen



Abbildung 41: Tiefenlockerer im Einsatz



Weitere direkte Chlorosebekämpfungsmöglichkeiten sind im Kapitel 4.3 Blattdünger zu finden.

1.8.2 Stiellähme

Schadensbild und Befalls Auswirkungen (ab Juli bis September)

- Scharf begrenzte, braune bis bräunlich schwarze, 1–2 mm große, eingefallene Flecken auf dem Traubengerüst oder auf den Beerenstielen (Abb. 42), wodurch die Nährstoff- und Wasserzufuhr zu den anderen Traubenteilen unterbrochen wird; in der Folge kann das gesamte Stielgerüst befallen werden (Verwechslungsgefahr mit Stielfäule = unscharf begrenzte, glasig-feuchte Faulstellen durch Befall mit *Botrytis cinerea*)
- Beeren beginnen zu schrumpfen und bleiben sauer (Abb. 43)
- Trauben fallen zu Boden, wenn ein sekundärer Pilzbefall durch *Botrytis* erfolgt

Zeiträume, in denen besonders häufig Stiellähme auftritt

- um die Reblüte (frühe Stiellähme)
- zu Beerenreifebeginn und knapp danach (= klassische Stiellähme)

Das Schadensausmaß ist nach Jahr, Standort und Sorte sehr unterschiedlich. Die Stiellähme kann in manchen Jahren einen hohen Schaden, insbesondere bei anfälligen Sorten wie Rheinriesling, Blaufränkisch, Blauburger, Welschriesling, Muskateller, Müller-Thurgau, Tra-

miner, Grüner Veltliner, Gutedel, Riesling und Cabernet Sauvignon verursachen. Die Unterlagsorte SO 4 ist empfindlicher gegenüber Trockenstress bzw. hat ein geringeres Magnesiumaufnahmevermögen und fördert damit die Stielähme

Abbildung 42: Stielähme – bräunlich schwarze 1–2 mm große, eingefallene Flecken am Stielgerüst – Primärnekrosen



Abbildung 43: Stielähme – fortgeschrittenes Stadium mit geschrumpften Beeren bei „Grüner Veltliner“



Schadensursachen

Es handelt sich um eine Krankheit des Traubengerüstes. Die Ursache ist eine stoffwechsel-physiologische Störung im Phytohormon Haushalt. Folgende Faktoren haben einen Einfluss beziehungsweise wirken auslösend:

- leichte, humusarme, unbedeckte und nicht begrünete Böden wirken fördernd
- Veredelungen sind anfälliger als wurzelechte Reben
- starke Witterungsumschwünge zur Blütezeit begünstigen das Auftreten
- häufiger Wechsel zwischen Trockenperioden und reichlichen Niederschlägen (Stress) wirkt fördernd und auslösend – die Stiehlähme ist daher jahrgangsbedingt
- rasche Temperaturabnahme um 10–15 °C nach vorangegangenen Niederschlägen kann die Stiehlähme auslösen
- starkes vegetatives Wachstum wirkt fördernd
- ein ungünstiges K/Mg Verhältnis von über 5:1 fördert die Stiehlähme
- hohe Erziehungsarten fördern den Stiehlähmebefall
- geringere Augenzahl / kurzer Schnitt (gegenüber langem Strecker Schnitt) bei starkem Wuchs fördert die Stiehlähme
- zu dichte Laubmasse und damit mangelhafte Belichtung der Trauben wirkt stiehlähmefördernd

Befalls Verminderung

Eine zuverlässige Prognosemethode gibt es derzeit nicht.

Vorbeugende Maßnahmen

- Bodenuntersuchung und Düngung: Die Magnesium- und Kaliumgehalte laut Bodenuntersuchung (Oberboden und Unterboden) sollten im optimalen Versorgungsbereich liegen. Hohe Kaliumgehalte im Verhältnis zum Magnesiumgehalt hemmen die Magnesiumaufnahme. Bei einem K / Mg-Verhältnis von größer als 5:1 ist daher eine Magnesiumdüngung laut Bodenuntersuchung empfehlenswert, da dieses weite K / Mg-Verhältnis stiehlähmefördernd wirkt. Der Nährstoff Magnesium kann auf leichten Böden in erheblichen Umfang ausgewaschen beziehungsweise auf mittelschweren und schweren Böden im Unterboden angereichert werden
- Bodenbegrünung, sofern dies aufgrund der Bodenwasserverhältnisse möglich ist
- Stroh Mulch

- rechtzeitige Durchführung der Laubarbeiten
- keine intensive Laubarbeit während der Blütezeit oder während strahlungsintensiven bzw. verdunstungsintensiven Tagen
- Regulierung des vegetativen Wachstums: frühzeitiges Entspitzen bei bereits bekanntem kräftigem Wuchs
- Schaffung einer guten Triebverteilung und Belichtung aller Blätter durch gezielte moderate Teilentblätterung der Traubenzone (Juli)
- ertragsregulierende Maßnahmen (Traubenausdünnung) bald nach der Rebblüte durchführen
- regelmäßige organische Düngung bei nur oberflächlicher Ausbringung und Einarbeitung
- in Trockenperioden Blattdüngung mit Blattvolldüngern, die Spurenelemente enthalten

Vorbeugende Chemische Maßnahmen

- Traubenspritzung mit Bittersalz in Form von zwei Spritzungen vor Reifebeginn (Magnesiumsulfat: 2 %-ige Spritzlösung, 20 kg/ha) führt in der Regel zu einer Befalls Verminderung (5 % Bittersalzlösung kann zu Blattschäden führen)
- Behandlungen bei bereits sichtbaren Symptomen bringen keinen Erfolg
- Behandlungen mit einem Botrytizid sind sinnvoll, um die Folgeschäden durch den Botrytisbefall zu mindern

Bei bereits sichtbarem Befall können nur die Folgeschäden eines Botrytisbefalls mit mehreren Behandlungen vermindert werden.

1.8.3 Traubenwelke

Schadbild an Trauben

Das Schadbild der Traubenwelke äußert sich in Form von Reifestörungen der Trauben, plötzlichem Erschlaffen der Beeren (Verlust der Turgeszenz) ab dem Reifebeginn und Blattverfärbungen an einzelnen Trieben. Erstes Kennzeichen kann eine verzögerte bzw. schlechte Ausfärbung der Beeren sein. Ein weiteres Charakteristikum sind niedrige Mostgewichte und erhöhte Säuregehalte (besonders an Weinsäure) der erkrankten Trauben. Die Beeren schmecken bitter und gerbig und schon ein geringer Anteil welcher Trauben verschlechtert die Weinqualität deutlich. Häufig sind erkrankte Trauben auch kleinbeerig und für die Verarbeitung nicht geeignet. Die Trauben können sich optisch noch normal entwickeln, doch

bei einer Erkrankung lässt die Turgeszenz mehr oder weniger schnell nach (Auftreten während der gesamten Reifephase), wodurch die Beeren welken. Der Verlust der Turgeszenz tritt auf, bevor das Erschlaffen optisch auffällig wird. Durch Abtasten der Trauben kann dies ermittelt werden. Im Gegensatz zu den Stiellähme-Symptomen sind am Stielgerüst zuerst keine äußerlichen Nekrosen feststellbar. Zur Lesereife der Trauben sind bei starkem Krankheitsbefall das Traubengerüst und die Beerensiele zum Teil vertrocknet und die Beeren fallen leicht ab. Bemerkenswert ist, dass an einer Fruchtrute sowohl gesunde als auch kranke Trauben zu finden sind.

Abbildung 44: Traubenwelke bei „Zweigelt“ – linke Traube gesund, mittlere Traube beginnende Welke, rechte Traube vollkommen welke Beeren. Die Beeren schrumpfen „gummiartig“ ein und schmecken sauer.



Abbildung 45: Welke Zweigeltbeeren und Kaliummangelsymptome an den Blättern



Schadbild an Blättern

Bei starkem Befall können sich auch an den Blättern Symptome zeigen. Zwischen den Blättern bilden sich in manchen Fällen Nekrosen (Absterbe Erscheinungen), die bei Rotweinsorten von einem roten Saum umgeben sind. Je nach Nährstoffversorgung sind Symptome eines Kaliummangels feststellbar. Weiters sind zur Zeit der Reife vereinzelt Blattsymptome wie bei der Pilzkrankheit Esca erkennbar.

Abbildung 46: Kaliummangelsymptome am Blatt



Abbildung 47: Kaliummangelsymptome am Blatt



Abbildung 48: Kaliummangelsymptome – Nekrosen mit rotem Saum



Die Traubenwelke tritt jährlich in sehr unterschiedlicher Intensität und Regionalität auf. Dabei spielen wie bei der Chlorose und Stielähme die Witterungsverläufe eine wesentliche Rolle. Das Auftreten innerhalb einzelner Weingärten unterliegt ebenfalls jährlichen Schwankungen. Betroffene Stöcke können im Folgejahr vollkommen gesunde Trauben tragen und umgekehrt. Auch an Standorten mit guter Kalium- und Magnesiumversorgung kann es unter erschwerten Aufnahmebedingungen (z. B. bei Trockenheit) zur Welke kommen.

Aufgrund der vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Boden, Rebsorte, Klima und Kulturmaßnahmen ist es schwer, alle Umweltfaktoren in ihrer Gesamtwirkung auf das Auftreten der Traubenwelke zu erfassen. Man spricht daher von einem Ursachenkomplex.

Ursachen – Ursachenkomplex

Die Traubenwelke ist eine physiologische Störung bei der Entwicklung und Reifung der Trauben. Je nach den Standort- und Bodenverhältnissen sind die Ursachen unterschiedlich ausgeprägt. An einem Standort fungiert ein Faktor und auf einem anderen ein anderer Faktor als Auslöser (Verursacher) der Traubenwelke. Das Ausgangsproblem liegt aber offenbar im Boden, d. h. die Ausgangssituation ist zwar von Region zu Region unterschiedlich, aber zu meist liegt ein schlechtes und unharmonisches Nährstoffangebot vor.

Als Ursachen und auslösende Faktoren bzw. deren Zusammenwirken sind derzeit bekannt (die Reihenfolge bedeutet keine Präferenz hinsichtlich der Wirkung):

- Unterversorgung mit Kalium, besonders im Unterboden, z. B. durch Kaliumfixierung
- Bei Kaliummangel wird die Aufrechterhaltung des osmotischen Potenzials erschwert (Welke Erscheinung)
- Sowohl die CO₂-Assimilation (Zuckerbildung) als auch die Atmung (Säureabbau) werden durch Kaliummangel gehemmt
- Die Folge ist, dass welke Trauben im Vergleich zu gesunden einen geringeren Zucker- und einen höheren Säuregehalt, besonders an Weinsäure, aufweisen
- Ungünstiges K : Mg Verhältnis von unter 1,7:1 (besonders im Unterboden); bei diesem Verhältnis wird Kalium durch die stark zunehmende Kalium-Selektivität der Tonminerale derart festgebunden, dass es die Pflanzen nicht mehr aufnehmen können. Es zeigt sich, dass die überwiegende Zahl der Weingartenböden meist mit Magnesium hoch versorgt sind, sodass bei gleichzeitiger Unterversorgung mit Kalium (vor allem im Unterboden) ein K : Mg-Verhältnis enger als 1,7:1 entsteht
- Verdeckter (latenter) Kaliummangel kann auch durch überhöhte Stickstoffversorgung (starkes Wachstum) bzw. ungünstiges Stickstoff: Kalium-Verhältnis ausgelöst werden
- Wasser- und Nährstoffkonkurrenz bei nicht an die Boden- und Witterungsverhältnisse angepasster Begrünung
- Jahreswitterungsverlauf: längere Trockenheit (Trockenstress, Nährstoffstress) oder übermäßige Wasserversorgung (besonders während der Reifephase)
- Bodenverdichtungen (eingeschränkter Wurzelraum, Sauerstoffmangel im Boden)
- Stress durch andauernde Stocküberlastung – geringes Reservestoffpotenzial
- starkes Wachstum
- Stress durch intensive Eingriffe in die Laub Wand – ungünstiges Blatt: Frucht-Verhältnis. Besonders negativ wirkt sich ein zu radikaler Eingriff in die Laubfläche während der Reifephase aus, wenn dadurch das Frucht: Blatt-Verhältnis über einen Wert von 0,8 ansteigt

Bei unzureichender Nährstoffversorgung sind vor allem Sorten mit hoher Ertragsleistung (z. B.: Zweigelt, Rathay, St. Laurent, Blauer Burgunder, Blauburger, Zierfandler, Neuburger, Grüner Veltliner) besonders gefährdet. Die Unterlagsorte SO 4 ist im Vergleich zu Kober 5 BB, 1103 Paulsen, 110 Richter oder Ruggeri 140 empfindlicher gegenüber Trockenstress. Damit ist sie bei Trockenheit anfälliger gegen Traubenwelke.

Maßnahmen zur Behebung

Mittels geeigneter Kulturmaßnahmen (Nährstoffversorgung, Ertragsbelastung, Bodenpflege, Laubarbeiten) sollen die auslösenden Faktoren abgeschwächt bzw. beseitigt werden. Ziel ist es, die negativen Auswirkungen natürlicher Stressfaktoren (verstärkte Energieeinstrahlung, Hitze, rascher Ablauf von Witterungsextremen, Trockenheit, übermäßige Bodenfeuchtigkeit) möglichst zu verringern.

Bei bestehenden Weingärten

- Durchführung einer regelmäßigen, ausgewogenen und bedarfsgerechten Ernährung der Reben (nicht nur mit Kalium) laut Bodenuntersuchung (und ergänzender Blattuntersuchung). Bei Kaliumunterversorgung im Unterboden kann nicht mit einer raschen Wirkung der Kaliumdüngung gerechnet werden; nur eine Lanzendüngung bringt sehr rasche Wirkung
- Vermeidung bzw. Verminderung von Stress (hohe Ertragsbelastung, Wassermangel durch unsachgemäße Bodenpflege, zu radikale Entlaubung der Traubenzone, keine oder zu starke Traubenausdünnung)
- Traubenausdünnung bis zum Stadium Traubenschluss durchführen. Zu Reifebeginn ist es zu spät. Eine Traubenteilung (Traubenhalbierung) knapp vor Traubenschluss hat den stärksten Effekt
- Das Frucht: Blatt-Verhältnis soll nicht über einem Wert von 0,8 liegen. Bei Spaliererziehung bzw. spalierförmig erzogenen Hochkulturen soll eine Laubwandhöhe von 90 cm nicht unterschritten werden
- Eine Laubwandhöhe von 1,2 bis 1,3 m ist anzustreben
- Kräftiges Einkürzen der Triebe unterlassen
- Vermeidung aller radikalen Maßnahmen, welche die Blattfläche verändern, insbesondere einer Entblätterung der Traubenzone zum Stadium „Reifebeginn“ (Weichwerden bzw. Farbumschlag der Beeren), weil der Transport oder die Verlagerung der Assimilate und Nährstoffe von den Blättern in die Traube verringert wird
- Eine Gründüngung soll rechtzeitig gestört oder eingearbeitet werden, um die Wasser- und Nährstoffkonkurrenz zu reduzieren
- Um die Nährstoffversorgung besonders auf kalkreichen Böden (über ca. 15 % Gesamtkalk) und Böden mit hohen pH-Werten (über pH 7,0) sicherzustellen, können Blattdünger, die die fehlenden Spurenelemente (laut Boden- und/oder Blattanalysen) enthalten, vor und nach der Reblüte zur Nährstoffversorgung beitragen. Eine

Blattdüngung allein kann ohne zusätzliche Maßnahmen nur mithelfen, den extremen Mangel an den Blättern zu vermeiden, aber keineswegs die Traubenwelke beheben

Bei Neuanlagen

- Rechtzeitig vor einer geplanten Neuanlage ist eine Bodenuntersuchung durchzuführen. Die Untersuchung des Ober- und Unterbodens soll die Parameter A (pH-Wert, P und K), M (Mg), O (Karbonat), KA (Kalkaktivität) und bei schweren, tonreichen Böden auch die (F) Kaliumfixierung umfassen
- Ausreichende Aufdüngung (Vorratsdüngung) laut Bodenuntersuchung vor der tiefen Bodenlockerung (Rigolen) durchführen. Die notwendigen Düngermengen sollen möglichst schon ein Jahr vorher in den Boden gebracht werden, um mit den Bodenlockerungsmaßnahmen eine bessere Verteilung der Nährstoffe, besonders im Unterboden zu erreichen. Das ist dann wichtig, wenn sich die Nährstoffgehalte im Ober- und Unterboden deutlich unterscheiden. Bei gegebener Kaliumfixierung sind die zusätzlichen Düngemengen in sulfatischer Form (z. B. Kaliumsulfat oder Kalimagnesia (Patentkali)) auszubringen
- Nur im Zuge der Bodenvorbereitungsarbeiten vor der Pflanzung besteht die Möglichkeit, den Unterboden ausreichend und gut verteilt mit fehlenden Nährstoffen, vor allem Phosphor und Kalium, anzureichern. Bei fehlenden Mengen an Magnesium soll mit Patentkali gedüngt werden

2 Bodenuntersuchung

Die Bodenuntersuchung gibt über wichtige Bodeneigenschaften Auskunft, die eine sachgerechte Düngerbemessung ermöglicht. Sie sollte alle vier bis sechs Jahre durchgeführt werden.

2.1 Kriterien der Bodenuntersuchung

2.1.1 Bodenreaktion (Säuregrad, pH-Wert)

Die Bodenreaktion (pH-Wert, gemessen in CaCl_2) ist das Ergebnis von sehr komplexen Vorgängen im Boden. Viele Bodeneigenschaften, aber auch die Nährstoffverfügbarkeit und das Pflanzenwachstum werden vom pH-Wert maßgeblich beeinflusst. Die Bodenreaktion reicht von sauer bis alkalisch. Je nach Ausgangsgestein und Belegung des Sorptionskomplexes stellt sich im Boden ein bestimmter pH-Wert ein. Zusätzlich bestehen Wechselwirkungen zwischen dem pH-Wert und den Verwitterungs- und Humifizierungsprozessen.

Der Säuregrad oder pH-Wert eines Bodens erlaubt einen Rückschluss auf dessen Kalkbedürftigkeit.

Tabelle 3: Einstufung der Bodenreaktion (pH-Wert)

Einstufung der Bodenreaktion (pH-Wert)							
pH-Wert (CaCl_2)	unter 4,2	4,2–4,5	4,6–5,5	5,6–6,5	6,6–7,2	7,3–8,0	über 8,0
Bodenreaktion	stark sauer sauer		sauern	schwach sauern	neutral	alkalisch	stark alkalisch
mg EUF-Ca II / 100g	bis 9			10–24	25–60	über 60	
Puffersystem	Aluminium-Puffer	Silikat-Puffer		Austauscher-Puffer	Carbonat-Puffer		
Pufferkapazität*	150 kmol H^+ je % Ton	7,5 kmol H^+ je % Silikat		25 kmol H^+ je % Ton	300 kmol H^+ je % CaO		

Einstufung der Bodenreaktion (pH-Wert)			
Einflussfaktor	Tonminerale	Silikate	Tonfraktion / Humus Carbonate

* ... Die Pufferkapazität entspricht jener Menge an Säure, die ohne wesentliche Änderung des pH-Wertes neutralisiert werden kann. Sie ist somit ein Maß für die Stabilität des pH-Wertes.

Tabelle 4: Anzustrebende pH-Werte in Abhängigkeit von der Bodenschwere

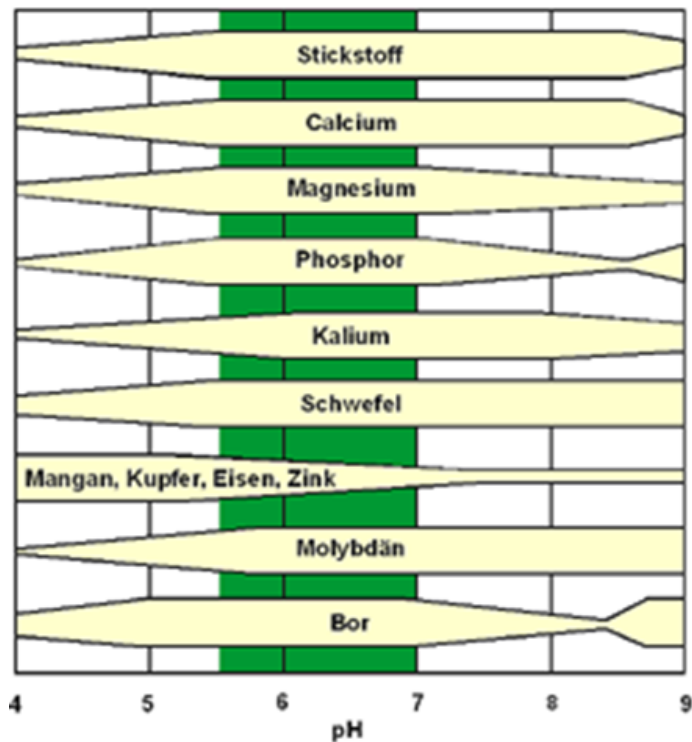
Anzustrebende pH-Werte (CaCl ₂) in Abhängigkeit von der Bodenschwere			
Bodenschwere	leicht	mittel	schwer
pH-Wert	ca. 5,5	ca. 6,0	ca. 6,5

Werden die oben angeführten pH-Werte unterschritten, so ist eine Kalkdüngung entsprechend der Düngeempfehlung (Kalkbedarfsermittlung durch Laboruntersuchung) durchzuführen.

Die Kalkdüngung bewirkt nicht nur eine Erhöhung des pH-Wertes. Sie hat vor allem bei schweren Böden eine deutlich positive Wirkung auf die Bodenstruktur und fördert die Mikroorganismenaktivität.

Die Nährstoffverfügbarkeit wird wesentlich vom pH-Wert des Bodens beeinflusst. Die Hauptnährstoffe sind überwiegend im neutralen bis leicht alkalischen Bereich am besten verfügbar, die Spurenelemente mit Ausnahme des Molybdäns im sauren Bereich (Abb. 49).

Abbildung 49: Verfügbarkeit der Nährstoffe in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens



2.1.2 Bodendauereigenschaften

Die sehr unterschiedlichen Eigenschaften der Böden an verschiedenen Standorten führen zu Abweichungen in der Nährstoffwirkung und verlangen daher auch eine entsprechend veränderte Düngung. Verändernd wirken vor allem folgende Faktoren: Gründigkeit, Bodenschwere, Wasserverhältnisse, Grobanteil, Humusgehalt, Kalkgehalt. Diese Faktoren wurden im Rahmen der Österreichischen Bodenkartierung für alle landwirtschaftlich genutzten Böden erfasst. Die Daten sind digital verfügbar unter www.bodenkarte.at. Darüber hinaus können manche dieser Faktoren, wie z. B. der Humus- und der Kalkgehalt, in einer Bodenuntersuchung bestimmt werden. Neben den genannten werden noch andere Standortfaktoren wirksam, insbesondere die Witterung.

2.1.2.1 Gründigkeit

Unter Gründigkeit versteht man die Mächtigkeit jener Zone, die zwischen der Bodenoberfläche und dem festen Gestein oder einem Horizont liegt, der vorwiegend aus Grobanteil besteht oder extrem verhärtet ist. Man unterscheidet seichtgründige, mittelgründige und tiefgründige Böden und drückt damit aus, ob für das Wurzelwachstum viel oder wenig Raum zur Verfügung steht und ob der Speicherraum für Wasser und Nährstoffe groß oder klein ist.

Tabelle 5: Gründigkeit

Gründigkeit = Bodentiefe in cm		
unter 30	30–70	über 70
seichtgründig	mittelgründig	tiefgründig

2.1.2.2 Bodenschwere

Die Bodenschwere drückt das Verhalten der Bodenarten in Bezug auf die Bearbeitbarkeit und den Wasserhaushalt aus. Sie stellt einen einfachen Ausdruck für das Verhältnis von Sand zu Schluff zu Ton dar und beeinflusst die Bodenbewirtschaftung wesentlich. In Tabelle 6 sind die Einstufung der Bodenschwere in 3 Klassen und der zugehörige mittlere Tongehalt enthalten. Einer Schwereklasse gehören also jene Bodenarten an, die in bestimmten Bodeneigenschaften ein ähnliches Verhalten zeigen. Tabelle 6 zeigt ferner den anzustrebenden Humusgehalt, der von der Bodenschwere und dem zugehörigen mittleren Tongehalt abhängt.

Tabelle 6: Einstufung der Bodenschwere und anzustrebende Humusgehalte

Bodenschwere	Tongehalt	Bodenart*	Anzustrebender Humusgehalt (%)
Leicht	unter 15 %	S, uS, IS, sU	> 2
Mittel	15–25 %	tS, U, IU, sL	> 2,5
Schwer	über 25 %	L, uL, sT, IT, T	> 3

*... S = Sand, U = Schluff, T = Ton, L = Lehm, s = sandig, u = schluffig, t = tonig, l = lehmig

2.1.2.3 Wasserverhältnisse; Trockenheitstoleranz und Staunässeempfindlichkeit von Unterlagsreben

Die Wasserverhältnisse können nur vor Ort beurteilt werden. Die Klassifikation erfolgt durch die in Tabelle 7 angeführten Begriffe.

Tabelle 7: Einstufung der Wasserverhältnisse

Einstufung der Wasserverhältnisse			
sehr trocken	trocken / mäßig trocken	gut versorgt / mäßig feucht	feucht / nass

In Tabelle 8 sind die Eigenschaften Trockenheitstoleranz und Staunässeempfindlichkeit im Frühjahr verschiedener Unterlagsrebsorten zusammengefasst.

Tabelle 8: Trockenheitstoleranz und Frühjahrsstaunässeempfindlichkeit von Unterlagsrebsorten

Unterlagsrebsorte	Trockenheitstoleranz	Staunässeempfindlichkeit im Frühjahr
Kreuzungen von Vitis berlandieri x Vitis riparia		
Kober 5BB	hoch	empfindlich
Teleki 5C	mittel	mäßig
SO 4	mittel	mäßig
Binova	mittel	mäßig
125 AA	mittel	mäßig
Reckendorfer 27	mittel	mäßig
8B	mittel–hoch	gering
161-49 C	gering–mittel	empfindlich
420 A	mittel	empfindlich
Kreuzungen von Vitis berlandieri x Vitis rupestris		
110 Richter	hoch	empfindlich
1103 Paulsen	hoch	mäßig
140 Ruggeri	sehr hoch	empfindlich
Kreuzungen von Vitis riparia x Vitis rupestris		
3309 Couderc	gering–mittel	empfindlich
101-14 MG	gering	empfindlich
Unterlagsrebsorten mit Vitis cinerea – Einkreuzung		

Unterlagsrebsorte	Trockenheitstoleranz	Staunässeempfindlichkeit im Frühjahr
Börner	hoch	mäßig
Rici	hoch	empfindlich
Cina	hoch	empfindlich
Unterlagsrebsorten mit Vitis vinifera-Einkreuzung		
Fercal	mittel	mäßig
41 B	gering–mittel	empfindlich

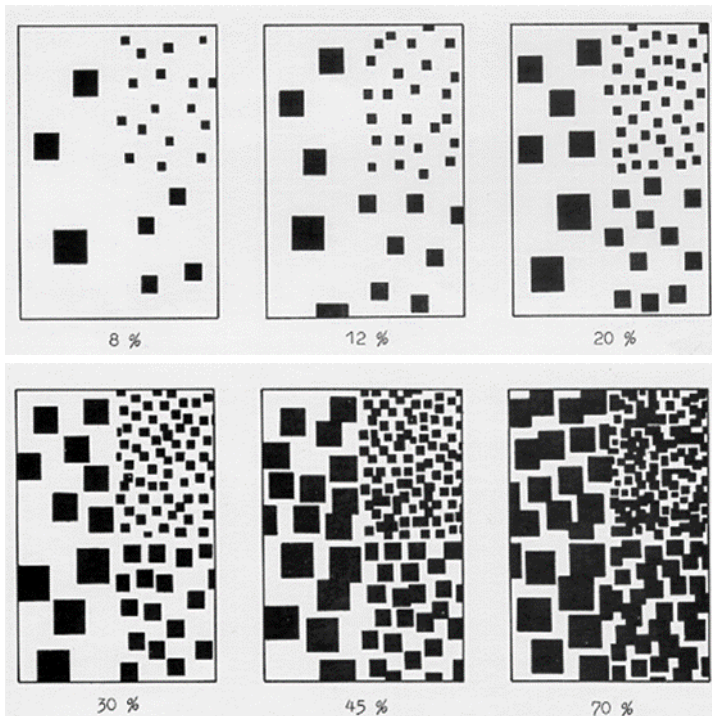
2.1.2.4 Grobanteil

Unter Grobanteil versteht man den Anteil an mineralischen Gemeineteilchen des Bodens, die größer als 2 mm sind. Dazu zählen Grus, Steine, Schotter und Kies. Der Anteil kann im Gelände abgeschätzt und wie in Tabelle 9 und Abbildung 50 dargestellt, klassifiziert werden.

Tabelle 9: Einstufung des Grobanteils > 2 mm in Vol.-%

0–20 %	> 20 %
gering (unter 10 % bis mäßig (10–20 %))	hoch (20–40 %), sehr hoch (40–70 %) oder vorherrschend (> 70 %)

Abbildung 50: Abschätzung des Grobanteils: jedes Rechteck ist in 4 kleinere Rechtecke mit gleichen Flächenanteilen mit jeweils gleichen Grobanteilen unterteilt



Quelle: Bundesanstalt für Bodenkartierung und Bodenwirtschaft – Anweisung zur Durchführung der Kartierung, Wien 1967

2.1.2.5 Humusgehalt

Tabelle 10: Einstufung des Humusgehaltes in %

unter 2	2–4,5	über 4,5
niedrig	mittel	hoch

2.1.2.6 Kalkgehalt und Kalkverträglichkeit der Reben

Gesamtkalk

Der Karbonat Gehalt des Bodens wird als Gesamtkalk bezeichnet und als % CaCO_3 berechnet.

Der Gesamtkalkgehalt österreichischer Weingartenböden liegt mehrheitlich im Bereich von 15 bis 40 %.

Tabelle 11: Einstufung des Kalkgehaltes (Gesamtkalkgehalt in %) im Weinbau

Einstufung des Kalkgehaltes				
0	>2	10 - 20	20 – 40	40 - 50
kalkfrei bis kalkarm	niedrig	mittel	hoch	sehr hoch

Kalkaktivität

Die Kalkaktivität gibt Aufschluss über das unmittelbare Lösungsverhalten der Karbonate im Boden. Sie ermöglicht eine Abschätzung des für die Rebe unmittelbar wirksamen Kalkanteils. Die Bestimmung erfolgt durch Messung des pH-Wertes im CAL-Extrakt.

Tabelle 12: Beurteilung der Kalkaktivität

pH im CAL-Extrakt	Aktivitätsstufe	Kalkaktivität / Löslichkeit
4,1–4,5	2	gering
4,6–5,0	3	mittel
> 5,0	4	hoch

Trotz relativ geringem Kalkgehalt können bei gleichzeitig hoher Kalkaktivität bei empfindlichen Rebsorten und –unterlagen Probleme mit Chlorose auftreten. Umgekehrt kann bei relativ hohem Kalkgehalt und einer geringen Kalklöslichkeit auch die Verwendung etwas empfindlicherer Sorten möglich sein. Die Bestimmung der Kalkaktivität ermöglicht demnach eine weitere Hilfestellung bei der Wahl der geeigneten Bepflanzung. Allerdings muss beachtet werden, dass auch eine Reihe von Wechselwirkungen zum Porenanteil, Tonanteil und Wassergehalt, zur Bodentemperatur und zur Zusammensetzung der Bodenluft bestehen. Änderungen in diesem Gefüge können auch zu Änderungen der Kalkaktivität führen. Grundsätzlich ist jedoch bei einer hohen Kalkaktivität mit einem erhöhten Risiko für das Auftreten von Kalkchlorose zu rechnen.

In Tabelle 13 sind die Kalkverträglichkeiten verschiedener Unterlagsrebsorten zusammengefasst.

Tabelle 13: Zusammenfassung der Unterlagsrebsorten nach ihrer Kalkverträglichkeit

Kalkverträglichkeit / Kalktoleranz	Gesamtkalk	Aktivkalk	Kalkaktivität (KA)*	Unterlagen
obere Schwellenwerte in %				
sehr gering	15	10	2	101-14 MG, 3309 C, Börner, Riparia
Gering	30	15	3	110 R, Rici, Cina, Gravesac
Mittel	40	20	4	SO4, Binova, T5C, 125 AA, R 27, 1103 P, 420 A
Hoch	50	25	4	K 5BB, 8B, 161-49 C, 140 Ru
sehr hoch	> 50	> 25	4	Fercal, 41B

*) Der Aktivkalkgehalt wird bei der Bodenuntersuchung in Österreich nur in Form dieser Testzahl angegeben.

Die spezifischen Eigenschaften der Unterlagen ermöglichen eine Anpassung der Edelsorten an die gegebenen Boden- und Klimaverhältnisse, da die Unterlagsreben auf diese Verhältnisse sehr unterschiedlich ansprechen. Damit können unnötige Fehlschläge in der Praxis vermieden werden. Darüber hinaus reagieren auch die Edelsorten unterschiedlich auf den Kalkgehalt des Bodens. In Tabelle 14 sind die unterschiedlichen Kalkverträglichkeiten von Rebsorten zur Weinproduktion in Form ihrer Chlorose Empfindlichkeit zusammengefasst.

Tabelle 14: Chlorose Neigung von Rebsorten

wenig empfindlich	mäßig empfindlich	empfindlich
Weißweinsorten		
Furmint, Donauriesling, Neuburger, Rheinriesling, Rotgipfler, Scheurebe, Welschriesling, Zierfandler	Blütenmuskateller, Bronner, Cabernet blanc, Chardonnay, Donauveltliner, Frühroter Veltliner, Goldmuskateller,	Bouvier, Goldburger, Grüner Veltliner, Johanniter, Muskat Ottonel, Ruländer, Traminer

wenig empfindlich	mäßig empfindlich	empfindlich
	Jubiläumsrebe, Müller-Thurgau, Muscaris, Muskateller, Roter Veltliner, Sauvignon Blanc, Sauvignier gris, Sylvaner, Weißburgunder	
Rotweinsorten		
Blaufränkisch, Merlot	Blauburger, Blauer Burgunder, Blauer Wildbacher, Cabernet Franc, Cabernet Jura, Cabernet Sauvignon, Rathay, Regent, Roesler, Sankt Laurent, Zweigelt	Blauer Portugieser, Rosenmuskateller, Syrah

Die Sortenunterschiede werden durch weitere Faktoren wie Jahreswitterung, Stockbelastung, Ertrag, Nährstoff- und Wasserversorgung, Bodenverhältnisse, Lesezeitpunkt und Unterlagenkombination beeinflusst. Dadurch sind Übergänge zwischen den Empfindlichkeitsstufen möglich.

2.2 Entnahme der Bodenproben

Abbildung 51: Werkzeuge zur händischen Entnahme von Bodenproben



Abbildung 52: Am Auto montiertes Gerät zur maschinellen Entnahme von Bodenproben mit GPS-Verortung



2.2.1 Auswahl der Fläche

Eine korrekte Boden Probennahme ist die Voraussetzung für ein aussagekräftiges Analyseergebnis und damit für eine adäquate Düngeempfehlung. Die entnommene Probe soll repräsentativ für den Boden des Weingartens sein. Aufgrund der unterschiedlichen Beschaffenheit (Heterogenität) von Böden muss daher versucht werden, bodenkundlich möglichst einheitliche Flächen abzugrenzen. Dabei sind folgende Bodeneigenschaften zu beachten:

- Bodenform (lt. Bodenkartierung)
- Lage, Relief (z. B. Oberhang, Unterhang)
- Gründigkeit
- Bodenschwere (Tongehalt)
- Wasserversorgung
- Grobanteil

Bei deutlichen Unterschieden auf mehr als 30 % der Weingartenfläche sind dementsprechend zwei oder mehrere Durchschnittsproben zu entnehmen. Flächen mit kleinräumig unterschiedlichen Bodenverhältnissen (in der Regel am Pflanzenbewuchs erkennbar) sollten

nicht Bestandteil der Durchschnittsprobe sein. Die Kulturempfehlungen sind für diese Fläche entsprechend zu modifizieren. Ebenso sind Stellen, deren Bodenbeschaffenheit deutlich von der übrigen Fläche abweicht (z. B. Mietenplätze, Fahrgassen, Randstreifen, Maulwurfshügel), von der Probenahme auszuschließen.

2.2.2 Maximale Flächengröße

Die Größe der Fläche für die Gewinnung einer Durchschnittsprobe sollte im Weinbau 1 ha nicht überschreiten.

2.2.3 Zeitpunkt der Probenahme

Die Probenahme kann während des gesamten Jahres erfolgen. Der Feuchtigkeitszustand des Bodens zum Zeitpunkt der Probenahme sollte eine Bodenbearbeitung zulassen. Bei zu trockenen oder vernässten Böden sind die Ergebnisse mancher Parameter nicht aussagekräftig. Die letzte Ausbringung mineralischer Dünger sollte mindestens 1 Monat, die letzte Ausbringung organischer Düngemittel (z. B. Mist, Gülle) etwa 2 Monate zurückliegen.

2.2.4 Probenahmeverfahren, Entnahmetiefe

Je ausgewählter Fläche werden mindestens 25 Einzelproben aus dem durchwurzelten Bereich gleichmäßig verteilt auf Unterstockbereich und Fahrgassen zu einer Durchschnittsprobe vereinigt. Ober- (0–25 cm Bodentiefe) und Unterboden (25–50 cm Bodentiefe) sind getrennt zu beproben. Wenn die Gründigkeit des Bodens eine Beprobung bis 50 cm nicht zulässt, kann die Probenahme auf den Hauptwurzelhorizont beschränkt werden. Die Einzelproben werden in einem sauberen Gefäß (z. B. Plastikkübel) gesammelt und gut durchmischt. Die Probenahmepunkte sollten gleichmäßig über der Probenahmefläche verteilt sein (z. B.: Teilung der Fläche durch ein Raster, dessen Gitterweite durch eine gleiche Entfernung – Anzahl an Schritten – bestimmt ist). Zur Entnahme können Bodenstecher, Schlagbohrer oder Spaten verwendet werden. Je nach Fragestellung (z. B. Entwicklung der Nährstoffgehalte) kann eine GPS-Verortung der Probenahmepunkte sinnvoll sein.

Abbildung 53: Entnahme von Bodenproben

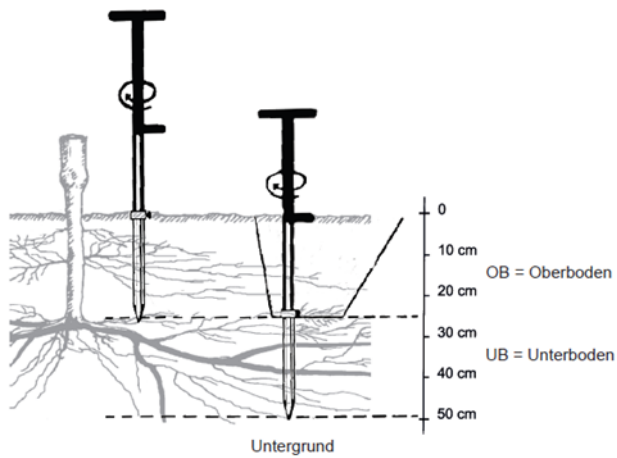


Abbildung 54: Wurzelausbreitung vom Unterstockbereich bis in die Fahrgasse



Das Wurzelsystem der Unterlagsreben ist genetisch bedingt unterschiedlich. Die Ausbreitung der Wurzeln ist je nach Bodenbeschaffenheit vertikal und horizontal weitläufig. Gesunde Reben haben vor allem bei Dauerbegrünung und extensiver Bodenbearbeitung auch im Oberboden ein aktives Wurzelsystem. Problematisch wird die Durchwurzelung bei verdichteten Böden (Sauerstoffmangel), mangelhafter Wasserversorgung, mangelndem Bodenleben, zu geringem Nährstoffgehalt und zu geringem Humusgehalt.

Abbildung 55: Bodenprofil Klosterneuburg (Quelle: W. Fritz) – Carbonat haltige Braunerde auf vorverwittertem, verbrauntem Flyschmergel; Ap-Horizont (=Bearbeitungshorizont, 0–15 cm), AB_v-Horizont (15–30 cm), B_v-Horizont (30–88 cm), C_v-Horizont (88–115 cm); schwach alkalisch; mittlerer bis hoher Kalkgehalt; sandiger Lehm; mittelschwererer Boden; mittlerer Humusgehalt; ausreichend bis hohe Nährstoffversorgung



Abbildung 56: Bodenprofil Klosterneuburg (Quelle: W. Fritz) – Carbonathaltiger Kolluvisol auf Löss; Ap-Horizont (= Bearbeitungshorizont, 0–15 cm), Ahb-Horizont (15–40 cm), C1-Horizont (40–100 cm), C2-Horizont (100–115 cm); schwach bis stark alkalisch; hoher Kalkgehalt; sandiger Schluff; leichter Boden; niedriger bis mittlerer Humusgehalt; ausreichend bis hohe Nährstoffversorgung



Abbildung 57: Schieferboden, Ranker



Abbildung 58: Tschernosem; Arig-Horizont – Rigolhorizont = lehmiger Sand mit geringem Grobanteil (0–40 cm); C-Horizont = Lehm mit geringem Grobanteil (40–100 cm); alkalisch; hoher Kalkgehalt; Verarmung an Phosphor und Kalium im Unterboden



2.2.5 Probemenge

Von der gut durchmischten Durchschnittsprobe werden im Labor folgende Mengen benötigt:

- Grunduntersuchung (pH-Wert, pflanzenverfügbare Gehalt an P, K und Mg, Humusgehalt): 300 g
- Grunduntersuchung und zusätzliche Untersuchungen: 1.000 g

2.2.6 Probenlagerung, Probentransport

Die Probe sollte so schnell wie möglich zur Untersuchungsstelle bzw. – im Rahmen von Bodenuntersuchungsaktionen – zur Probensammelstelle gebracht werden. Eine Zwischenlagerung bis zu 4 Wochen ist möglich, sofern der Boden schonend an der Luft getrocknet wurde.

2.2.7 Prüfauftragsformular – Erhebungsbogen

Um eine optimale Abwicklung der Prüfaufträge und eine fachgerechte Beratung zu gewährleisten, sind folgende Angaben zum Betrieb und zum Standort erforderlich:

- Betriebsnummer
- Name und Adresse des Betriebsinhabers
- Telefon
- E-Mail
- MFA-Nummer
- Proben-/Feldstück-/Schlagbezeichnung
- Größe der Entnahmefläche
- Entnahmetiefe
- Standortbeschreibung (Gründigkeit, Bodenschwere, Wasserverhältnisse, Grobanteil)
- Angaben zur Kultur (Neuanlage, bestehende Anlage, Alter der Kultur, durchschnittlicher Ertrag des Standortes)
- verwendete Wirtschaftsdünger (Menge, Zeitpunkt der Anwendung)
- gewünschte Untersuchungsparameter

Zur Erfassung dieser Daten stellt das Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion – Abteilung Bodengesundheit und Pflanzenernährung der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit ein Prüfauftragsformular zur Verfügung. Dieses Formular ist online unter www.ages.at/umwelt/boden/bodenuntersuchungen abrufbar.

2.3 Auswahl der Untersuchungsparameter

Zur Erstellung einer fundierten Dünge- und Kulturempfehlung im Weinbau sind folgende Untersuchungen erforderlich:

2.3.1 Grunduntersuchung für den Weinbau

Mit diesem Untersuchungspaket werden die wesentlichsten Bodenparameter für die Erstellung einer Düngeempfehlung erfasst. Der pH-Wert, gemessen in einer Bodensuspension mit einer schwachen Salzlösung (CaCl_2), charakterisiert die Bodenreaktion und die Kalkbedürftigkeit. Die „pflanzenverfügbaren“ Gehalte an Phosphor, Kalium und Magnesium werden durch spezielle Extraktionsverfahren ermittelt. Die Gehaltseinstufungen sind die Grundlage für die Düngeberechnungen und erfolgen auf Basis von Ergebnissen aus langjährigen Feldversuchen.

Die Untersuchung des Humusgehaltes im Oberboden gibt – in Kombination mit weiteren Bodendauereigenschaften – einen Rückschluss auf die Bodenfruchtbarkeit. Mit gewissen Einschränkungen kann aus dem Humusgehalt auch auf das Stickstoffnachlieferungsvermögen eines Standortes geschlossen werden.

2.3.2 Erweiterte Untersuchungen für den Weinbau

Die Verfügbarkeit von Stickstoff stellt einen wesentlichen Faktor für das Wachstum der Reben und für die Weinqualität dar. Durch die Untersuchung des mineralischen Stickstoffs, der sich aus den Anteilen Nitrat (NO_3) und Ammonium (NH_4) zusammensetzt, kann die aktuelle Versorgungssituation eines Weingartenbodens festgestellt werden. Die Untersuchung des Gehalts an nachlieferbarem Stickstoff ermöglicht eine längerfristige Abschätzung des Potenzials eines Standortes und erlaubt eine entsprechende Korrektur der erforderlichen Stickstoffdüngung.

Zur weiteren Charakterisierung der Nährstoffversorgung und zur Erstellung einer detaillierteren Düngeempfehlung können auch die verfügbaren Spurenelemente Eisen, Mangan, Kupfer, Zink und Bor analysiert werden. Diese Untersuchungen sind auch bei speziellen Problemen wie vermuteten physiologischen Störungen sinnvoll.

Die Parameter der erweiterten Untersuchung können je nach Bedarf kombiniert werden.

2.3.3 Bodendauereigenschaften

Die Untersuchung der Bodendauereigenschaften sollte durchgeführt werden, wenn

- noch keine Bodenuntersuchung erfolgt ist (z. B. Neuanlage),
- die letzte Untersuchung bereits mehr als 10 Jahre zurückliegt,
- sich das Gelände verändert hat oder
- Probleme mit der Entwicklung und dem Wachstum der Rebstöcke auftreten.

Der Kalkgehalt und die Kalkaktivität ermöglichen eine gezielte Auswahl von Rebsorten und/oder Unterlagsreben im Hinblick auf deren Kalkverträglichkeit. Besonders auf schweren Böden kann es zu Problemen mit der Kaliumversorgung aufgrund einer bodenbedingten Kaliumfixierung kommen. Je nach Ausmaß dieser Fixierung kann die Kaliumdüngung entsprechend angepasst werden.

Die Zusammensetzung beziehungsweise das Verhältnis der Korngrößenklassen Sand, Schluff und Ton erlaubt eine detaillierte Beurteilung der Bodenschwere. Diese Information fließt in die Erstellung der Empfehlung für die Kalium- und Magnesiumdüngung ein.

Austauschbar gebundene Kationen – dazu zählen die Nährstoffe Kalzium, Magnesium, Kalium, Eisen und Mangan sowie Natrium und Aluminium – spielen für die optimale Versorgung der Reben eine wesentliche Rolle. Es sind dabei sowohl die Gesamtmenge, als auch die Anteile der einzelnen Elemente von Relevanz.

Auf Problemstandorten sollten die Kalifixierung und die Kationenaustauschkapazität in jedem Fall ermittelt werden.

Tabelle 15: Zusammenfassung der Untersuchungsparameter

Kurzbezeichnung	Untersuchung	Ergänzende Hinweise
Grunduntersuchung für Weingartenböden		
A	pH, pflanzenverfügbare Anteile von Kalium und Phosphor (nach ÖNORM L 1083 und L 1087)	
M	Gehalt an pflanzenverfügbarem Magnesium (nach ÖNORM L 1093)	Alternativ dazu kann auch der Gehalt an CAT-extrahierbarem Magnesium oder austauschbarem Magnesium (Kurzbezeichnung K) herangezogen werden.
H	Humusgehalt (organische Substanz) (nach ÖNORM L 1080)	
Erweiterte Untersuchung für Weingartenböden		
N_{min}	Gehalt an mineralischem (leicht löslichem) Stickstoff: Nitrat und Ammonium (nach ÖNORM L 1091)	Für diese Untersuchung ist ein gekühlter Proben-transport oder eine Extraktion vor Ort erforderlich. Das Untersuchungsergebnis ist lediglich eine Momentaufnahme.
N_{nl}	Gehalt an nachlieferbarem Stickstoff	
S	Gehalt an pflanzenverfügbarem Eisen, Mangan, Kupfer und Zink (nach ÖNORM L 1089 oder im CAT-Extrakt)	
B	Gehalt an pflanzenverfügbarem Bor (nach ÖNORM L 1090 oder im CAT-Extrakt)	
Bodendauereigenschaften		
O	Kalkgehalt (nach ÖNORM L 1084)	
F	Kaliumfixierung (nach ÖNORM L 1097)	
KA	Kalkaktivität	

Bodendauereigenschaften	
T, K3	Tongehalt oder Gehalt an den Korngrößenklassen, Sand, Schluff und Ton (nach ÖNORM L 1061-2)
K	Gehalt an austauschbaren Kationen (Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium; bei sauren Böden zusätzlich Eisen, Mangan, Aluminium und H ⁺ -Ionen) (nach ÖNORM L 1086-1 bzw. L 1086-2)

Alle angegebenen Untersuchungen sind sowohl beim Oberboden (0–25 cm Tiefe) als auch beim Unterboden (25–50 cm Tiefe) durchzuführen.

Weitere Informationen dazu sind im Internet unter www.ages.at/umwelt/boden/bodenuntersuchungen und www.rebschutzdienst.at/ zu finden.

3 Interpretation der Bodenanalyse und Düngung

3.1 Einstufung der Bodenuntersuchungsergebnisse

Die nachfolgenden Einstufungen beziehen sich auf die in Tabelle 15 genannten Untersuchungsmethoden. In den „Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland“ des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft ist auch eine entsprechende Einstufung für die Ergebnisse der Untersuchung nach dem Elektro-Ultra-Filtrationsverfahren (EUF) angeführt. Für andere Analysenmethoden können die folgenden Einstufungen und Empfehlungen nicht herangezogen werden.

3.1.1 Einstufung von pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium

Tabelle 16: Einstufung von pflanzenverfügbarem Phosphor

Gehaltsstufe	mg P je 1.000 g Feinboden ¹⁾
A sehr niedrig	unter 26
B niedrig	26–46
C1 ausreichend	47–90
C2 ausreichend	90–111
D hoch	112–174
E sehr hoch	über 174

1) Feinboden = jene Bodenteilchen, die ein 2 mm-Sieb passieren

Tabelle 17: Mindestgehalte an wasserlöslichem Phosphor bei Vorliegen der Gehaltsklasse D für pflanzenverfügbaren Phosphor nach ÖNORM L 1087 (CAL)

mg P (CAL) je 1.000 g Feinboden	mg P (H ₂ O) je 1.000 g Feinboden	
	112–129	8,7
	130–159	6,5
	160–174	4,4

Tabelle 18: Einstufung der pflanzenverfügbaren Kaliumgehalte unter Berücksichtigung der Bodenschwere

Gehaltsstufe ²⁾	mg K je 1.000 g Feinboden ¹⁾		
	leichter Boden	mittelschwerer Boden	schwerer Boden
A sehr niedrig	unter 50	unter 66	unter 83
B niedrig	50–87	66–112	83–137
C1 ausreichend	88–147	113–176	138–204
C2 ausreichend	148–178	177–212	205–245
D hoch	179–291	213–332	246–374
E sehr hoch	über 291	über 332	über 374

1) Feinboden = jene Bodenteilchen, die ein 2 mm-Sieb passieren

2) Auf das Verhältnis Kalium: Magnesium sollte geachtet werden.

3.1.1.1 Kaliumfixierung

In tonreichen Böden kann es zur Festlegung von Kalium kommen. Dabei spielen die Art der Tonminerale und deren Dynamik auf mit Kalium schlecht versorgten Böden eine wichtige Rolle. Aus dem analytisch ermittelten Wert der Kaliumfixierung kann die zum Ausgleich notwendige Kaliumdüngermenge ermittelt werden. Diese nachfolgend errechnete Kaliumdüngermenge zur Beseitigung der Kaliumfixierung ist eine einmalige Gabe und ist zusätzlich zur normalen Entzugsdüngung zu verabreichen. Bei sehr hohem Bedarf kann eine Teilung sinnvoll sein.

Berechnung der Ausgleichsdüngung:

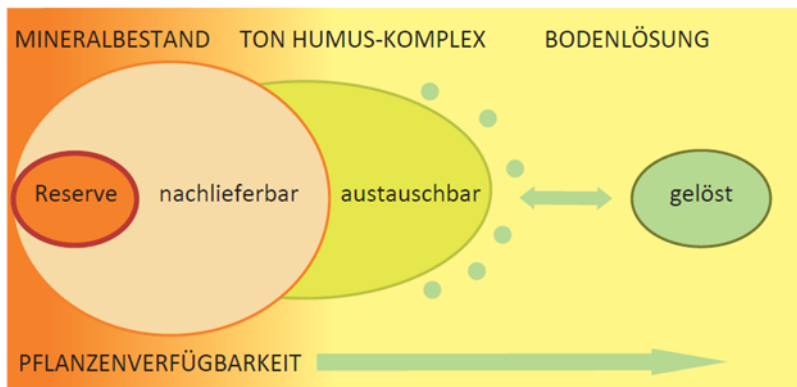
Ausgleichsdüngung (kg K₂O/ha) = (Kaliumfixierung [mg K/1000g] – 249) x 0,84.

Beispiel:

Kaliumfixierung 420 mg K/1000 g

Ausgleichsdüngung = (420 – 249) x 0,84 = 171 x 0,84 = 144 kg K₂O/ha

Abbildung 59: Darstellung der Zusammenhänge der Nährstoffverhältnisse im Boden und der Bodenlösung



3.1.1.2 Austauschbare Kationen

Böden zeigen aufgrund der elektrischen Ladung von Ton- und Humusteilchen sowie von Oxiden eine negative Überschussladung. Daher können positiv geladene Ionen – die sogenannten Kationen – an den Oberflächen adsorbiert und in pflanzenverfügbarer Form gut gespeichert werden. Dazu zählen Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium als „basisch wirkende“ und Aluminium, Eisen, Mangan und Wasserstoff Ionen als „sauer wirkende“ Kationen. Die Mengen und Anteile der genannten Kationen sowie deren Summe (=Kationenaustauschkapazität, Abkürzung KAK) in den Böden wird durch Art und Gehalt an Tonmineralen und Humus sowie durch den pH-Wert bestimmt und variiert daher in einem weiten Bereich. Ton- und humusreiche Böden haben eine höhere Sorptionskraft und damit auch eine höhere Austauschkapazität als humusarme Sandböden. Die Austauschkapazität wird in centimol Ionenäquivalent pro 1.000 g Boden (cmol⁺/1.000 g) angegeben und liegt zu meist im Bereich zwischen 10 und 30 cmol⁺/1.000 g.

Die Bestimmung der effektiven Kationenaustauschkapazität (KAK_{eff}) erfolgt in der Routinobodenanalytik gemäß ÖNORM L 1086-1 nach Extraktion mit einer ungepufferten Bariumchlorid-Lösung beim aktuellen pH-Wert des Bodens ($0.1 \text{ M BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ im Verhältnis 1:20). Die KAK_{eff} nimmt mit steigendem pH zu. Für leichte Böden (Ton < 15 %; Humus < 2,5 %) liegt die KAK_{eff} bei einem anzustrebenden pH-Wert von über 5,5 um 10 cmol/kg, für mittlere Böden (Ton 15–25 %; Humus 2,5–3,75 %) bei einem anzustrebenden pH-Wert von über 6,0 um 16 cmol/kg und für schwere Böden (Ton > 25 %; Humus 2,5–6,5 %) bei einem anzustrebenden pH-Wert von über 6,5 um 26 cmol/kg. Liegt der aktuelle pH-Wert jedoch um 0,5 Einheiten niedriger als der anzustrebende, ist die effektive Kationenaustauschkapazität auf leichten Böden um 2 cmol/kg (–21 %), auf mittleren Böden um 2,5 cmol/kg (–15 %) und auf schweren Böden um fast 3 cmol/kg (–11 %) vermindert. Bei einer noch akuterer Versauerung um eine pH-Wert-Einheit liegt je nach Bodenschwere von leicht bis zu schwer die KAK_{eff} um 4 cmol/kg (–44 %), um 5 cmol/kg (–32 %) und um 6 cmol/kg (–23 %) niedriger. Die große Bedeutung der Erhaltung eines optimalen Säuregrades für das Nährstoffspeichervermögen wird damit belegt. Eine Abschätzung der effektiven Austauschkapazität ist bei Böden mit pH-Werten über 6,5 mit folgender Formel möglich:

Summe der Kationen (cmol+/1.000 g Boden) = Doppelter Humusgehalt (%) + halber Tongehalt (%).

Ökologisch gesehen ist es sinnvoller, die Basensättigung auf die KAK_{eff} zu beziehen, da in vielen Böden die KAK_{pot} nicht erreicht wird, wofür generell ein pH-Wert um 7 erforderlich wäre. Aus Untersuchungen an den sauersten Standorten in Österreichs geht hervor, dass bis zu einem pH von 5,5 noch 98 % der KAK_{eff} mit Basen (Ca, Mg, K und Na) abgesättigt sind, bei pH von 5,0 sind es 92–97 %. Unter dem pH-Bereich von 5,0 geht der Basenanteil deutlich zurück und zugleich steigt der Anteil des austauschbaren Aluminiums exponentiell an (16 % bei pH 4,5 und 38 % bei pH 4,0). Der Anteil des austauschbaren Mangans steigt hingegen nur wenig auf etwa 3 % bei pH 4,0. Bei erhöhten Gehalten von sauer wirkenden Kationen in diesem niedrigen pH-Bereich ist eine rasche Verbesserungskalkdüngung unbedingt erforderlich.

Die Bestimmung der potentiellen KAK (KAK_{pot}) erfolgt in einer auf pH > 7 eingestellten gepufferten BaCl_2 -Lösung. Die effektive Kationenaustauschkapazität liegt umso mehr unterhalb der potentiellen Kationenaustauschkapazität, je niedriger der pH-Wert und je höher der Anteil an variabler Ladung ist. Der Unterschied ist daher bei sauren, humosen Sandböden besonders groß. Wird der pH-Wert solcher Böden durch Kalkung erhöht, so steigen je nach Anteil variabler Ladung die Menge austauschbarer Kationen (v.a. Ca) und somit die

KAK_{eff} an. Die potentielle Kationenaustauschkapazität kann durch Aufsummierung der KAK_{eff} und den aus dem pH-Acetat errechneten, dissoziierten H⁺-Ionen nach Schachtschabel näherungsweise abgeschätzt werden, wobei sich für Ackerböden eine recht gute Übereinstimmung (r=0,90 und hochsignifikant) mit der analytischen Bestimmung gezeigt hat (Oberösterreichische Bodenzustandinventur 1993).

Die Aggregatstabilität mittlerer und schwerer Böden wird durch einen höheren Anteil an austauschbarem Calcium an den variablen Ladungen gefördert. Eine hohe Calcium-Sättigung wirkt sich weiters durch die Bildung von Calcium-Brücken zwischen den Bodenkolloiden günstig auf die physikalischen Eigenschaften (Porenanteil, Wasseraufnahme, geringere Verschlammungs- und Erosionsgefahr) aus. Um ein ausgeglichenes Nährstoffangebot und eine günstige Bodenstruktur zu gewährleisten, soll der Sorptionskomplex des Bodens bezogen auf KAK_{eff} wie in Tabelle 19 dargestellt belegt sein.

Tabelle 19: Optimal Bereiche der austauschbaren Kationen

Calcium	Magnesium	Kalium	Natrium
75–90 %	5–15 %	3–5 %	< 1 %

Starke Abweichungen von diesen Werten können zu einer Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit führen. Entsprechende Kalkungs- (Verbesserung des Anteils an Ca und eventuell Mg) oder Düngungsmaßnahmen (Düngung mit K und/oder Mg) können dem entgegenwirken.

Hinsichtlich der Verfügbarkeit der meisten Nährstoffe gilt ein pH-Bereich von etwa 5,75 bis 7 als ideal, woraus sich die häufig genannten optimalen Calciumanteile von etwa 80–85 % bezogen auf KAK_{eff} und etwa 65–75 % bezogen auf KAK_{pot} ergeben. Auf den kalkhaltigen Böden im Nordosten Österreichs liegt der Calciumanteil bezogen auf KAK_{eff} und KAK_{pot} zwischen 85 bis knapp über 90 %, wobei dieser Anteil kaum veränderbar ist. Auf eine ausreichende Magnesium- und Kaliumversorgung ist zu achten.

Werden die austauschbaren Magnesium- und Kalium Ionen nach der KAK_{eff}-Bestimmung entsprechend ihrer Ionenäquivalente (Wertigkeit, Molekulargewicht) in mg/kg umgerechnet, ergeben sich bei der Bestimmung der effektiven Kationenaustauschkapazität etwa die 1,6-fache Menge an Magnesium im Vergleich zu Magnesium im CaCl₂-Auszug (nach

Schachtschabel) sowie die 1,2-fache Menge an Kalium im Vergleich zu Kalium im CAL-Extrakt. Die absoluten austauschbaren Magnesium- und Kaliumgehalte sind mit den entsprechenden pflanzenverfügbaren Gehalten hoch korreliert und können im Bedarfsfall aus ihnen abgeleitet werden. Diese Korrelation ist in Tabelle 20 am Beispiel der Magnesiumgehalte dargestellt.

Tabelle 20: KAK_{eff} -Werte für die Magnesiumgehaltsklassen

Gehaltsklasse	Mg-cmol/kg (KAK_{eff})		
	leicht	mittel	schwer
A sehr niedrig		unter 0,40	unter 0,53
B niedrig	unter 0,67	0,41–0,73	0,54–1,00
C ausreichend	0,67–1,00	0,74–1,40	1,01–1,80
D hoch	1,01–2,00	1,41–2,55	1,81–2,95
E sehr hoch	über 2,00	über 2,55	über 2,95

Sollte nur ein Ergebnis der Untersuchungen der Kationenaustauschkapazität vorliegen, kann der Gehalt an pflanzenverfügbarem Kalium und Magnesium und damit die Gehaltsklasse wie in folgendem Beispiel dargestellt abgeschätzt werden:

Beispiel:

Magnesiummesswert für das austauschbare Magnesium: 1,25 cmol Mg/kg:
 Umrechnung in mg pflanzenverfügbares Magnesium je kg mittels folgender
 Formel: $MgCaCl_2 = 73,947 \times 1,25 \approx 92 \text{ mg Mg/kg}$

Die Anteile der einzelnen austauschbaren Ionen können aus einem Untersuchungsergebnis folgendermaßen berechnet werden:

Messwert des Einzel Ions in cmol_c/kg x 100 / Summe der austauschbaren Kationen in cmol_c/kg = Anteil des Einzel Ions

In den Tabellen 21 und 22 ist ein Berechnungsbeispiel anhand eines Untersuchungsergebnisses angeführt.

Tabelle 21: Untersuchungsergebnis für das Berechnungsbeispiel in Tabelle 22

Untersuchungsergebnis für das Berechnungsbeispiel	
Ca	16,3 cmolc/kg
Mg	1,2 cmolc/kg
K	0,2 cmolc/kg
Na	unter 0,1 cmolc/kg (sehr gering, vernachlässigbar)
Summe der austauschbaren Kationen	17,7 cmolc/kg (= 16,3 + 1,2 + 0,2)

Tabelle 22: Berechnungsbeispiel der Belegung des Sorptionskomplexes

		Anteil (%)	Günstiger Bereich (Sollwerte)
Ca	$16,3 \times 100 / 17,7$	92,1	75–90 %
Mg	$1,2 \times 100 / 17,7$	6,8	5–15 %
K	$0,2 \times 100 / 17,7$	1,1	2–5 %

Starke Abweichungen von den Sollwerten können zu einer Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit führen. Calciumanteile unter 50% sind häufig die Ursache für eine schlechte Bodenstruktur. Steigt der Natriumanteil über 5 %, kommt es zum „Zerfließen“ des Bodens. Bei Kaliumanteilen unter 2 % und hoher Magnesiumversorgung können Versorgungsprobleme mit Kalium auftreten. Umgekehrt sind bei Magnesiumanteilen unter 8 % in Verbindung mit hohen Kaliumwerten Magnesiummangelsymptome möglich.

Die in der Routine-Bodenanalytik verwendeten Verfahren erfassen einen Magnesium- und Kaliumpool, der zu einem hohen Anteil aus den austauschbaren Kationen besteht. Mit dem CAL-Extrakt werden etwa 82 % des austauschbaren Kaliums, mit dem Extrakt nach Schachtschabel etwa 62 % des austauschbaren Magnesiums erfasst. Der Natriumanteil liegt zumeist unter 1 %, weil Natrium nur schwach am Sorptionskomplex gebunden wird. Deutlich höhere Natriumanteile finden sich nur in streusalzbeeinflussten Böden und in einigen trockenen Gebieten (Salzböden) im Osten und Nordosten Österreichs. Die KAK und die Anteile der basisch wirkenden Kationen können bei Problemstandorten eine Ergänzung zu den Ergebnissen aus den Standarduntersuchungen (pH-Wert, Humusgehalt, Tongehalt/Boden-

schwere, Magnesiumgehalt) liefern, aus der in Abstimmung mit einem Berater entsprechende zusätzliche Maßnahmen wie Kalkung, Kalium- oder Magnesiumzufuhr abgeleitet werden können. Bei Belegungsanteilen unter 60 % für Calcium ist eine Kalkung auch bei pH-Werten über 6 zu empfehlen.

3.1.2 Einstufung der Magnesiumgehalte

Tabelle 23: Einstufung der Magnesiumgehalte (Mg) nach der Methode „Schachtschabel“ unter Berücksichtigung der Bodenschwere

Gehaltsstufe	mg Mg je 1.000 g Feinboden		
	leichter Boden	mittelschwerer Boden	schwerer Boden
A sehr niedrig	–	unter 30	unter 40
B niedrig	unter 50	30–55	40–75
C ausreichend	50–75	56–105	76–135
D hoch	76–150	106–190	136–220
E sehr hoch	über 150	über 190	über 220

Tabelle 24: Einstufung des Kalium: Magnesium Verhältnisses

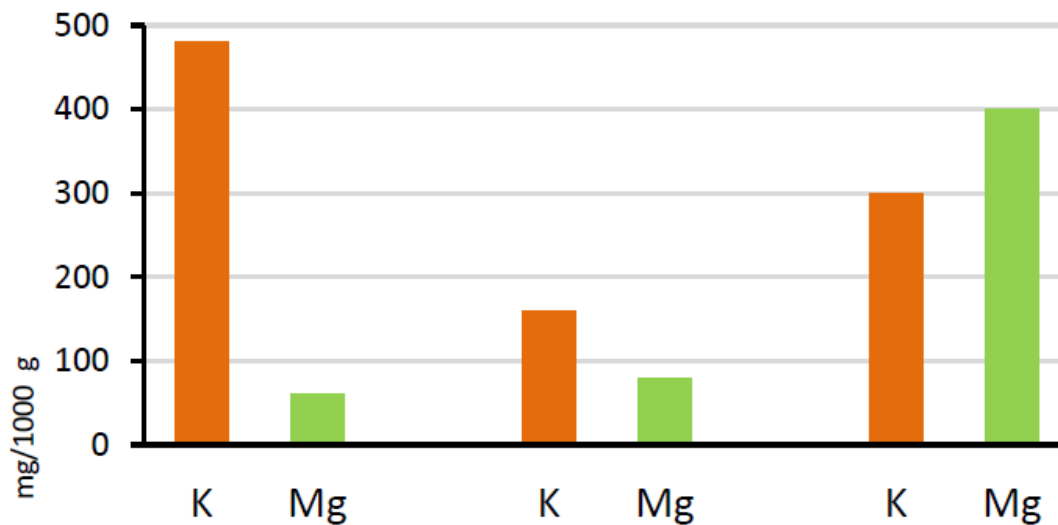
K : Mg Verhältnis *)		
Ungünstig	größer als 5:1	Magnesiummangelsymptome möglich
Günstig	1,7:1 bis 5:1	
Ungünstig	kleiner als 1,7:1	Kaliummangelsymptome möglich

*) Angaben bezogen auf mg Element/1.000 g Boden

Beispiele:	A:	B:	C:
Kaliumgehalt	480 mg/1.000 g	160 mg/1.000 g	300 mg/1.000 g
Magnesiumgehalt	60 mg/1.000 g	80 mg/1.000 g	400 mg/1.000 g

Beispiele:	A:	B:	C:
Berechnung	480:60 = 8	160:80 = 2	300:400 = 0,75
K / Mg-Verhältnis	8:1 Magnesiummangel-symptome möglich	2:1 Optimales K / Mg-Verhältnis	0,75:1 Kaliummangel-symptome möglich

Abbildung 60: Darstellung der Einstufung des Kalium Magnesium Verhältnisses der Beispiele A, B und C



3.1.3 Einstufung der Spurenelemente: Bor, Kupfer, Zink, Mangan und Eisen

Tabelle 25: Einstufung der Gehalte von Bor in mg/1.000 g Feinboden

Gehaltsstufe	leichter Boden	mittelschwerer und schwerer Boden
A sehr niedrig	< 0,2	< 0,3
C mittel	0,2–2,0	0,3–2,5
E sehr hoch	> 2,0	> 2,5

Tabelle 26: Einstufung der Gehalte an Kupfer, Zink, Mangan und Eisen in mg/1.000 g Feinboden in Abhängigkeit vom Kalkgehalt und vom pH-Wert des Bodens

	Gehaltsstufe	Kupfer	Zink	Mangan	Eisen
Kalkgehalt ≤ 15 % oder pH ≤ 7,5	A sehr niedrig	< 2	< 2	< 20	< 20
	C mittel	2–20	2–20	20–200	20–300
	E sehr hoch	> 20	> 20	> 200	> 300
Kalkgehalt > 15 % oder pH > 7,5 bzw. kalkempfindliche Sorten und Unterlagen	A sehr niedrig	< 2	< 2	< 50	< 70
	C mittel	2–20	2–20	50–200	70–300
	E sehr hoch	> 20	> 20	> 200	> 300

3.1.4 Abschätzung der Stickstoffnachlieferung

Die Abschätzung der Stickstoff-Nachlieferung eines Standortes erfolgt mit Hilfe der Bebrütungsmethode („Anaerobe Mineralisierung“) oder des Humusgehaltes. Die Einstufung wird in Tabelle 27 wiedergegeben.

Tabelle 27: Einstufung des Stickstoffmineralisierungspotenzials durch die „Anaerobe Mineralisierung“ (Bebrütungsmethode) oder Abschätzung durch den Humusgehalt

Gehaltsstufe	Bebrütungswert (Anaerobe N-Mineralisation in mg N/1.000 g Feinboden*)/Woche)	Humusgehalt in %
Niedrig	unter 35	unter 2,0
Mittel	35–70	2,0–4,5
hoch	über 70	über 4,5

*) Als Feinboden werden alle Bodenteilchen unter 2 mm bezeichnet.

Die tatsächliche Stickstoff-Nachlieferung kann vor allem deshalb nur geschätzt werden, weil sie in der Praxis auch von anderen Faktoren, vornehmlich von der Witterung, abhängig ist.

3.1.5 Bodenuntersuchungszeugnis / Prüfbericht – Düngeempfehlung

Um die Bodenuntersuchungsergebnisse, die für die Ermittlung der Düngeempfehlung herangezogen werden, besser zu veranschaulichen, erfolgt die Darstellung auf dem Formular „Empfehlung für den Reinnährstoff-Ergänzungsbedarf“ auch in grafischer Form. Diese Darstellung zeigt sehr deutlich die Einstufung der Gehalte innerhalb der einzelnen Gehaltsstufen.

In Ertragsanlagen orientiert sich die Düngegabe am Bedarf der Pflanze (Erhaltungsdüngung), bei Neuanlagen erfolgt eine einmalige Optimierung des Nährstoffgehaltes im Boden (Aufdüngung, Vorratsdüngung).

Abbildung 61: Bodenuntersuchungsergebnisse und Nährstoffempfehlungen

Empfehlung für den Reinnährstoff - Ergänzungsbedarf							
Analyseauftrag 12xxxxxx-003							
Auftraggeber:	Name und Adresse						
Betrieb:	Betriebsname						
Feldstück/Schlag:	Weingarten 1; Entnahmetiefe: 0-25cm; Triebwachstum mittel						
Geplante Kultur:	Wein (Mulch) - Ertrags erwartet: mittel (8 to/ha)						
Vorfrucht:	Rebschnittholz wird bei der Nährstoffberechnung berücksichtigt.						
Wirtschaftsdünger:	Keine Angabe						
Gründigkeit	mittel	Bodenschwere	mittelschwer		Wasserverhältnisse	Grobanteil	
			trocken bis mäßig feucht			gering bis mäßig	
N-Nachlieferung	Wert	Einstufung	Beurteilung				
			niedrig	mittel	hoch		
Humusgehalt %	2,5	mittel					
Untersuchung	Wert	Einstufung	Beurteilung				
			sehr niedrig	niedrig	optimal	hoch sehr hoch	
Phosphat (mg/1000g)	84	C					
Kali (mg/1000g)	230	D					
Magnesium (mg/1000g)	100	C					
Bor (mg/1000g)	1,3	C					
Verhältnis K:Mg	2,3 : 1	< 1,7 : 1		relativer Mg-Überschuss	Optimalbereich	> 5 : 1	
						relativer K-Überschuss	
Kalkgehalt %	15,5	mittel	kalkarm	niedrig	mittel	hoch sehr hoch	
ph-Wert (CaCb)	7,6	alkalisch	stark sauer	sauer	schwach sauer	neutral alkalisch stark alkalisch	
ph-Wert (CaCb)	7,6	alkalisch					
Anmerkungen	Keine						
Nährstoffempfehlung in kg /ha (für die angegebene Kultur):							
Nährstoffe kg/ha	Gesamt-Nährstoffbedarf	Nährstoffe durch Vorfrucht	Nährstoffe durch Wirtschaftsdünger			Ergänzungsbedarf	Überschuss
			ab Lager kg/ha	feldfallend kg/ha	jahreswirksam kg/ha		
Stickstoff N	max. 70	0	keine Angabe			max. 70	
Phosphor P2O5	20	10				10	
Kalium K2O	40	20				20	
Magnesium MgO	20	0				20	

Die Rebe ist nur bedingt chloridverträglich. Wenn chloridhaltige Dünger zur Erhaltungsdüngung eingesetzt werden, dann im Herbst (dann wird Chlorid bei normalen Niederschlagsmengen im Winterhalbjahr ausgewaschen).

Chloridhaltige Dünger sollen nicht für die Aufdüngung, Düngung von Junganlagen und für Rebschulen verwendet werden.

Empfehlung für den Reinnährstoff - Ergänzungsbedarf
 Analysenauftrag 12xxxxxxx-004

Auftraggeber:	Name und Adresse
Betrieb:	Betriebsname
Feldstück/Schlag:	Weingarten 1; Entnahmetiefe: 25-50
Geplante Kultur:	Wein (Mulch) - Ertragserwartung: mittel (8 to/ha)
Vorfrucht:	Rebschnittholz wird bei der Nährstoffberechnung berücksichtigt.
Wirtschaftsdünger:	Keine Angabe

Gründigkeit	Bodenschwere	Wasserverhältnisse	Grobanteil
mittel	mittelschwer	trocken bis mäßig feucht	gering bis mäßig
N-Nachlieferung	Wert	Einstufung	Beurteilung
Humusgehalt %	1,7	mittel	niedrig mittel hoch
Untersuchung	Wert	Einstufung	Beurteilung
Phosphat (mg/1000g)	37	B	sehr niedrig niedrig optimal hoch sehr hoch
Kali (mg/1000g)	78	B	
Magnesium (mg/1000g)	91	C	
Bor (mg/1000g)	1	C	
Verhältnis K:Mg	0,88:1	< 1,7 : 1	relativer Mg-Überschuss Optimalbereich > 5 : 1 relativer K-Überschuss

ph-Wert (CaCb)	7,6	alkalisch	stark sauer sauer schwach sauer neutral alkalisch stark alkalisch
----------------	-----	-----------	---

Aufgrund des ungünstigen Kali : Magnesium Verhältnisses wird die Kali - Düngung wie in der nächst niedrigeren Gehaltsklasse vorgeschlagen.
 Anmerkungen
 Keine

Nährstoffempfehlung in kg /ha (für die angegebene Kultur):

Nährstoffe kg/ha	Gesamt-Nährstoffbedarf	Nährstoffe durch Vorfrucht	Nährstoffe durch Wirtschaftsdünger			Ergänzungsbedarf	Überschuss
			ab Lager kg/ha	feldfallend kg/ha	jahreswirksam kg/ha		
Stickstoff N	0	0		keine Angabe	0		
Phosphor P2O5	44	0			44		
Kalium K2O	120	0			120		
Magnesium MgO	20	0			20		

Die Rebe ist nur bedingt chloridverträglich. Wenn chloridhaltige Dünger zur Erhaltungsdüngung eingesetzt werden, dann im Herbst (dann wird Chlorid bei normalen Niederschlagsmengen im Winterhalbjahr ausgewaschen).

Chloridhaltige Dünger sollen nicht für die Aufdüngung, Düngung von Junganlagen und für Rebschulen verwendet werden.

Quelle: Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES), Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Abteilung Bodengesundheit und Pflanzenernährung

3.1.6 Düngeempfehlung für Ober- und Unterboden

Ist ein starkes Ungleichgewicht zwischen der Nährstoffversorgung von Ober- und Unterboden gegeben (z. B. Oberboden: Gehaltsstufe D/E, Unterboden: Gehaltsstufe A/B), sollte eine tiefreichende Bodendurchmischung erfolgen. Besteht diese Möglichkeit nicht, ist eine Tiefendüngung zu empfehlen. In diesem Fall sollte durch die Verwendung geeigneter Geräte sichergestellt werden, dass die Düngemittel direkt in der entsprechenden Bodentiefe ausgebracht werden (Abb. 70). Um die Regeneration der verletzten Wurzeln zu ermöglichen, sollte eine Unterbodendüngung nicht in der Hauptvegetationszeit (Mai–Ende Oktober), sondern im Spätherbst oder Frühjahr durchgeführt werden. Die erforderlichen Nährstoffmengen können auch im zweijährigen Abstand (Jahreempfehlung x 2) ausgebracht werden.

3.2 Erläuterungen zur Düngung und Düngewirkung

Das Nährstoffangebot des Bodens aus der natürlichen Nachlieferung (Mineralteilchen, Humusgehalt) ist durch den regelmäßigen Nährstoffentzug nicht auf Dauer ausreichend, um eine gute Rebstock Entwicklung und optimale Erträge sicherzustellen. Durch die Düngung werden den Reben über den Boden organisch gebundene und mineralische (anorganische) Nährstoffe zugeführt. Die Düngung muss einerseits auf das notwendige Maß begrenzt werden, andererseits so ausreichend bzw. harmonisch und zeitlich abgestimmt sein, dass die Ertrags- und Qualitätsmöglichkeiten weitgehend ausgenutzt werden. Die vorgegebene Gesetzeslage ist dabei zu beachten (siehe Kapitel 6 – Gesetzliche Rahmenbedingungen des Düngungsmanagements).

Der Düngebedarf ergibt sich aus einer Gegenüberstellung des Nährstoffentzugs durch den Ertrag, den Nährstoffverlusten, dem Nährstoffnachlieferungsvermögen aus dem Boden und dem Nährstoffausnutzungsvermögen der Rebe.

Die angebotenen Nährstoffe können nicht vollständig von der Rebe verwertet werden. Hierbei haben der jahreszeitliche Nährstoffbedarf, der Gehalt an organischer Substanz, die Aktivität der Bodenmikroorganismen und die Bodenpflege (Wasserversorgung) wesentlichen Einfluss. Der Rebe kommt aber zugute, dass sie ein weit verzweigtes und tief reichendes Wurzelsystem besitzt und deshalb Nährstoffe auch aus tieferen Bodenschichten erschließen kann. Besonders während längerer Trockenperioden entnimmt die Rebe aus dem Unterboden (25–50 cm) die notwendigen Nährstoffe. Eine entsprechende Versorgung dieser

Bodenschichten ist daher von großer Bedeutung. Daneben kann sie durch ihr beachtliches Speichervermögen kürzere Mangelphasen relativ gut überbrücken.

Die Düngung erfolgt hauptsächlich mit organischen und /oder mineralischen Düngemitteln über den Boden. Bei Nährstoffmangel oder bei anhaltender Trockenheit ist es günstig, die Nährstoffversorgung gezielt mit mehreren Blattdüngergaben zu ergänzen. Dabei ist allerdings zu beachten, dass eine Blattdüngung die Bodendüngung nicht ersetzen, sondern nur ergänzen kann (siehe Kapitel 4.3 Blattdüngung).

Der jährliche Bedarf an organischen Stoffen beträgt je nach Bearbeitungsintensität ca. 3.000–6.000 kg/ha organische Substanz. Diese Menge wird für die Tätigkeit der Bodenmikroorganismen benötigt und sollte dem Boden im Jahresdurchschnitt zugeführt werden, um den Gehalt an organischer Substanz zu erhalten. Weniger intensive mechanische Bearbeitung schont den Humusgehalt. Die zugeführte organische Masse enthält auch Nährstoffe, die bei der Mineraldüngung zu berücksichtigen sind. Die mit organischen Düngern ausgebrachten Nährstoffe sind überwiegend gebunden und werden erst durch Mineralisation freigesetzt. Sie stehen der Rebe nicht sofort zur Verfügung. Zum Ausgleich des jährlichen Verlustes an organischer Substanz können organische Dünger oder entsprechende Bodempfleßmaßnahmen (Gründüngung / Begrünung) angewendet werden. Die Produktion der organischen Masse im Weingarten mittels Gründüngung bzw. Begrünung ist zu bevorzugen. Neben dem Kostenvorteil sind weitere Vorteile wie beispielsweise der Erosionsschutz gegeben.

In den folgenden Kapiteln sind die im Weinbau am häufigsten verwendeten Düngemittel angeführt. Bei entsprechendem Nährstoffbedarf und Nährstoffverhältnissen können auch Mehrnährstoffdünger eingesetzt werden. Auf Grund der großen Anzahl und Heterogenität der Zusammensetzung sind diese jedoch nicht angeführt.

3.3 Aufdüngung/Vorratsdüngung und Bodenvorbereitung vor der Pflanzung

3.3.1 Erfassen der Bodendauereigenschaften

Vor der Pflanzung sind die Bodendauereigenschaften Gründigkeit, Grobanteil und Bodenschwere wie in Kapitel 2.1.2 zu bewerten. Unmittelbar vor der Bodenbearbeitung sind der

Feuchtigkeitszustand in der vorgesehenen Bearbeitungstiefe und eventuelle Verdichtungshorizonte zu erfassen. Diese Bodeneigenschaften können im Zuge der Bodenprobenahme ermittelt werden. Dazu können Bodenbohrer (1 m), Spaten oder Bodensonde verwendet werden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse entscheiden über Art, Intensität, Tiefe sowie Zeitpunkt der Bodenvorbereitungsmaßnahme. Mit der Bearbeitung des Bodens als Vorbereitungsmaßnahme für die Pflanzung soll eine Lockerung und Durchmischung des Bodens und damit eine gleichmäßige Nährstoffverteilung erreicht werden. Diese Möglichkeit bietet sich ausschließlich vor der Neuerrichtung eines Weingartens an.

3.3.2 Aufdüngung/Vorratsdüngung

Der Nährstoffgehalt des Bodens soll eine ausreichende Versorgung der Reben gewährleisten. Über die anzustrebenden Gehalte geben die Tabellen im Kapitel 3.1 „Einstufung der Bodenuntersuchungsergebnisse“ Auskunft.

Sind diese Nährstoffgehalte laut Bodenuntersuchung vor der Anlage eines Weingartens nicht gegeben, so sollen sie durch eine entsprechende Aufdüngung angehoben werden. Vor der Pflanzung besteht die günstigste Möglichkeit den Nährstoffgehalt im Hauptwurzelbereich zu optimieren. Mangelerscheinungen und physiologischen Störungen wird dadurch vorgebeugt. Die Verwendung von Einzelnährstoffdüngern ist empfehlenswert.

Die Nährstoffgehalte des Ober- und Unterbodens werden gemittelt:

(mg in OB + mg in UB): 2 = Durchschnittsgehalt

Aus dem Durchschnittsgehalt wird die entsprechende Gehaltsstufe (siehe Kapitel „Einstufung der Bodenuntersuchungsergebnisse“) ermittelt.

Tabelle 28: Düngungstabelle für die Aufdüngung bei Weingartenneuanlagen (kg/ha)

Gehaltsstufe	Nährstoffgaben in kg/ha							
	Phosphor		Kalium unter Berücksichtigung des K/Mg-Verhältnisses *)					
			leichter Boden		mittelschwerer Boden		schwerer Boden	
	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	K	K ₂ O	K	K ₂ O
A sehr niedrig	140	300	370	440	450	540	530	640

Gehaltsstufe	Nährstoffgaben in kg/ha							
	Phosphor		Kalium unter Berücksichtigung des K/Mg-Verhältnisses *)					
			leichter Boden		mittelschwerer Boden		schwerer Boden	
	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	K	K ₂ O	K	K ₂ O
B niedrig	75	150	300	360 *)	380	460 *)	470	560 *)
C ausreichend	35	75	230	280 *)	315	380 *)	400	480 *)

Angaben für Phosphor und Kalium gerundet.

*) bei ungünstigem K/Mg-Verhältnis (unter 1,7:1) ist eine Kaliumdüngung wie bei der nächst niederen Gehaltsstufe zulässig.

Bei den Empfehlungen für die Aufdüngung vor Weingarten-Neuanlagen ist darauf zu achten, dass das Bodenmaterial vor der Auspflanzung gut durchmischt wird, um eine gleichmäßige Nährstoffversorgung über alle Bodentiefen zu gewährleisten. Dies ist besonders wichtig, wenn die Nährstoffgehalte im Ober- und Unterboden sehr unterschiedlich sind.

Wegen der geringen Chlorid-Verträglichkeit der Rebe sollen nur Chlorid-freie oder Chlorid-arme Düngemittel verwendet werden. Bei der Aufdüngung soll kein mineralischer Stickstoffdünger ausgebracht werden, da die Rebe in den ersten Jahren ihrer Entwicklung nur geringe Stickstoffmengen benötigt.

3.3.3 Tiefenbearbeitung mit Durchmischung

Der Boden kann mittels Rigolpflug (Abb. 62), Bagger (Abb. 63) oder anderen geeigneten Geräten bis zu 60 cm Tiefe gelockert, gewendet und durchmischt werden.

Durch diese Maßnahme können folgende Wirkungen erreicht werden:

- Einbringung von schwer beweglichen Nährstoffen in tiefere Bodenschichten
- Bodendurchlüftung
- Förderung der Nährstoffmineralisation
- Aufbrechen von Verdichtungen
- Förderung des Wurzelwachstums in tieferen Bodenschichten
- Bekämpfung von Wurzelunkräutern
- Erhöhung der Bodenwasserspeicherkapazität

Abbildung 62: Rigolen mittels Rigolpflug nach der Vorratsdüngung und vor der Rebenpflanzung in eine Tiefe von bis zu 60 cm



Abbildung 63: Rigolen mittels Bagger nach der Vorratsdüngung und vor der Rebenpflanzung in eine Tiefe von bis zu 60 cm



Mit dieser Bodenbearbeitungsmaßnahme werden aber auch weniger belebte Bodenschichten an die Oberfläche gebracht und außerdem kommt guter, belebter Boden von der Oberfläche in tiefere Schichten. Dies kann sich insbesondere bei tiefem Rigolen auf schweren und tonreichen Böden als Nachteil herausstellen, da der wenig belebte Boden in oberen Bodenschichten eher zu Verdichtungen neigt und zu Verschlämmungen führt. Bei sehr kalkreichem Unterboden, bei schlottrigem und steinigem Untergrund, bei sehr bindigem Unterboden und bei felsigem Untergrund sollte die Rigoltiefe geringer sein. Das Rigolen sollte im Herbst oder im Frühjahr bei nicht zu feuchtem Boden durchgeführt werden. Frische Grünmasse oder organische Dünger sind oberflächlich einzuarbeiten und nicht einzurigolen. Reifer, gut verrotteter Kompost kann miteingearbeitet werden (Abb. 64 und Abb. 65). Damit wird die Bodenfruchtbarkeit erhöht und die Wasserspeicherefähigkeit des Bodens verbessert. Bei den ausgebrachten Mengen sind die Vorgaben gemäß Wasserrecht zu berücksichtigen.

Abbildung 64: Rigolen mittels Bagger nach der Vorratsdüngung und vor der Rebenpflanzung in eine Tiefe von bis zu 60 cm



Abbildung 65: Streifenförmiges Rigolen der vorgesehenen Pflanzstreifen mittels Bagger nach der Ausbringung von Kompost und vor der Rebenpflanzung



3.3.4 Tiefenbearbeitung mit geringer Durchmischung

Diese Art der Bearbeitung ist weniger empfehlenswert, da damit eine gleichmäßige Nährstoffverteilung über den gesamten Rebwurzelhorizont nicht erreicht werden kann. Folgende Geräte können für diese Form der Tiefenlockerung verwendet werden: Wippschar-, Hubschwenk-, Stechhub-, Abbruchlockerer oder Schwergrubber (Chiselpflug). Diese Maßnahme bedingt folgende Wirkungen:

- keine Vermischung des humusreichen, belebten Oberbodens mit dem wenig belebten humusarmen Unterboden
- Bodendurchlüftung
- Förderung der Nährstoffmineralisation
- Aufbrechen von Verdichtungen
- Förderung des Wurzelwachstums in tieferen Bodenschichten
- Erhöhung der Bodenwasserspeicherkapazität

Durch eine tiefe mechanische Bodenlockerung entsteht zunächst ein sehr labiles und für Verdichtungen anfälliges Bodengefüge, das durch lebende Gründümpflanzen zu stabilisieren ist. Bei streifenförmiger Tiefenlockerung oder streifenförmigen Rigolen nur in der vorgesehenen Pflanzreihe bleibt das Bodengefüge in den Fahrgassen stabil. Mit einer tiefen Bodenlockerung wird die Stickstoffmineralisation stark gefördert und damit steigen auch die durch Verlagerung in tiefere Bodenschichten bedingten Stickstoffverluste an.

3.4 Erhaltungsdüngung – Ergänzungsdüngung

Durch die Vorratsdüngung (Kapitel 3.3) wird der Nährstoffgehalt des Bodens für die Auspflanzung optimiert. Die Erhaltungsdüngung hat die Aufgabe den jährlichen Nährstoffbedarf abzudecken. Dieser ergibt sich aus dem Nährstoffentzug und dem Nährstoffvorrat des Bodens laut Bodenuntersuchung.

3.4.1 Stickstoffdüngung

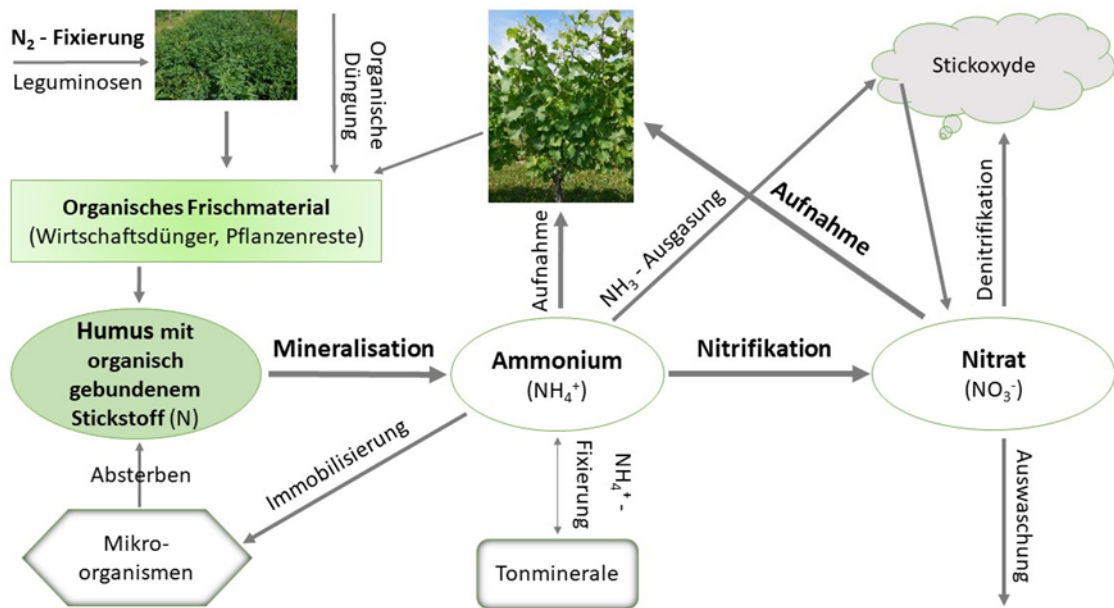
3.4.1.1 Stickstoffhaushalt der Rebe – Ermittlung des Stickstoffbedarfs

Stickstoff (N) nimmt im Stoffwechsel der Rebe eine zentrale Stellung ein. Er hat großen Einfluss auf das Wachstum, den Fruchtansatz und den Ertrag. Er liegt in vielfältiger Form im Boden vor. Die Hauptmasse befindet sich in relativ fester Bindung in der organischen Masse. Von dem, in der organischen Masse gebundenen Stickstoff werden jährlich nur etwa 1 % (in günstigen Fällen bis 4 %) durch die Tätigkeit der Bodenmikroorganismen freigesetzt. Dies kann eine Nachlieferung von ca. 50-150 kg N/ha/Jahr ergeben.

Der Stickstofffreisetzungsvorgang wird von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Höhe des Gehaltes an organischer Substanz bzw. Humus im Boden
- Art, Menge und Leistungsfähigkeit der Bodenmikroorganismen (Bodenleben)
- Bodenfeuchtigkeit
- Bodentemperatur
- Lufthaushalt (Sauerstoffgehalt) im Boden
- Bodenpflege bzw. Intensität der mechanischen Bearbeitung

Abbildung 66: Stickstoffkreislauf



Ein mit organischer Substanz gut versorgter Boden (ab ca. 2 % Humusgehalt) ist meist in der Lage, die Rebe mit ausreichenden Stickstoffmengen zu versorgen. Die Intensität der Mineralisation von Stickstoff ist dem jahreszeitlichen Bedarf der Rebe aber nicht optimal angepasst (siehe Abb. 34: Jahreszeitlicher Verlauf der Stickstoffaufnahme und -einlagerung in die Reben). Eine seichte Bodenlockerung (Anfang–Mitte Mai) kann die Stickstofffreisetzung fördern. Sie begünstigt die Tätigkeit der Bodenmikroorganismen und muss so erfolgen, dass die Verfügbarkeit im Boden rechtzeitig vor einem erhöhten Bedarf der Rebe gegeben ist. Eine zu früh oder zu spät durchgeführte Bodenlockerung führt zu einer unnötigen und unerwünschten Nitratanreicherung im Boden. Der freigesetzte Stickstoff wird von der Rebe nicht vollständig verwertet und kann durch Niederschläge in den Untergrund und damit möglicherweise in das Grundwasser verlagert werden. Durch die jährlich sehr unterschiedlichen Niederschlagsverhältnisse ist eine optimale Steuerung der Freisetzung kaum möglich. In Trockengebieten sollte in begrünten Fahrgassen frühzeitig eine Lockerung vorgenommen werden (Ende April). Bei starkem Triebwachstum ist die Bodenbearbeitung auf das notwendige Maß zu reduzieren, um die Verrieselungsgefahr und die Fäulnisgefahr der Trauben im Herbst gering zu halten.

3.4.1.2 Stickstoffdüngung in Junganlagen

Im Pflanzjahr und auch in den folgenden Jahren ist für das Rebwachstum in erster Linie die Wasserversorgung von entscheidender Bedeutung. Bei guten Bodenverhältnissen ist in den ersten Entwicklungsjahren keine bzw. nur eine geringe Stickstoffdüngung erforderlich. Vor allem auf tief gelockerten Standorten wird viel Stickstoff mineralisiert. Eine Gründüngung sollte insbesondere bei ungünstigen Bodenverhältnissen mit Stickstoff versorgt werden, um eine Konkurrenz zu den Reben zu verhindern. Eine zu hohe Stickstoffversorgung der Junganlagen sollte vermieden werden, da zu starke Triebe schlecht für den Stockaufbau sind (Holzreife). Genaue Mengeneempfehlungen sind sehr schwierig – sie bewegen sich je nach den Bodenverhältnissen im Bereich von 0–30 kg N/ha/Jahr. Eine mögliche Nährstoffergänzung im Pflanzjahr stellt in der Junganlage die Blattdüngung dar, die sich besonders in Trockenperioden günstig auswirkt. Schlechtes Wachstum durch Trockenstress kann durch eine Stickstoffdüngung nicht ausgeglichen werden. Mit der Bewässerung von jungen Anlagen darf daher nicht zu lange gewartet werden, da ein durch Trockenheit eingestelltes Triebwachstum nicht mehr bzw. nur langsam wieder in Schwung gebracht werden kann.

3.4.1.3 Stickstoffdüngung in Ertragsanlagen

Stickstoff ist ein wichtiger Nährstoff für die Rebenentwicklung. Standort und Witterung haben aber ebenso einen bedeutenden Einfluss auf die Photosyntheseleistung und damit auf Qualität und Ertrag.

Die Höhe der Stickstoffdüngung in Ertragsanlagen richtet sich nach:

- den Wuchsverhältnissen der Rebanlage
- dem Gehalt des Bodens an organischer Substanz (und damit dem Gehalt an nachlieferbarem Stickstoff)
- der standortspezifischen Ertragsleistung einer Sorte
- dem Witterungsverlauf
- den Bodendauereigenschaften (Bodenart, Gründigkeit, Wasserverhältnisse, Grobanteil) der Bodenbewirtschaftung

In Ertragsanlagen kann die Bemessung der Stickstoffdüngung nach deren Wüchsigkeit gut beurteilt werden. Die Stickstoffnachlieferung der organischen Substanz des Bodens, sowie eine allfällige Stickstoffergänzung beeinflussen die gesamte Trieb- bzw. Laubentwicklung (Wüchsigkeit). Ausreichend gute Wüchsigkeit ist aber nur dann möglich, wenn alle notwen-

digen Nährstoffe im Boden in einem ausgewogenen Verhältnis vorliegen. Eine Untersuchung des Humusgehaltes oder die Untersuchung auf nachlieferbaren Stickstoff kann als Unterstützung für die Stickstoffdüngungsbemessung herangezogen werden.

Ob tatsächlich ein Bedarf an mineralischen Stickstoffdüngern besteht, hängt unter anderem von folgenden Faktoren ab:

- Bei einer Gründung / Begrünung mit stickstoffsammelnden Pflanzen = Leguminosen (z. B.: Wicke, Erbse, Klee) kann bei gutem Wuchs und durch termingerechtes Unterfahren oder Umbrechen des Gründungsbestandes auf eine mineralische Stickstoffdüngung verzichtet werden. Weitere Informationen dazu sind im Kapitel 4.1 „Organische Dünger“ in Tab 41: „Bewertung der Stickstoffwirkung von vollflächigen Begrünungen nach Umbruch“ zu finden.
- Bei der Ausbringung von organischen Düngern ist deren Stickstoffgehalt und Stickstoffverfügbarkeit zu berücksichtigen. Ausführliche Informationen dazu sind ebenfalls im Kapitel 4.1 „Organische Dünger“ zu finden.
- Ein mit organischer Substanz gut versorgter Boden ist meist in der Lage, die Reben mit ausreichenden Stickstoffmengen zu versorgen.

Abbildung 67: Knöllchen an Feinwurzeln von Klee – Symbiose zwischen Knöllchenbakterien und Leguminose zur Stickstoffbindung aus der Luft



Abbildung 68: Knöllchen an Winterwicke – Symbiose zwischen Knöllchenbakterien und Leguminose zur Stickstoffbindung aus der Luft



Tabelle 29: Maximale Stickstoffdüngung (kg N / Hektar) in Ertragsanlagen in Abhängigkeit von der Wüchsigkeit und von der Bodenbewirtschaftungsart

Intensität des Triebwachstums	Mittlere Ertragslage (5.000–10.000 kg/ha)		Niedrige Ertragslage (unter 5.000 kg/ha)	
	Offener Boden	Begrünter Boden ohne Leguminosen	Offener Boden	Begrünter Boden ohne Leguminosen
Stark	0–30	0–50	0–25	0–40
Mittel	max. 50	max. 70 bzw. 50*	max. 40	max. 55 bzw. 50*
schwach (N-Mangel)	max. 60 bzw. 50*	max. 80 bzw. 50*	max. 50	max. 65 bzw. 50*

*... generelle Obergrenze von 50 kg jahreswirksamer Stickstoff pro Hektar in sogenannten „Grünen Gebieten“ laut Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung (NAPV)

- Die Zahlen in Tabelle 29 sind Maximalwerte für die auszubringende Stickstoffmenge.
- Eine Stickstoffgabe mit leicht löslichen Stickstoffformen soll nicht mehr als 50 kg betragen. Höher auszubringende Mengen sind aufzuteilen.
- Für jeden zusätzlichen Mehrertrag über 10.000 kg sind zusätzlich 3 kg N pro 1.000 kg Trauben zu berücksichtigen.
- Bei einer Abdeckung mit Stroh (Stroh Mulch) erhöht sich der Stickstoffbedarf um 1 kg Reinstickstoff pro 100 kg Stroh.
- Die Standorteigenschaften sollten in Form von Zu- oder Abschlägen bei der Düngung berücksichtigt werden.
- Gemäß Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung (NAPV) § 8 ist auf Rebflächen die Bewässerungsmenge sowie die mit dem Bewässerungswasser zugeführte Stickstoffmenge bei der Stickstoffdüngung zu berücksichtigen und zu dokumentieren. Die mit dem Bewässerungswasser zugeführte Stickstoffmenge ist in Abhängigkeit von der Bewässerungsmenge und dem Nitratgehalt des Grundwasserkörpers ab einer Menge von 10 kg N/ha abzuziehen.

- Die Ermittlung des Nitratgehalts im Bewässerungswasser erfolgt mit Hilfe von Teststreifen oder mit vergleichbaren Methoden. Die durch das Bewässerungswasser zugeführte Stickstoffmenge in Abhängigkeit vom Nitratgehalt errechnet sich mittels folgender Formel:

$$\text{N-Menge [kgN/ha]}^1 = (\text{NO}_3\text{-Gehalt}^2 \text{ in mg pro Liter} / 4,43) \times (\text{Bewässerungsmenge}^3 \text{ in mm} / 100)$$

¹ Stickstoffmenge, die mit dem Bewässerungswasser zugeführt wird; ² Nitratgehalt des Bewässerungswassers; ³ Bewässerungswassermenge

Die Messung des Nitratgehaltes des Bewässerungswassers sollte in regelmäßigen Abständen erfolgen, zumindest jedoch einmal pro Jahr.

In Tabelle 30 sind die Stickstoffmengen in kg pro Hektar in Abhängigkeit von der Nitratkonzentration im Bewässerung Wasser und der Intensität der Bewässerung angeführt.

- Der Nitratgehalt des Bewässerungswassers (Tab. 30) sollte berücksichtigt werden.

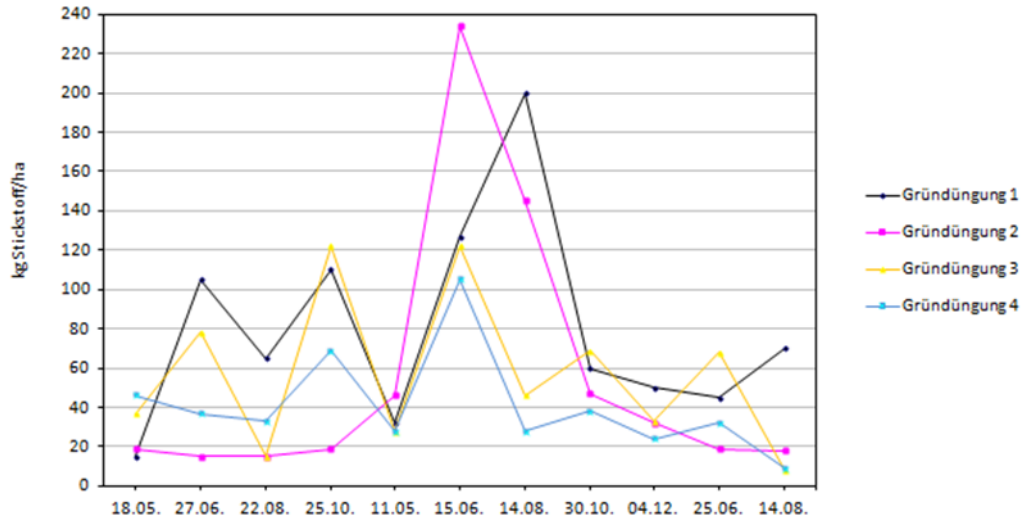
Tabelle 30: Stickstoffmenge (kg N/ha) in Abhängigkeit von der Nitratkonzentration im Beregnungswasser und der Beregnungsintensität

Nitratkonzentration des Bewässerungswassers	Beregnungsintensität in mm					
	25	50	75	100	125	150
25 mg/l	1,4	2,8	4,2	5,7	7,1	8,5
50 mg/l	2,8	5,7	8,5	11,3	14,1	16,9
75 mg/l	4,2	8,5	12,7	16,9	21,2	25,4
100 mg/l	5,7	11,3	16,9	22,6	28,2	33,9

3.4.1.4 Bedeutung der Bodenpflege für die Stickstoffdüngung

Die Stickstoffverfügbarkeit kann erheblich durch die Bodenbearbeitung beeinflusst werden. Durch Bearbeitungsmaßnahmen wird besonders bei humusreichen begrüntem Böden und bei feuchtwarmer Witterung die Tätigkeit der Mikroorganismen gefördert und damit Stickstoff im Boden freigesetzt. Dies wird in Abbildung 69 anhand zweijähriger Untersuchungsergebnisse auf einem Standort mit tonigem Lehmboden und hoher Humusversorgung (4,1 %) veranschaulicht. Diese Vorgangsweise stellt eine gute Pflegemaßnahme für begrünzte Weingärten in Trockengebieten dar. Durch das grobschollige Lockern des Bodens (Mulchbodenlockerer, Flügelschargrubber, Scheibenegge) wird nicht nur die Stickstoffmineralisation gefördert, sondern auch die Nährstoffbindung durch die Mulch Decke oder die Teilzeitbegrünung sowie der Wasserverbrauch für einige Zeit reduziert und damit die Nährstoffkonkurrenz zur Rebe vermindert.

Abbildung 69: Gehalt an mineralischem Stickstoff (Nitrat- und Ammoniumstickstoff, hochgerechnet in kg pro ha) unter vier verschiedenen Gründungsarten in einer Bodentiefe von 0 bis 60 cm im Verlauf von zwei Vegetationsperioden



Bei den in Abbildung 69 dargestellten Versuchsergebnissen ist die Bodenbearbeitung folgendermaßen erfolgt:

Gründüngung 1 = Herbst/Wintergründüngung: Der Umbruch des Gründüngungsbestandes aus dem Vorjahr erfolgte am 15. Mai und die Neuaussaat am 17. August. Im zweiten Jahr wurde der vorjährige Bestand am 17. April umgebrochen und am 17. Oktober neu ausgesät. Zwischen den Umbruchs- und Aussaatterminen wurde der Boden die beiden Jahre über offengehalten und mehrmals gelockert.

Gründüngung 2 = zweijährige Gründüngung: Die Aussaat erfolgte am 25. Juli vor den beiden, in Abbildung 69 angeführten Vegetationsjahren. Der ungestörte, zweijährige Gründüngungsbestand wurde im darauffolgenden Jahr dreimal mit dem Schlegelmulchgerät gemulcht. Im Folgejahr wurde der Pflanzenbestand am 17. April umgebrochen und am 22. Mai neu angelegt. Im selben Jahr erfolgte dann ein Mulch Vorgang am 25. Juli.

Gründüngung 3 und Gründüngung 4 = Frühjahrs/Sommergründüngungen: Der Umbruch der abgefrorenen Gründüngungsbestände erfolgte am 26. April und die Neuaussaat am 24. Mai. Die Pflanzenbestände wurden im selben Jahr im Juli gewalzt und Anfang September gemulcht. Im Folgejahr wurden die Pflanzenbestände unmittelbar vor dem Umbruch am 17. April gemulcht. Die Neuaussaat erfolgte am 22. Mai. Die neu aufgewachsenen Gründüngungspflanzenbestände wurden am 25. Juli gemulcht.

Verlauf des Gehalts an mineralischem Stickstoff im Boden:

Der mineralische Stickstoffgehalt unter der Herbst-/Wintergründung (Gründung 1) mit einem Leguminosen Anteil von 63 % stieg nach dem Umbruch im Mai des ersten Jahres von 15 kg/ha auf 105 kg/ha an. Der Boden wurde bis zur Neuanlage der Gründung im August offengehalten und das Niveau an mineralischem Stickstoff blieb mit Werten zwischen 65 kg/ha und 110 kg/ha hoch, da keine Stickstoffaufnahme durch Gründungspflanzen erfolgen konnte. Ein ähnliches Bild zeigte sich im Verlauf des zweiten Jahres.

Unter der ungelockerten, ungestörten zweijährigen Gründung 2 war der Gehalt an mineralischen Stickstoff im Boden im Verlauf des ersten Jahres sehr gering und lag trotz des hohen Anteils an Leguminosen (84 % der Aussaatmenge) mit Werten zwischen 15 kg/ha und 19 kg/ha im Bereich einer Mangelversorgung für die Reben. Der Stickstoff wurde also durch den geschlossenen Gras- und Kleebestand organisch gebunden und durch den Verzicht auf eine störende Bodenbearbeitung nicht mineralisiert. Nach dem Umbruch im April des zweiten Jahres stieg der mineralische Stickstoffgehalt auf hochgerechnet 234 kg/ha im Monat Juni an. Dieser Gehalt verringerte sich dann im Verlauf des zweiten Jahres nach der Neuanlage dieser Gründung auf 145 kg/ha im August beziehungsweise auf 47 und 32 kg/ha im Oktober und Dezember.

Der Gehalt an mineralischem Stickstoff unter Gründung 3 (Frühjahrs/Sommergründung) schwankte im Verlauf des ersten Jahres zwischen 15 und 78 kg/ha und stieg im Oktober auf umgerechnet 122 kg/ha an. Im Verlauf des zweiten Jahres wurden mineralische Stickstoffwerte von 28 kg/ha im Mai, 122 kg/ha im Juni, 46 kg/ha im August, 69 kg/ha im Oktober und 33 kg/ha im Dezember gemessen.

Die Schwankungen des Gehalts an mineralischen Stickstoff unter Gründung 4 (Frühjahrs/Sommergründung) waren gering. Die Werte lagen im Verlauf des ersten Jahres zwischen 33 und 69 kg/ha und im Verlauf des zweiten Jahres zwischen 24 und 105 kg/ha. Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Frühjahrs-/Sommergründungsvarianten bestand im Leguminosen Anteil der Gründungsmischungen. In Gründung 3 betrug der Anteil an Leguminosen 98 % der Aussaatmenge. Es war daher langfristig durch die damit verbundene Stickstoffbindung aus der Luft mit einer Stickstoffnachlieferung zu rechnen. Der Leguminosen Anteil in Gründung 4 (11 % der Aussaatmenge) war hingegen sehr gering. Stickstoff wurde von den Pflanzen im Gründungsbestand aus dem Boden aufgenommen und fixiert. Es wurde praktisch kein Stickstoff aus der Luft gebunden und nachgeliefert.

Auf Standorten mit hohem Gehalt an organischer Substanz und sonst günstigen Bedingungen (Bodenwärme und -feuchtigkeit) wird durch Stickstoffdüngergaben zusätzlich die Mineralisation gefördert. Bei ungünstigen Verhältnissen wird diese Zusatzwirkung nicht erreicht. Eine geringe Stickstoffdüngung auf dauer- oder teilzeitbegrünten Anlagen wird fast ausschließlich von der Gründecke aufgenommen. Geringe Gaben gelangen bei trockener Witterung kaum in den Wurzelbereich der Rebe.

Zeitpunkt der Stickstoffdüngung

Da die Rebe erst gegen Ende Mai nennenswerte Stickstoffmengen aus dem Boden entnimmt, ist eine eventuell notwendige Stickstoffdüngung frühestens Ende April auszubringen. Werden zwei Teilgaben verabreicht, wird die zweite Gabe Ende Juni gegeben (Blüte). Als Düngeform eignet sich eine Kombination von rasch und langsam wirkendem Stickstoff. In Trockengebieten, insbesondere bei Dauerbegrünung oder Teilzeitbegrünung, ist es jedoch empfehlenswert, die Stickstoffgabe spätestens Ende April zu verabreichen, da sonst die Verlagerung in den Wurzelbereich zu langsam erfolgt. Dies gilt auch für eine Düngung nach der Reblüte. Bei wechselweiser Gründüngung ist es sinnvoll, ca. 2/3 der Düngermenge in der offenen und 1/3 in der begrünter Reihe auszubringen.

3.4.1.5 Stickstoffdepotdüngung (Side Dressing und CULTAN)

Um die Effizienz der Ausnutzung mineralischer Stickstoffdünger zu verbessern, können mittels Depotdüngung die Dünger dort abgelegt werden, wo die Wurzeldichte der Reben meist am höchsten ist, und zwar im Unterstockbereich. Die Rebwurzeln haben dort ein gutes Milieu zur Entwicklung, denn dieser Bereich wird kaum verdichtet, nicht tief bearbeitet, hat meist wenig Konkurrenz durch Begrünungspflanzen und ist, bedingt durch die Laubwandtraufe, oft besser mit Wasser versorgt. Noch effizienter und umweltschonender ist eine platzierte Ausbringung der Stickstoffdünger in direkter räumlicher Nähe zur Hauptwurzelmasse der Reben direkt in den Boden. Dabei ist die Stickstoffform für das Risiko einer Auswaschung entscheidend. Ammonium wird aufgrund seiner positiven Ladung im Boden gebunden und ist deshalb nicht auswaschungsgefährdet. Allerdings wird Ammonium im Boden rasch zu Nitrat nitrifiziert. Diesen Umwandlungsprozess gilt es im Boden möglichst zu reduzieren. Das bedeutet, dass die nitrifizierenden Bakterien gehemmt werden müssen und die Stickstoffaufnahme durch die Rebwurzeln vorwiegend als Ammonium erfolgen soll. Um die beiden Ziele bessere Effizienz bei der Aufnahme und geringere Auswaschung zu erreichen, ist der Stickstoffdünger wurzelnah in möglichst stabiler Form auf Ammoniumbasis zu

applizieren. Im Vergleich zu einer breit flächigen Ablage kann dadurch auch die Stickstoffdüngermenge reduziert werden.

Diese platzierte Düngerablage in räumlicher Nähe zur Hauptwurzelmasse kann als Tiefendepotdüngung erfolgen. Im Weinbau bietet sich dafür die Ablage der Dünger als Liniendepot neben den Stockreihen in 15 bis 25 cm Bodentiefe an. In dieser Tiefe ist die biologische Aktivität etwas geringer als im obersten Bodenbereich und ein zentriert abgelegtes Depot hat weniger Bodenkontakt. Das erhöht die Stabilität des Depots und das Risiko von Auswaschungs- und Ausgasungsverlusten ist damit reduziert. Auch ist dort meist die Bodenfeuchtigkeit höher als an der Bodenoberfläche, weshalb die Gefahr einer „Trockenfixierung“ von Ammonium gering ist. Die Ausbringung kann beidseitig erfolgen und die Injektion wird nur in jeder zweiten Fahrgasse vorgenommen. Die Wurzeln müssen an das Depot heranwachsen und daher sollte dieses immer in derselben Fahrgasse abgelegt werden. Die Ausbringung kann ab dem Austrieb erfolgen und sollte rechtzeitig vor der Blüte abgeschlossen sein. Die Depotdüngung kann im Side-Dressing-Verfahren mit festen oder im CULTAN-Verfahren mit flüssigen, ammoniumbetonten Mineraldüngern erfolgen. Feste Dünger sind einfacher zu handhaben als die flüssigen korrosiven Düngerlösungen. Ammonium hat den Vorteil, dass es nicht frei in der Bodenlösung beweglich ist und aufgrund seiner positiven Ladung eine gute Stabilität liefert, da es an Bodenteilchen gebunden wird. Die Pflanzenwurzeln müssen aktiv an das Ammonium als Stickstoffquelle heranwachsen und es von den Randflächen her erschließen. Dabei bildet sich ein dichtes Wurzelgeflecht um das Ammoniumdepot. Ammoniumdepots können in Abhängigkeit von Bodenfeuchte, Temperatur und Sauerstoffgehalt bis zu acht Wochen stabil bleiben, bevor nitrifizierende Bakterien von den Randzonen beginnend die Umwandlung in Nitrat bewirken. Damit kann ein Gleichgewicht zwischen pflanzlichen Stickstoffbedarf und Stickstoffbereitstellung aus dem Boden erreicht werden, und das bei gleichzeitiger Reduktion von Stickstoffverlusten.

Side Dressing (= Seitendüngung)

Beim Side-Dressing werden feste Dünger als Band seitlich neben der Hauptwurzelmasse der Reben abgelegt. Die größte Düngereffizienz und die geringsten Verluste werden mit stabilen Ammoniumdüngern erreicht. Im Weinbau sind dafür entsprechende Streubehälter notwendig, die eine seitliche Ablage ermöglichen. Die Injektion in Wurzelnähe kann mit Grubber scharen erfolgen. Diese sollen den Boden schonend unterfahren, ohne dass es zu stärkeren Bodenaufwürfen oder Wurzelbeschädigungen kommt. Dazu müssen die Schare schmal und flach sein. Ein Scheibensech vor den Scharen auf Höhe der Zinken kann hilfreich sein, da es den Boden vorschneidet und damit Bodenabbrüche verhindert. Neben den

Schmalscharen können auch Paragrubberzinken eingesetzt werden. Die Zuführung des festen Düngers erfolgt über eine Zuleitung an den Zinkenrücken. Die Ausgänge müssen vor Verstopfung geschützt sein, damit der Dünger frei in den Hohlraum hinter die Zinkenrücken rieseln kann.

CULTAN-Düngung (= Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition)

Beim CULTAN-Verfahren erfolgt die Stickstoffdepotdüngung mit flüssigen Düngern. Auch bei dieser Methode beruht das Prinzip auf der Platzierung von überwiegend Ammoniumhaltigen, aber eben flüssigen Stickstoffdüngemitteln im Hauptwurzelraum der Reben, so dass der benötigte Stickstoff in einer pflanzenverfügbaren, aber nicht verlagerbaren Form angeboten wird. Die Injektion der flüssigen Dünger als Liniendepot entlang der Rebzeilen kann mit den gleichen Scharen wie beim Side-Dressing erfolgen. Die Zuleitung der flüssigen Dünger befindet sich auch hier an den Zinkenrücken. Die Injektion erfolgt über eine Düse, die den dosierten Volumenstrom fächerförmig bis an die seitlichen Begrenzungen der Schar-Hohlräume verteilt. Eine Kappe an den Düsen schützt vor Verstopfungen. Düngerbehälter und Armatur entsprechen der herkömmlichen Ausstattung von Herbizid-Bandspritzgeräten. Wegen der korrosiven Wirkung von Ammoniumdüngern ist jedoch darauf zu achten, dass insbesondere bei der Pumpe korrosionsbeständige Materialien verwendet werden.

Tabelle 31: Mineralische Stickstoffdüngerformen

Dünger	Chemische Bezeichnung	N *) in %	Anmerkungen / Einsatzzeitpunkt
Nitratdünger			
Kalksalpeter	Ca(NO ₃) ₂	15	Einsatz knapp nach der Blüte; schnell wirksam, physiologisch alkalisch
Magnesiumnitrat	Mg(NO ₃) ₂	10	
Ammoniumdünger			
Ammon Sulfat	(NH ₄) ₂ SO ₄	20	Einsatz ab Austrieb bis Ende Mai; mittelfristig wirkend, physiologisch sauer
Ammonnitratdünger			
Kalkammonsalpeter	NH ₄ NO ₃ + CaCO ₃	20	Einsatz vom Austrieb bis knapp nach der Blüte; schnell und mittelfristig wirkend
Ammonsulfatsalpeter	(NH ₄) ₂ SO ₄ NH ₄ NO ₃	25	

Dünger	Chemische Bezeichnung	N *) in %	Anmerkungen / Einsatzzeitpunkt
Amid (Harnstoff)			
Harnstoff	CO(NH ₂) ₂	44 / 46	Langsame Wirkung über den Boden, rasche Wirkung über das Blatt; bei Harnstoffausbringung auf alkalischen Böden: rasche Einarbeitung notwendig, sonst entstehen Stickstoffverluste
Kalkstickstoff			
Kalkstickstoff	CaNCN	20	Langzeitwirkung durch Nitrifikationshemmer, physiologisch alkalisch, herbizide Wirkung in den ersten Tagen
Andere Langzeitdünger			
Umhüllte N-Dünger	Diverse N-Dünger mit Nitrat, Ammonium und Harnstoff		Einsatz ab Austrieb; besonders langsame Wirkung; dienen einer längerfristigen, gleichmäßigen Stickstoffversorgung
Nitrifikationshemmstoffe			
DCD	Dicyandiamid	–	Diese Düngerzusätze verzögern die Nitrifikation der ausgebrachten Dünger im Boden.
DMPP	Dimethylpyrazolphosphat	–	

*) Mindestgehalte

Bei der Anwendung der in Tabelle 31 angeführten mineralischen Stickstoffdünger ist zu beachten, dass laut Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung (NAPV 2022)

- das Ausbringen von leichtlöslichen stickstoffhaltigen Düngemitteln von 15. Oktober bis 15. Februar
- und
- das Ausbringen von langsam löslichen stickstoffhaltigen Düngemitteln von 30. November bis 15. Februar

verboten ist.

Leichtlösliche stickstoffhaltige Düngemittel sind Düngemittel, in denen der darin enthaltene Stickstoff einen Anteil von mehr als 20 % in Form der leichtlöslichen Stickstoffverbindungen Nitrat-N, Ammonium-N oder Carbamid-N (= Harnstoff) aufweist. Zu diesen Düngemitteln zählen Mineraldünger (auch in flüssiger Form), flüssige Wirtschaftsdünger (Jauche,

Gülle), Legehühnerfrischkot, der Feststoffanteil aus separierten GülLEN, BiogasgülLEN und Gärrückstände.

Langsam lösliche stickstoffhaltige Düngemittel sind Düngemittel, in denen der darin enthaltene Stickstoff einen Anteil von weniger als 20 % in Form der leichtlöslichen Stickstoffverbindungen Nitrat-N, Ammonium-N oder Carbamid-N (= Harnstoff) aufweist. Zu diesen Düngemitteln zählen Fest Mist, Legehühnertrockenkot, Kompost, Carbokalk sowie andere Sekundärrohstoffe und organische Düngemittel und auch der Feststoffanteil aus Gärrückständen der Wein- und Obstverarbeitung.

Weitere Regelungen der Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung (NAPV 2022) sind in Kapitel 6 „Gesetzliche Rahmenbedingungen des Düngungsmanagements“ zu finden.

3.4.2 Kalium- und Phosphordüngung

Im Unterschied zur Stickstoffdüngung ist die Phosphor- und Kaliumzufuhr nicht zeitgebunden. Es ist aber mit Rücksicht auf die geringe Beweglichkeit dieser Nährstoffe im Boden am günstigsten, die Phosphor- und Kaliumdünger vor einer tiefen Bodenbearbeitung (Herbst) auszubringen. Die Düngemittel können entweder breitflächig aufgebracht oder mit dem Mulchbodenlockerer (Abb. 70) eingearbeitet werden. Sind größere Düngermengen auszubringen, ist eine Kombination aus beiden Verfahren empfehlenswert.

In Junganlagen sind bei ausreichendem Nährstoffvorrat (Gehaltsstufe D und E) keine Düngungsmaßnahmen notwendig, da die Entzugsmengen gering sind.

Abbildung 70: Mulchbodenlockerer mit Düngeaufsatz zur Mineraldüngereinbringung



Tabelle 32: Phosphor- und Kaliumdüngung in Weingärten mit mittlerer Ertragserwartung (Werte in kg/ha und Jahr, gerundet)

Gehaltsstufe	Phosphor (kg/ha/Jahr)		Kalium (kg/ha/Jahr)			
	Oberboden		Oberboden ²⁾		Unterboden ²⁾	
	P ₂ O ₅	P	K ₂ O	K	K ₂ O	K
A	53	23	120	100	120	100
B	44	19	100 ¹⁾	83 ¹⁾	100 ¹⁾	83 ¹⁾
C1	20	9	80 ¹⁾	66 ¹⁾	80 ¹⁾	66 ¹⁾
C2	Keine Düngung		40	33	40	33
D	keine Düngung		40	33	40	33
E	keine Düngung		keine Düngung		keine Düngung	

1) Bei ungünstigem K / Mg-Verhältnis (unter 1,7:1) ist eine Kaliumdüngung wie in der nächst niedrigen Gehaltsstufe zulässig.

2) Auf Problemstandorten soll die Kaliumfixierung und die Kationenaustauschkapazität mittels Bodenanalyse ermittelt werden.

Bei ausgeprägtem Phosphormangel kann in Abstimmung mit einem Berater basierend auf dem Pflanzenentzug eine gezielte Düngung des Unterbodens erfolgen. Wird eine Düngung

des Unterbodens empfohlen, ist darauf zu achten, dass die entsprechende Düngermenge in diesen Horizont eingebracht wird. Es ist nicht sinnvoll, die Düngermengen für Ober- und Unterboden zu addieren und gemeinsam oberflächlich auszubringen.

Zeigen sich trotz Kaliumdüngung entsprechend der Tabelle 32 offensichtliche Kaliummangelsymptome, ist zusätzlich die Kaliumfixierung (siehe Kapitel 3.1) zu berücksichtigen. Darüber hinaus kann eine Blattanalyse durchgeführt werden (siehe Kapitel 5).

Wird bei der Bodenuntersuchung eine hohe oder sehr hohe Versorgung festgestellt, ist die Verringerung beziehungsweise das Aussetzen der Düngung mit dem betreffenden Nährstoff bis zur nächsten Bodenuntersuchung sinnvoll. Zur Überprüfung der Nährstoffversorgung sollten die Bodenuntersuchungen im Abstand von höchstens 5 Jahren erfolgen.

Wird bei der Bodenuntersuchung eine Kaliumfixierung festgestellt, sind die ermittelten Mengen zusätzlich zur normalen Düngeempfehlung auszubringen. Bei sehr hoher Fixierung sind diese Zusatzmengen auf mehrere Jahre aufzuteilen. Tonreiche Böden oder Lössböden haben oft ein sehr hohes Kaliumbindevermögen. Dieses in den Tonmineralien fixierte Kalium steht der Rebe bei der Nährstoffaufnahme nicht zur Verfügung.

Während Trockenperioden ist die Aufnahme von Nährstoffen aus dem Boden eingeschränkt. Durch eine Blattdüngung kann eine Verbesserung der Nährstoffversorgung erreicht werden. Bei Kaliummangel im Boden (Gehaltsstufe A oder B) ist das allerdings nicht ausreichend. Eine rasche Wirkung kann durch eine zeitaufwändige Lanzendüngung mit einem wasserlöslichen Dünger (z. B. 3–5 %-ige Kaliumsulfat Lösung) erzielt werden. Bei extremen Kaliummangel (Gehaltsstufe A) muss die Anhebung des Nährstoffgehaltes im Boden stufenweise erfolgen. Durch Gründungsmaßnahmen werden die Mykorrhiza Bildung und damit die Phosphorversorgung der Reben insbesondere bei niedrigen Gehalten (Klasse A und B) verbessert. Erhöhter Phosphorgehalt im Boden kann allerdings die Mykorrhizierung hemmen.

Eine Blattanalyse spiegelt in der Regel den Versorgungszustand der Rebe mit Phosphor am besten wider.

Tabelle 33: Wichtige mineralische Phosphordünger

Dünger	Chemische Bezeichnung	Löslichkeit	Chemische Reaktion	P ₂ O ₅ *)	Anmerkungen
Superphosphat	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + CaSO ₄	wasserlöslich (93 %), ammoncitratlöslich	Schwach ersauernd	16 %	rasche Wirksamkeit, gut für neutrale und basische Böden, für Vorratsdüngung
Triplephosphat	Ca(H ₂ PO ₄) ₂			38 %	
Weicherdiges Rohphosphat (z. B. Hyperphosphat)	Apatit	zumindest 55 % ameisensäurelöslich	alkalisch	25 %	Wirkung: langsam und anhaltend, für saure, biologisch aktive Böden, auf Begrünung
Teilaufgeschlossenes Phosphat	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ CaHPO ₄	wasserlöslich (> 40 %), mineralsäurelöslich	Schwach ersauernd	20 %	Wirkung: rasch und länger anhaltend

*) Mindestgehalt

Soll ein Phosphormangel rasch behoben werden, muss ein wasserlöslicher Phosphordünger eingesetzt werden (Super- oder Triplephosphat). (Weicherdiges) Rohphosphat ist nach den Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft (EU-Verordnung 848/2018) zum Einsatz im biologischen Landbau zugelassen.

Tabelle 34: Wichtige mineralische Kaliumdünger

Dünger	Chemische Bezeichnung	Nebenbestandteile	K ₂ O-Mindestgehalt	Anmerkungen
Kaliumsulfat	K ₂ SO ₄	MgSO ₄ , KCl	47 %	bei hohen Mg-Gehalten im Boden
Patentkali (Kalimagnesia)	K ₂ SO ₄ und MgSO ₄	MgSO ₄	22 %	Verwendung bei K- und Mg-Bedarf
Thomaskali	K ₂ O, P ₂ O ₅ und MgO	P ₂ O ₅ und MgO	15 %	Verwendung bei Kalium-, Phosphor- und Magnesiumbedarf

Dünger	Chemische Bezeichnung	Nebenbestandteile	K ₂ O-Mindestgehalt	Anmerkungen
40 er Kali	KCl	NaCl etc.	37 %	chloridhaltig, nicht in Junganlagen, nicht zur Vorratsdüngung, nicht in Trockengebieten
60 er Kali			57 %	

Die Rebe ist nur bedingt Chlorid verträglich. Zur Erhaltungsdüngung sollten Chlorid haltige Dünger nur im Herbst eingesetzt werden, weil dann das Chlorid im Winterhalbjahr ausgewaschen wird. Chlorid haltige Dünger sollen nicht für die Aufdüngung, für die Düngung von Junganlagen und Rebschulen und für die Düngung in trockenen Gebieten (Anreicherung von Chlor im Boden), verwendet werden. Bei sehr hoher Magnesiumversorgung (Gehaltsstufe E) sollten keine magnesiumhaltigen Düngemittel wie Patentkali verwendet werden. Bei Kaliumunterversorgung im Unterboden kann Kalium aufgrund seiner Wasserlöslichkeit in Form einer 5 %igen Kaliumsulfat Lösung während der Vegetationsruhe mittels Lanzendüngung in den Wurzelbereich eingebracht werden. Diese arbeitsaufwändige Methode ermöglicht eine raschere Behebung der Mangelsituation. Bei der Verwendung von Mehrnährstoffdüngern ist darauf zu achten, dass die ausgebrachten Nährstoffmengen weitgehend den empfohlenen entsprechen. Kaliumsulfat und Patentkali sind nach den Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft (EU-Verordnung 848/2018) zum Einsatz im biologischen Landbau zugelassen.

Standorteigenschaften können die Verfügbarkeit der Nährstoffe wesentlich beeinflussen. In der Folge sind wichtige Bodeneigenschaften angeführt, aufgrund derer die Düngung durch Zu- und Abschläge (maximal 5 % der empfohlenen Düngermenge) zusätzlich angepasst werden kann.

- Bei seichtgründigen Böden kann eine Erhöhung der Phosphor- und Kaliumdüngung angezeigt sein. Tiefgründige Böden können Phosphor und Kalium hingegen besser nachliefern. Daher kann eine Reduktion der Düngung erfolgen. Andererseits ist bei diesen Böden ein höherer Stickstoffbedarf möglich.
- In schweren Böden ist unter Umständen die Stickstoff- und Phosphorverfügbarkeit beeinträchtigt.
- Auf Standorten mit extremen Wasserverhältnissen (sehr trocken oder nass) oder hohem Grobanteil kann ebenfalls eine Erhöhung der Düngung mit Phosphor und Kalium erwogen werden, während bei Stickstoff eine Reduktion angezeigt ist.
- Niedrige Kalkgehalte (pH < 5) können eine Verminderung der Phosphorverfügbarkeit bedingen und hohe Kalkgehalte (pH > 7,5) eine Verminderung der Phosphor- und Kaliumverfügbarkeit.

- Das Stickstoffnachlieferungspotential aus dem Boden kann analytisch sehr gut erfasst werden. Liegt das Nachlieferungspotential unter 35 mg N/kg Woche, sollte die Stickstoffversorgung erhöht werden. Ist das Potential über 75 mg N/kg.Woche, sollte die Stickstoffgabe reduziert werden.

3.4.3 Magnesiumdüngung

Wird durch die Bodenuntersuchung ein niedriger oder sehr niedriger Gehalt an Magnesium festgestellt, soll eine Magnesiumdüngung erfolgen. Das Verhältnis zwischen den Nährstoffen Kalium und Magnesium (in mg Element/1.000 g) sollte zwischen 1,7:1 und 5:1 liegen. Der Optimal Wert liegt bei etwa 2:1. Bei niedriger Magnesiumversorgung können Magnesium haltige Kaliumdünger (z. B. Patentkali) verwendet werden. Magnesium kann auf leichten Böden in erheblichem Umfang ausgewaschen beziehungsweise auf mittelschweren und schweren Böden im Unterboden angereichert werden.

Sehr hohe Magnesiumgehalte im Boden (Gehaltsklasse E oder Anteil an der Kationenaustauschkapazität > 20 %) können die Kaliumaufnahme beeinträchtigen. Ursachen dafür können eine Verschlechterung der Bodenstruktur oder / und eine erhöhte Kaliumfixierung sein. Im Gegensatz dazu kann bei sehr hohen Kaliumgehalten im Boden durch induzierten Magnesiummangel eine verstärkte Neigung zur Stiellähme bestehen.

Tabelle 35: Magnesiumdüngung von Weingärten bei mittlerer Ertragserwartung (Werte gerundet)

Gehaltsstufe	MgO (kg/ha)	
	Oberboden	Unterboden
A	60	60
B	40 *)	40 *)
C	20 *)	20 *)
D		keine Düngung
E		

*) Ist das Verhältnis von verfügbarem Kalium zu Magnesium (mg Element / 1.000 g) größer als 5:1, ist eine Düngung wie in der nächst niedrigen Gehaltsstufe zulässig.

Tabelle 36: Wichtige mineralische Magnesiumdünger

Dünger	Chemische Bestandteile	MgO-Mindestgehalt	K ₂ O-Mindestgehalt	Anmerkungen
Kieserit	MgSO ₄ x H ₂ O	24 %	-	45 % SO ₄
Bittersalz	MgSO ₄ x 7 H ₂ O	15 %	-	28 % SO ₄
Patentkali				
(Kalimagnesia)	MgSO ₄ , K ₂ SO ₄	8 %	22%	-
Kohlensaurer				
Magnesiumkalk	CaCO ₃ und MgCO ₃	10 %	-	50 % CaO
Magnesium				
Mischkalk	CaCO ₃ und MgCO ₃	10 %	-	60 % CaO

Auf gut mit Kalk versorgten Böden ist die Verwendung von Kieserit oder Bittersalz zu empfehlen. Kieserit ist sofort pflanzenaufnehmbar und wirkt schnell und nachhaltig. Bittersalz eignet sich wegen seiner guten Wasserlöslichkeit für eine gezielte Anwendung in gelöster Form mit schneller Wirkung bei akutem Magnesiummangel. Um den Magnesiumbedarf kalkarmer Böden abzudecken, können magnesiumhaltige Düngelkalle oder Magnesit verwendet werden. Bei gleichzeitigem Kalium- und Magnesiumbedarf kann mit Patentkali gedüngt werden, bei hoher Magnesiumversorgung (Gehaltsstufe D oder E) ist die Verwendung magnesiumhaltiger Dünger zu vermeiden. Eine sachgerechte Düngung mit Wirtschaftsdüngern deckt den Magnesiumbedarf in der Regel ab. Bei einer Bewässerung ist auf den Magnesiumgehalt des Bewässerungswassers zu achten (Wasseranalyse). Bei extremem Magnesiummangel (Gehaltsstufe A) ist eine stufenweise Anhebung des Nährstoffgehalts sinnvoll.

Kieserit, Patentkali, Magnesia Kainit und kohlensaurer Magnesiumkalk sind nach den Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft (EU-Verordnung 848/2018) zum Einsatz im biologischen Landbau zugelassen.

3.4.4 Calciumdüngung

Kalkung

Kalkdünger sollen nur dann ausgebracht werden, wenn durch eine Bodenuntersuchung der Bedarf nachgewiesen ist. Die Wirkung der Kalkung ist umso größer, je feiner der Kalk gemahlen ist, je gleichmäßiger er verteilt wird und je gründlicher seine Vermischung mit dem Boden erfolgt.

Bei hohem Magnesiumgehalt des Bodens darf kein magnesiumhaltiger Kalkdünger (z. B. Dolomit Kalk) verwendet werden.

Der optimale pH-Wert für Reben liegt im schwach sauren bis neutralen Bereich (pH-Wert 6,5–7,0). Bei hoher Magnesiumversorgung sind magnesiumfreie Kalke, bei Magnesiumbedarf magnesiumhaltige Kalke zu verwenden. Auf leichten Böden und Gesteinsverwitterungsböden sind zur Vermeidung überhöhter Auswaschung die langsamer verfügbaren Karbonat- oder Silikat Formen zu verwenden, auf mittelschweren und schweren Böden können sowohl diese als auch Oxid- (CaO, MgO) und Hydroxid Formen (Ca(OH)₂, Mg(OH)₂) eingesetzt werden.

Tabelle 37: Düngekalke

Düngertyp	CaO-Gehalt	MgO-Gehalt	Anmerkungen
Kohlensaurer Kalk	54 %		langsam wirkende Kalkformen (für alle Böden geeignet)
Magnesiumkalk	60 %	10–20 %	
Hüttenkalk *)	42 %		
Carbokalk	30 %	1,40 %	
Branntkalk		90 %	schnell wirkende Kalkform (nur für mittelschwere und schwere Böden)
Mischkalk		60 %	schnell und langsam wirkende Kalkformen
Gips	ca. 29 %		enthält ca. 17 % Sulfat-Schwefel

*) keine pH-Wert erhöhende Wirkung

Auch bei Böden mit hohen pH-Werten kann Calciummangel auftreten. Dies zeigt sich an niedrigen Calciumgehalten am Austauschkomplex (siehe Kapitel 3.1). In diesem Fall kann zur Verbesserung der Calciumversorgung und zur Aufrechterhaltung eines ausgewogenen Kationenverhältnisses Calciumsulfat (Gips) eingesetzt werden.

3.4.5 Schwefeldüngung

Im Boden kann der Schwefel anorganisch oder organisch gebunden sein. Je nach Bodenzustand tritt der anorganisch gebundene Schwefel als elementarer Schwefel oder in verschiedenen Oxidationsstufen (z. B.: Sulfide, Sulfate, Thiosulfate) auf. Aufgrund der Anwendung schwefelhaltiger Dünger (z. B. Kaliumsulfat) besteht meist kein Schwefelmangel. Die Verwendung von elementarem Schwefel kann im Falle einer geringen Pufferkapazität des Bodens durch die Bildung von Schwefelsäure zu einem Versauerungsschub führen. Allerdings ist in diesem Fall mit negativen Auswirkungen vor allem auf die Bodenbiologie zu rechnen, sodass von derartigen Maßnahmen abgeraten wird. Beim Auftreten pH-bedingter Mangelsymptome kann auf die Verwendung von Chelat- oder Blattdüngern oder – im Falle einer Neuanlage – auf Kalk verträgliche Unterlagsreben zurückgegriffen werden.

3.4.6 Düngung mit Spurenelementen

Der Entzug an Spurenelementen beträgt im Durchschnitt etwa 650 Gramm Eisen, 150 Gramm Zink, 120 Gramm Mangan, 115 Gramm Bor, 90 Gramm Kupfer und 0,6 Gramm Molybdän pro Hektar/Jahr. Bei der Düngung mit Spurenelementen ist wegen des hohen Wirkungsgrades der Mikronährstoffe große Vorsicht geboten. Eine Überdüngung kann ebenso wie ein Mangel Schäden verursachen. Die in den Düngungsempfehlungen angeführten Düngermengen reichen für 3–4 Jahre.

Eine Spurenelementdüngung soll nur dann vorgenommen werden, wenn im Boden ein niedriger Gehalt festgestellt wird beziehungsweise an den Reben Spurenelementmangel ersichtlich ist oder mittels Blattanalyse nachgewiesen wurde. Da es bei diesen Nährstoffen auch sehr rasch zur Überdosierung kommen kann, dürfen die in den Tabellen angegebenen Mengen nicht überschritten werden. Die Verfügbarkeit einzelner Spurenelemente kann durch das Klima (Trockenheit) und die Bodeneigenschaften (pH-Wert) stark beeinflusst werden.

3.4.7 Bordüngung

Bormangel tritt vor allem in trockenen Jahren auf sandreichen und tonreichen Böden auf. Die Rebe zählt zu den borbedürftigen Pflanzen, dennoch ist eine Bordüngung nur bei sehr niedrigem Gehalt (Gehaltsstufe A) zu empfehlen. Im Allgemeinen ist die Blattdüngung des voll ausgebildeten Rebbestandes einer Bodendüngung vorzuziehen.

Tabelle 38: Bordüngungsempfehlung (Bodendüngung) bei Gehaltsstufe A

kg Bor/ha	
leichte Böden	schwere Böden
1,5	2

Bei hohem oder sehr hohem Gehalt (Gehaltsstufe E) ist die Verwendung borhältiger Mineraldünger zu vermeiden.

Tabelle 39: Beispiele für Bordünger

Düngertyp	Borgehalt (%)	Aufwandmenge (kg/ha)	
		leichte Böden	mittlere bis schwere Böden
Borax	11	14	18
Solobur	21	8	10
Borsäure	18	9	11

3.4.8 Düngung mit weiteren Spurenelementen

Der Entzug an Spurenelementen beträgt im Durchschnitt etwa 650 Gramm Eisen, 150 Gramm Zink, 120 Gramm Mangan, 115 Gramm Bor, 90 Gramm Kupfer und 0,6 Gramm Molybdän pro Hektar/Jahr. Es sollten nur dann Spurenelemente gedüngt werden, wenn durch die Bodenuntersuchung ein niedriger Gehalt im Boden (Gehaltsstufe A) oder durch eine Blattuntersuchung ein Mangel festgestellt wurde. Darüber hinaus empfiehlt es sich bei Unklarheiten das Problem bzw. die Notwendigkeit einer Spurenelementdüngung mit einem

Berater zu besprechen (siehe auch Kapitel 4.3 Blattdünger). Spurenelementdünger enthalten entweder nur einen Spurennährstoff oder eine Spurennährstoffkombination. Die Anwendung kann über den Boden oder über das Blatt erfolgen. Vorteile der Blattdüngung liegen im hohen Ausnutzungsgrad, in der raschen Wirksamkeit und in der Kombinationsmöglichkeit mit Pflanzenschutzmaßnahmen. Bei hohem Kalkgehalt bzw. hohem pH-Wert des Bodens besteht die Gefahr einer Festlegung der zugeführten Spurennährstoffe (Ausnahme Molybdän). Durch die Verwendung von Chelatdüngern kann dies vermieden werden. Außerdem wird die Aufnahme durch die Pflanze auch bei der Blattdüngung erleichtert. Die im Kapitel Stickstoffdüngung beschriebene Depotdüngung kann auch zur Ausbringung der Spurenelementdünger angewendet werden.

Tabelle 40: Düngungsempfehlung für Eisen, Zink, Mangan und Kupfer (Boden-, Blattdüngung) bei Gehaltsstufe A

Bodendüngung	Eisen	Zink	Mangan	Kupfer
Dünger in Sulfatform (nur für Böden mit einem Kalkgehalt unter 15 %)	alle drei bis fünf Jahre in kg/ha			
	200 kg Eisensulfat	25 kg Zinksulfat	130 kg Mangansulfat	Im Weinbau praktisch nicht notwendig
Lanzendüngung* in Chelatform (für alle Böden)- in der Stockreihe	jährlich bis Mangel behoben			
	5–10 kg/ha	2–4 kg/ha	2–4 kg/ha	1–2 kg/ha
Blattdüngung (siehe Kapitel 4.3 Blattdünger)	2–3 Anwendungen/Jahr			
Dünger in Sulfatform**	Eisensulfat 0,20%	Zinksulfat 0,10%	Mangansulfat 0,20%	–
Dünger in Chelatform	Eisenchelate, Zinkchelate, Manganchelate, Kupferchelate lt. Gebrauchsanweisung der Firmen			

*) Bei der Lanzendüngung sind um den Stock vier Einstiche bis in eine Tiefe von 30–40 cm notwendig, wobei je Einstich 1 Liter Düngerlösung einzubringen ist. Auf Standorten, in denen wegen hoher Kalk- und Phosphorgehalte mit Fixierungen zu rechnen ist, ist die Blattdüngung der Bodendüngung vorzuziehen. Chelatdünger sind in diesen Fall besser wirksam als die Salzformen.

**) Bei der Anwendung von Spurenelementen in Sulfatform als Blattdünger empfiehlt sich der Einsatz von 0,25 %iger Ca(OH)_2 -Lösungen, um Verbrennungen zu vermeiden.

4 Düngemittel

4.1 Organische Dünger (Wirtschaftsdünger)

Durch die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und durch den Verbleib von Ernterückständen kommt es zu einer Rückführung von Nährstoffen in den Boden. Diese Mengen sind bei der Düngeplanung und Nährstoffbilanzierung zu berücksichtigen. Folgende organische Düngerarten beziehungsweise Düngemethoden können unterschieden werden:

- Gründüngung/Begrünung
- Stallmist
- Stroh, Rindenmulch und Holzhäcksel (Reisig Häcksel, Grünguthäcksel)
- Ernterückstände (Gipfellaub, Schnittholz, Trester, Tresterkompost, Geläger ...)
- Kompost
- Organische Handelsdünger

Organische Dünger dienen aber nicht nur zur Rückführung von Nährstoffen. Sie liefern dem Boden organische Substanz als Nahrung für die Bodenlebewesen (Nährhumus) und sind Ausgangsstoffe für die Dauerhumusbildung.

Folgende Wirkungen werden durch die regelmäßige organische Düngung erwartet:

- Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit durch Verbesserung der physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften
- Stabilisierung beziehungsweise Erhöhung des Humusgehalts
- Einsparung mineralischer Dünger
- Bodenabdeckung und Erosionsschutz
- Verbesserung der Bodenstruktur
- Verbesserung der Wasserspeicherkapazität des Bodens

Während in Trockengebieten zur Humusstabilisierung die Anwendung von Stroh, Kompost, Rindenmulch und organischen Handelsdüngern zu bevorzugen ist, stellt in Feuchtgebieten mit ausreichender Wasserversorgung die Gründüngung und das fachgerechte Mulchen und Walzen der Begrünung die günstigste Humusstabilisierungsmaßnahme dar.

4.1.1 Gründüngung / Begrünung

Der Anbau von Gründüngungspflanzen erfolgt nicht nur zum Erosionsschutz und zur besseren Befahrbarkeit der Fahrgassen. Er dient als organische Düngungsmaßnahme auch zur Stabilisierung des Humusgehaltes, zur Erhaltung und Verbesserung der Bodenstruktur und zur Aktivierung des Bodenlebens. Somit ist der Anbau von Gründüngungspflanzen indirekt für die Nährstoffversorgung der Reben von Bedeutung. Bei falscher Anwendung kann dem allerdings eine starke Wasser- und Nährstoffkonkurrenz zu den Weinreben gegenüberstehen.

Forderungen des Weinbaus an die Gründüngung:

- Möglichkeit zur Steuerung des Wachstums und der Entwicklung der Reben
- große Pflanzenvielfalt mit einem hohen Blütenangebot
- gutes Regenerationsvermögen nach den Pflegearbeiten
- Wurzelmassebildung und gutes Durchwurzelungsvermögen
- ausreichende Biomassebildung bei nicht zu hohem Bestand
- keine Wasser- und Nährstoffkonkurrenz zu den Reben besonders auf trockenen Standorten und in niederschlagsarmen Gebieten

Die Gründüngungspflanzen sind aus botanischer Sicht bestimmten Pflanzenfamilien zuzuordnen. Diese Pflanzenfamilien haben unterschiedliche Eigenschaften und unterscheiden sich somit auch in ihrer Wirkung auf Boden und Rebe, wie in Tabelle 41 erläutert ist.

Tabelle 41: Eigenschaften und Funktionen von Begrünungspflanzen

Funktion / Eigenschaft	Geeignete Pflanzen
tiefe Bodendurchwurzelung	Lupinen, Luzerne, Bokharaklee (Steinklee), Ölrettich, Futtermalven
hohe biologische Aktivität	hohe Artenvielfalt (Leguminosen, Phacelia, blühende Samenunkräuter)
guter Erosionsschutz	mehnjährige Pflanzen > einjährige Pflanzen, Gräser > Kleearten
rasche Entwicklung	Phacelia, Buchweizen, Senf, Ölrettich, Erd-, Weiß-, Gelb- und Rotklee, Weidelgräser
gute Bodenbeschattung	Kräuter > Gräser (höherer Schnitt)
hoher Auswaschungsschutz	Kreuzblütler – Gräser (mehnjährige > einjährige)

Funktion / Eigenschaft	Geeignete Pflanzen
Nützlings Förderung	blühende Kräuter (Klee, Phacelia, Körnerleguminosen, Buchweizen) > Gräser
Stickstoffsammlung	Leguminosen (Klee, Erbsen, Lupinen, Bohnen, Wicken u. a.)
Befahrbarkeit der Gassen	
- keine Spuren	Gräser rasch entwickelnde oder mehrjährige
- wenig Schlupf	Gräser, insbesondere Wiesenrispe und Ausläuferrotschwinkel
- wenig Unebenheiten	Untergräser: Wiesenrispe, Rotschwinkel
- hohe Fahr- und Trittfestigkeit	Untergräser: Wiesenrispe > Ausläuferrotschwinkel > Deutsches Weidelgras > Flechtstraußgras > Zwiebellieschgras > Horst bildende Schwingelarten
Eignung für Unterzeilenbegrünung	Wiesenrispe, Ausläuferrotschwinkel, Deutsches Weidelgras (Sorten: Tando, Lango, Domingo), Gundermann, Kriechender Hahnenfuß, Weißklee
nicht zu häufiges Mulchen der Fahrgassen	Weiß-, Gelb-, Hornschotenklee (Rutschgefahr am Hang), Untergräser (Wiesenrispe, Rotschwinkel, Plattalmrispe, Schafschwinkel)
einfacheres Schneiden (Mulchen)	Kräuter > Gräser (Rispe > Schwingel)

Quelle: Bauer, K., Fox, R. und Ziegler, B. „Moderne Bodenpflege im Weinbau“, Ulmer / Agrarverlag, 2004.

Leguminosen als Gründungspflanzen haben die Fähigkeit in Symbiose mit Knöllchenbakterien Stickstoff aus der Luft zu binden. Beim Umbruch derartiger Begrünungsbestände wird der gebundene Stickstoff freigesetzt (siehe Tab. 42) und für die Reben nutzbar.

Tabelle 42: Bewertung der Stickstoffwirkung von vollflächigen Begrünungen nach Umbruch

Begrünung / Leguminosen Anteil	Stickstofffreisetzung (kg/ha)*
Einjährig / > 60 %	40–80
Einjährig / 10–60 %	20–40
Einjährig / < 10 %	0–20
Mehrjährig / > 60 %	60–100

Begrünung / Leguminosen Anteil	Stickstofffreisetzung (kg/ha)*
Mehrjährig / 10–60 %	30–50
Mehrjährig / < 10 %	15–25

*) je nach Knöllchenbesatz, Wüchsigkeit und Wasserversorgung kann die Stickstofffreisetzung höher oder geringer sein.

Beim Anbau von Gründüngungspflanzen gibt es die im Folgenden angeführten Möglichkeiten:

- Teilzeitbegrünung: Herbst/Wintergründüngung, Frühjahrs/Sommergründüngung
- Rotationsbegrünung: Jährlicher Wechsel der Gründüngung zwischen den Fahrgassen
- Dauerbegrünung: Langzeitbegrünung
- Naturbegrünung: gelenkte Unkraut- bzw. Beikrautdecke

Abbildung 71: Blühende Frühjahrs-Sommergründüngung (Aussaatmengen in kg/ha): Sommerwicke (20), Platterbse (20), Phacelia (1), Buchweizen (15), Alexandrinerklee (5)



Abbildung 72: Überjährige Gründüngung (Aussaatmenge: 35 kg/ha) im Jahr nach der Aussaat (Inkarnatklee, Leindotter, Spitzwegerich, Kornblume, Weißklee, Gelbklee, Rucola)



Abbildung 73: Stark entwickelte Herbst/Wintergründüngung (Aussaatmengen in kg/ha): Winterroggen (100), Winterwicke (80) bei ausreichender Wasserversorgung



Abbildung 74: Rotationsbegrünung



Abbildung 75: Dreijährige Gründüngung im 3. Jahr (Aussaatmengen in kg/ha): Luzerne (4), Inkarnatklee (7), Weißklee (5), Gelbklee (3), Hornklee (2), Italienisches Weidelgras (2), Bastard-Weidelgras (2)



Abbildung 76: Saatbeet Vorbereitung mit der Fräse vor der Aussaat einer Gründung



Abbildung 77: Kreiselegge mit Saatkasten: Saatbeet Bereitung und Aussaat einer Gründung



Abbildung 78: Walzen einer Gründüngung



Abbildung 79: Mulchen einer Gründüngung



In den Tabellen 43 und 44 sind Detailangaben zu überwinternden und ab frostenden Gründüngungspflanzen zu finden.

Tabelle 43: Überwinternde Gründüngungspflanzen

Pflanze	Anbauzeit *)	Jugend- entwicklung	Boden- bedeckung	Reinsaat (kg/ha)	Anmerkungen
Kreuzblütler (Cruciferae)					
Winterrübe	7,8,9	sehr rasch	sehr gut	13–15	sehr raschwüchsig, viel Biomasse
Winterraps	7,8,9	rasch	sehr gut	13–15	sehr raschwüchsig, viel Biomasse
Hülsenfrüchtler (Leguminosae, Fabaceae)					
Winterwicke	7,8,9	rasch	gut	50–80	gute Bodendurchwurzelung, nur im Gemenge sinnvoll
Weißklee	3,4,5 und 7,8	langsam	mittel	13–15	geringe Boden- und Klimaansprüche, nur im Gemenge sinnvoll
Rotklee	3,4,5 und 7,8	langsam	gut	20–25	nur im Gemenge mit Klee und krautigen Pflanzen, gute Durchwurzelung
Luzerne	3,4,7,8	langsam	gut	20–25	nur im Gemenge mit Klee und krautigen Pflanzen, gute Durchwurzelung, vor allem für Stilllegungen und Bodengesundung, nicht im Trockengebiet geeignet
Inkarnatklee	3,4,7,8	langsam	mittel	25–30	nur im Gemenge, gute Durchwurzelung, Blütenangebot
Hornklee	3,4,7,8	langsam	gering	15–20	niedriger Wuchs, für Trockenlagen und karge Böden
Gelb Klee	3,4,7,8	langsam	gering	20–25	niedriger Wuchs, für Trockenlagen und karge Böden
Schwedenklee	3,4,7,8	gering	mittel	13–15	für feuchte Standorte, Ersatz für Rotklee

Pflanze	Anbauzeit *)	Jugend- entwicklung	Boden- bedeckung	Reinsaat (kg/ha)	Anmerkungen
Steinklee (weiß, gelb)	3,4,7,8	langsam	gering	25–30	für Trockenlagen und karge Böden, hoher Wuchs
Gräser					
Englisches Raygras	3,4,7,8	rasch	sehr gut	25–30	konkurrenzstark, in geringen Mengen im Gemenge
Ausläufer – Rotschwingel	7,8	mittel	gut	25–30	bildet Ausläufer
Schafschwingel	7,8	mittel	gut	25–30	für karge, trockene Böden
Wiesenrispe	7,8	langsam	sehr gut	30–40	nur für feuchte Standorte im Gemenge
Italienisches Raygras	3,4,7,8	rasch	gut	30–50	überwintert in milden Lagen

*) Zahl = Monat

Quelle: LK Oberösterreich, Referat Ackerbau

Tabelle 44: Abfrostende Gründüngungspflanzen

Pflanze	Anbauzeit *)	Jugend- entwicklung	Boden- bedeckung	Reinsaat (kg/ha)	Anmerkungen
Kreuzblütler (Cruciferae)					
Senf	3 bis 9	rasch	sehr gut	13–15	nur im Gemenge, Blütenangebot, rasche Bodenbedeckung
Ölrettich	7,8,9	rasch	sehr gut	25–30	zur Nematodenreduktion
Sommerfuterraps	3 bis 8	rasch	sehr gut	13	Blütenangebot, im Gemenge
Leindotter	3 bis 8	langsam	mittel	10	feines Wurzelwerk, Blütenangebot
Hülsenfrüchtler (Leguminosae, Fabaceae)					

Pflanze	Anbauzeit *)	Jugend- entwicklung	Boden- bedeckung	Reinsaat (kg/ha)	Anmerkungen
Alexandrinischer Klee	3 bis 8	langsam	mittel	25–30	nur im Gemenge sinnvoll
Persischer Klee	3 bis 8	langsam	mittel	20–25	nur im Gemenge sinnvoll
Saatwicke	3 bis 8	rasch	gut	100	gute Gare Bildung und Durchwurzelung, im Gemenge
Saatplatterbse	3 bis 8	mittel	mittel	110–180	Gemenge, hohe Stickstoffbindung, bessere Durchwurzelung als Futtererbse, für trockene Standorte
Futtererbse	3,4,7,8	rasch	mittel	130–150	im Gemenge, gute Stickstoffbindung
Ackerbohne	3 bis 8	rasch	mäßig	150–200	im Gemenge, feuchte Standorte bzw. Herbstanbau
Seradella (ein- zweijährig)	3, bis 8	langsam	mittel	30–50	besonders für sandige Böden, langsame Keimung, Gemenge
Süßlupine	3 bis 7	rasch	mittel	150–200	im Gemenge, Blütenangebot, gute Stickstofffixierung, saure Böden
Bitterlupine	3 bis 7	rasch	mittel	120–180	auf leichten Böden
Verschiedene Pflanzenfamilien					
Phacelia	3 bis 9	mittel	gut	13–15	verträgt gut Trockenheit, Blütenangebot, Nematoden neutral
Buchweizen	3 bis 9	sehr rasch	gut	60–80	friert leicht ab, kurze Vegetationszeit, Samenbildung
Ringelblume	3 bis 8	mittel	gut	13–15	friert ab, gute Durchwurzelung, Samenbildung, Blütenangebot

Pflanze	Anbauzeit *)	Jugend- entwicklung	Boden- bedeckung	Reinsaat (kg/ha)	Anmerkungen
Sonnenblume	3 bis 8	mittel	mittel	15–20	hoher Wasserbedarf, geringer Anteil im Gemenge

*) ... Zahl = Monat

Quelle: LK Oberösterreich, Referat Ackerbau

Naturbegrünung

Dieses System nützt die standortspezifischen Grünpflanzen (Gräser und Kräuter). Ein möglichst vielfältiger Pflanzenbestand ist dabei anzustreben. Eine Umstellung ist je nach vorhandenen Gräser- und Kräuterbestand standortabhängig sehr unterschiedlich. Es kann Jahre dauern bis eine flachwurzelnende Gründecke entsteht. Außerdem nehmen die vorangegangenen Pflegemaßnahmen Einfluss auf die sich entwickelnden Pflanzengesellschaften, sodass sich nach der Umstellung oft nicht befriedigende Gründeckenbestände ergeben. Der Aufbau einer bodenbedeckenden, natürlichen Begrünung gelingt nicht immer. In niederschlagsreichen Gebieten und Jahren gelingt die Umstellung hingegen rascher. Das System hat ökonomische Vorteile, die aber nur zum Tragen kommen, wenn ein bodendeckender Mulch und eine ausreichende Nährhumusproduktion erreicht werden. Hinsichtlich Rebphytoplasmosen sind jene Pflanzen als problematisch zu betrachten, die als Wirtspflanzen und damit als Überträger dieser Krankheit fungieren. Dazu zählen Ackerwinde, Kleine Brennnessel und Schwarzer Nachtschatten.

4.1.2 Stalldünger / Wirtschaftsdünger

In der folgenden Tabelle 45 ist das durchschnittliche Raumgewicht unterschiedlicher Wirtschaftsdünger angeführt. Je nach Einstreumenge können vor allem die Raumgewichte von Festmistern in der Praxis stark variieren.

Tabelle 45: Raumgewicht von Wirtschaftsdüngern und Komposten

Wirtschaftsdüngerart	t/m ³	m ³ /t
Flüssige Wirtschaftsdünger	1	1
Pferdemist	0,5	2

Wirtschaftsdüngerart	t/m ³	m ³ /t
Rindermist	0,83	1,2
Schweinemist	0,91	1,1
Hähnchen- und Putenmist	0,5	2
Hühnertrockenkot (mit 50 % TS)	0,5	2
Schaf- und Ziegenmist	0,7	1,4
Stallmistkompost	0,8	1,2
Bio- und Grünschnittkompost	0,7	1,4

Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdüngern

Die Vorgaben der europäischen Nitratrichtlinie werden in Österreich durch die Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung (NAPV 2022) umgesetzt und sind dort angeführt. Gemäß Erläuterungen zur Wasserrechtsgesetznovelle (BGBl. Teil I 87/2005) darf die jährlich ausgebrachte Menge an Wirtschaftsdüngern nicht mehr als 170 kg Stickstoff pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche betragen. Dieser Begrenzungswert bezieht sich auf den Brutto-Stickstoffanfall abzüglich der gasförmigen Verluste im Stall und während der Lagerung. Diese Verluste werden wie folgt kalkuliert:

- Rindermist, Pferdemit: –30 %
- Schweinemist: –35 %
- Geflügelmist (ohne Puten): –40 %
- Putenmist, Schaf- und Ziegenmist: –45 %

Die üblicherweise in Weingärten ausgebrachten Stickstoffmengen liegen deutlich unter den gesetzlich geregelten Höchstgrenzen.

Die in den Verordnungen und Gesetzen angegebenen Stickstoffmengen beziehen sich auf die Summe des Stickstoffanteils aus mineralischen Düngern, Wirtschaftsdüngern und anderen organischen Düngern. Zur Berechnung der im Wasserrechtsgesetz (WRG) festgelegten Obergrenzen werden neben den Stall- und Lagerungsverlusten zusätzlich auch die Verluste bei der Ausbringung der Wirtschaftsdünger berücksichtigt. Diese betragen bei Stallmist und Kompost 9 % des Stickstoffgehalts. Der Stickstoffgehalt in mineralischen Düngemitteln entspricht dem Stickstoffgehalt in Wirtschaftsdüngern in feldfallender Form.

Nähere Informationen zu den Nährstoffgehalten der verschiedenen Wirtschaftsdünger sind in der Broschüre Richtlinie für die Sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland im Kapitel 4 zu finden ([https://info.bml.gv.at/service/publikationen/landwirtschaft/richtlinien-fuer-die-sachgerechte--duengung-im-ackerbau-und--gruenland.html](https://info.bml.gv.at/service/publikationen/landwirtschaft/richtlinien-fuer-die-sachgerechte-duengung-im-ackerbau-und--gruenland.html)).

4.1.3 Stroh, Rindenmulch und Holzhäcksel (Reisig Häcksel, Grünguthäcksel)

Stroh

Die Fahrgassen können mit 5.000 bis 10.000 kg Stroh/ha abgedeckt werden. Stroh enthält viel Kohlenstoff und sehr wenig Stickstoff. Somit ist das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff (C: N) sehr weit und liegt bei ca. 80–100:1. Zum mikrobiellen Abbau und Umbau brauchen die Bodenmikroben zusätzlich Stickstoff, der aus dem Bodenvorrat entnommen wird. Bei Böden mit geringem Stickstoffvorrat ist deshalb bei Einarbeitung von Stroh Mulch und insbesondere bei schwachem Wachstum der Reben eine zusätzliche Stickstoffdüngung notwendig, und zwar in einer Menge von bis zu 1 kg Stickstoff je 100 kg Stroh. Bei der langsamen Verrottung von Stroh werden langfristig die im Stroh enthaltenen Nährstoffe insbesondere Kalium (siehe Tab. 46) freigesetzt. Stroh Mulch bietet einen sofort wirksamen Erosionsschutz und außerdem wird die Wasserverdunstung des Bodens reduziert und somit der Bodenwasserhaushalt auf trockenen Standorten ausgeglichen. Dadurch wird nicht nur die Mikroorganismenaktivität im Boden, sondern auch die Entwicklung der Rebstöcke gefördert. Stroh Mulch selbst verbraucht kein Wasser und ist daher ein gutes Bodenpflegesystem für niederschlagsarme Weinbaugebiete und Standorte mit leichten Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität.

Bei schweren kalkhaltigen Böden besteht die Gefahr, dass durch die Strohabdeckung Eisenmangelchlorose ausgelöst werden kann. Ursachen dafür sind die reduzierte Verdunstung und mangelnde Bodenerwärmung.

Unter der Strohecke können, insbesondere auf tonreichen Böden, Verdichtungen in der Fahrspur entstehen. Vor der neuerlichen Ausbringung von Stroh sollte daher die Verdichtung aufgebrochen werden. Die verrottete Mulch Schicht sollte vor jeder neuen Strohabdeckung in die obere Bodenschicht grobschollig eingearbeitet werden, um eine Anreicherung an organischer Substanz im Oberboden zu erreichen. Stroh Mulch bietet wie auch andere Maßnahmen, die eine „Bodenruhe“ bewirken, bestimmten Schädlingen (z. B.: Mäuse, Erdraupen) gute Entwicklungsmöglichkeiten. Eine regelmäßige mechanische Bearbeitung der

Stockreihen schafft eine gewisse Abhilfe. In Hanglagen kann eine hohe Strohaufgabe zu erhöhter Rutschgefahr der Traktoren führen. Stroh erhöht die Brandgefahr. Der günstigste Ausbringungstermin ist daher die Zeit nach der Weinlese, da dann das Stroh bald feucht wird und auch vom Boden feucht gehalten wird.

Abbildung 80: Stroheinbringung in die Fahrgasse



Tabelle 46: Mittlere Nährstoffgehalte und Gehalt an organischer Substanz von Stroh, Rindenkompost, Rebschnitt Holz und Rückständen aus der Traubenverarbeitung

Organische Düngerart	Stickstoff (kg)	P ₂ O ₅ (kg)	K ₂ O (kg)	MgO (kg)	Organische Substanz (kg)	Anmerkungen
	Mengen pro 1.000 kg Dünger					
Stroh	3,5–4,5	1–2	8–10	1–1,5	800	1 Rundballen: ca. 250 kg 1 Hochdruckballen: ca. 12 kg 1 Quaderballen: ca. 280 kg
Rindenkompost	3	1	2	1	500	1 m ³ : ca. 400 kg

Organische Düngerart	Stickstoff (kg)	P ₂ O ₅ (kg)	K ₂ O (kg)	MgO (kg)	Organische Substanz (kg)	Anmerkungen
Rebschnitt Holz	4–15	1–2	4–15	0,8–2,9	540–2.000	Anfall: ca. 1.000–4.000 kg/ha/Jahr
Trester	8	3	1,3	0,1	330	relativ hoher Borgehalt
	Mengen pro m³ Dünger					
Trester	3,5	1	5,5	0,4	150	Anfall: ca. 800–1.000 kg/ha oder ca. 15 kg je 100 Liter Wein
Geläger filtriert	11	4	17	0,7	224	Wassergehalt: 35–50 % (Platten- und Drehfilter)
Kieselgurtrub	27	8	9	n.a.	-	Anfall: ca. 4 kg Kieselgurtrub und Geläger je 100 Liter Wein

n.a.= nicht analysiert

Der tatsächliche Gehalt an wertbestimmenden Nährstoffen schwankt und wird vom Ausgangsmaterial mitbestimmt.

Rindenmulch und Holzhäcksel (Reisig Häcksel, Grünguthäcksel)

Eine Abdeckung mit Rindenmulch kann in mehrfacher Hinsicht Vorteile bringen:

- Die phenolischen Inhaltsstoffe der unkompostierten Rinde haben eine herbizide Wirkung auf Samenunkräuter.
- Die Verdunstung kann deutlich herabgesetzt werden.
- Die Erosionsneigung wird signifikant vermindert.
- Die Zufuhr organischer Substanz kann zu einer Erhöhung des Humusgehaltes beitragen.
- Eine Abdeckung im Unterstockbereich kann zu einem erhöhten Mostgewicht und einer verbesserten Sensorik führen; diese Effekte sind jedoch stark von der jeweiligen Nährstoff- und Wasserversorgung des Standortes abhängig.

Bei Verwendung von Rindenabfällen zur mehrjährigen oberflächlichen Bodenabdeckung sollen die Rindenteile maximal 8 cm groß sein. Die Auflageschicht kann 5–10 cm (= 300–600 m³/ha) betragen. Der Verlust durch Verrottung kann etwa alle drei Jahre ausgeglichen werden. Auf diese Weise nutzt man die anfänglich herbizide Wirkung gegen Samenunkräuter. Mehrjährige, Ausläufer bildende Arten wie die Ackerwinde können aber weiter durchtreiben. Auch Knospenschädlinge wie Erdräupen oder Dickmaulrüssler können im Frühjahr vermehrt auftreten. Aufgrund des weiten C: N-Verhältnisses kann bei erstmaliger Ausbringung auf humusarmen Standorten eine zusätzliche Stickstoffgabe sinnvoll sein. Die Verrottung der Rinde führt zu einem hohen CO₂-Gehalt im Boden und damit zu erhöhter Chlorose Gefahr. Deshalb sollte keine Einarbeitung erfolgen. Rindenabfälle können auch kompostiert werden und ergeben einen wertvollen organischen Dünger ohne herbizide Wirkung. Die wertbestimmenden Inhaltsstoffe sind je nach Ausgangsmaterial (Weich- oder Hartholz) unterschiedlich. Mit Rindenmulch oder Holzhäcksel wird eine beachtliche Menge an Kohlenstoff und Nährstoffen eingebracht. Dies trägt zur Dauerhumusbildung bei. Grünguthäcksel ist aufgrund seiner Ausgangsstoffe ähnlich wie Rindenmulch einzustufen.

4.1.4 Rebschnitt Holz und Ernterückstände

Durch das Belassen von ein- und zweijährigem Rebschnitt Holz und die Rückführung von Ernterückständen werden dem Boden sowohl organische Masse zur Humusstabilisierung als auch Nährstoffe zugeführt. Altholz ist grundsätzlich aus den Weingärten und den angrenzenden Böschungen zu entfernen, um die Ausbreitung von holzerstörenden Pilzkrankheiten (z. B. Esca, Eutypa) zu verhindern. Die Ausbringung der Trester sollte nicht wiederholt im selben Weingarten erfolgen. Die Gehalte an organischer Substanz und die Nährstoffgehalte diverser Ernte- bzw. Verarbeitungsrückstände sind in Tabelle 46 abzulesen.

4.1.5 Kompost

Die Qualität von Kompost wird durch eine Reihe unterschiedlicher Eigenschaften gekennzeichnet. Ihre Ausprägung ist abhängig von der Zusammensetzung und den Inhaltsstoffen der verschiedenen Kompostrohstoffe. Zum Einsatz im Weinbau kommen ausschließlich qualitätsgesicherte Komposte der Qualitätsklasse A und A+ gemäß Kompostverordnung 2001 (BGBl. II Nr. 292/2001 idgF) oder selbst hergestellte Komposte in Frage. In dieser Verordnung sind auch die erlaubten Ausgangsmaterialien angeführt. Bei der Beurteilung der geeigneten Ausgangsmaterialien müssen einerseits ihre Eignung für das Verfahren der Kompostierung selbst und andererseits jene Eigenschaften, die für die Qualität des Endpro-

duktes von Bedeutung sind, beachtet werden. Durch geeignete, verfahrenstechnische Maßnahmen wie Zerkleinern, Mischen von unterschiedlichen Materialien und Wenden der Kompostmiete kann der Schwankungsbereich einzelner Eigenschaften eingeeengt werden. Auf diese Weise können trotz der Vielfalt verwendeter Ausgangsmaterialien Komposte mit weitgehend definierten Qualitätsmerkmalen erzeugt werden. Der Nutzen von Kompost besteht vor allem in folgenden Wirkungen:

- Humusaufbau durch Zufuhr von organischer Substanz
- Düngewirkung durch zugeführte Nährstoffe
- langsame Freisetzung der Nährstoffe aus dem Kompost
- Steigerung der biologischen Aktivität der Bodenmikrofauna und –flora
- Verbesserung der Nährstoffaufnahme aus dem Boden
- Verminderung der Nährstoffauswaschung
- Verbesserung des Wasser- und Lufthaushaltes
- Verbesserung der Aggregatstabilität
- Vorbeugung gegen Verschlammung und Erosion
- Erhöhung der Pufferkapazität (Stabilisierung des pH-Werts)
- Erhöhung der Austauschkapazität
- leichtere Bearbeitbarkeit des Bodens
- bessere Erwärmung des Bodens im Frühjahr

Es kann aber aus verschiedenen, im Folgenden angeführten Gründen auch zu Schadwirkungen durch die (falsche) Verwendung von (ungeeignetem) Kompost kommen:

- Anreicherung von organischen und anorganischen Schadstoffen im Boden und in den Pflanzen
- Pflanzenschädigungen durch „unreife“ Komposte
- Stickstoffimmobilisierung bei einem weiten Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis
- Grund- und Oberflächenwasserbelastungen durch erhöhte Nähr- und Schadstoffausträge
- Verbreitung von Schadorganismen, Unkrautsamen und Austriebs fähigen Pflanzenteilen
- Vorhandensein von Ballaststoffen (Beispiele: Kunststoff, Glas, Steine, Metallteile)
- zu hohe Ausbringmengen
- Ausbringung zum falschen Zeitpunkt (z. B. zu feuchter Boden – Verdichtung)
- keine Eignung für den Zweck der Anwendung

Aufgrund unterschiedlicher Kompostqualitäten (Pflanzenverträglichkeit, Reifegrad) ergeben sich im Wesentlichen die zwei Anwendungstypen Frischkompost und Reifkompost. Frischkomposte, deren Hauptrotte und Hygienisierungsphase abgeschlossen ist, haben im Vergleich zu Reifkomposten einen höheren Anteil an organischer Substanz und ein weiteres C/N-Verhältnis. Der weitere Abbau wird in den Boden verlagert. Die Anforderung an die Pflanzenverträglichkeit ist geringer und die Geruchsbelastung höher. Reifkomposte besitzen eine hohe Pflanzenverträglichkeit und die organische Substanz liegt in weitgehend stabiler Form vor. Bei der Kompostierung wird die organische Substanz (Zellulose, Eiweiß, Fette, Lignin) während der Rotte abgebaut und zum Teil in Huminstoffe umgewandelt. Diese bewirken eine Verbesserung der physikalischen Eigenschaften und der biologischen Aktivität im Boden. Der Gehalt an organischer Substanz im Kompost liegt häufig zwischen 30 und 40 % der Trockenmasse (TM). Gehalte über 15 % werden angestrebt. Die im Kompost enthaltenen Pflanzennährstoffe unterliegen in Abhängigkeit von den Ausgangsstoffen und dem Rottegrad starken Schwankungen. So weisen Biotonnenkomposte höhere Nährstoffgehalte (N, P, K) auf als reine Grünschnittkomposte oder Komposte, in denen Wirtschaftsdünger eingemischt wurden. Die Spannweiten der Nährstoffgehalte von Komposten sind in Tabelle 48 ersichtlich.

Tabelle 47: Spannweite der Nährstoffgehalte von Komposten in Prozent der Trockenmasse (TM)

Nährstoff	% der Trockenmasse	kg in 40 t Komposttrockenmasse
Gesamtstickstoff (N)	0,6 – 2,3	240 – 920
Gesamtphosphat (P₂O₅)	0,3 – 1,9	120 – 760
Gesamtkalium (K₂O)	0,5 – 3	200 – 1.200
Gesamtmagnesium (MgO)	1 – 5,4	400 – 2.160
Gesamtcalcium (CaO)	2,4 – 19	960 – 7.600

Quelle: Richtlinie für die Anwendung von Kompost aus biogenen Abfällen in der Landwirtschaft des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz beim BML

Aufgrund der stark schwankenden Nährstoffgehalte ist eine exakte Nährstoffbemessung nicht möglich. Dem Anwender sollte daher jedenfalls eine aktuelle Kompostanalyse des verwendeten Komposts zur Verfügung stehen.

Zulässige Ausbringungsmengen

Gemäß Richtlinien für die sachgerechte Düngung dürfen innerhalb von fünf Jahren maximal 40 t Trockenmasse pro Hektar aufgebracht werden. Die mit dem Kompost zugeführten Nährstoffmengen sind bei einer allfälligen Mineraldüngung zu berücksichtigen. Aufgrund des niedrigen Nährstoffbedarfs der Reben ist im Weinbau generell die Anwendung nährstoffarmer Komposte empfehlenswert. Kompost kann auch für den Erosionsschutz bei offenen Böden eingesetzt werden. Die Aufbringung sollte entweder im Herbst vor der Einsaat der Wintergründung oder im Frühjahr bei entsprechenden Bodenbedingungen erfolgen. Die Gefahr des Auftretens von Chlorose ist bei humusarmen Böden erhöht und kann somit langfristig durch eine Verbesserung des Humusgehalts mittels Komposteinbringung reduziert werden.

Bei der Auspflanzung von Reben kann Kompost als Bestandteil einer Pflanzerdemischung verwendet werden, die als Startgabe zur Versorgung der Reben in das Pflanzloch gegeben wird. Komposte für diesen Anwendungszweck sollten einen Salzgehalt von weniger als 4 g/l aufweisen und in der Qualität einem Reifkompost entsprechen. Der Kompostanteil der Erdmischung in der Pflanzgrube darf 1/3 keinesfalls übersteigen.

Für die Bodenrekultivierung oder zum Erosionsschutz dürfen maximal 160 t Komposttrockenmasse pro Hektar innerhalb von 20 Jahren aufgebracht werden.

Weitere Informationen zur Kompostanwendung sind in der „Richtlinie für die Anwendung von Kompost aus biogenen Abfällen in der Landwirtschaft“, die vom Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz erstellt worden ist, zu finden. Diese Richtlinie kann im Internet unter folgendem Link heruntergeladen werden: <https://info.bml.gv.at/themen/landwirtschaft/landwirtschaft-in-oesterreich/bodenschutz/bodenschutz-duengung/Bodenschutz.html>.

Tabelle 48: Ausgebrachte Mengen (kg) an Stickstoff, Phosphor, Kalium und Calcium bei Ausbringung von 40 t Komposttrockenmasse gemäß „Richtlinie für die Anwendung von Kompost aus biogenen Abfällen in der Landwirtschaft“ des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz beim BML

Trockenmasse	Organische Substanz	N-ges	N-jahres-wirksam	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Gesamtgehalte in kg						
40	Niedriger Nährstoffgehalt					
	8.000	400	40	120	320	1.600
	Mittlerer Nährstoffgehalt					
	14.000	600	60	280	520	3.120
	Hoher Nährstoffgehalt					
	18.000	800	80	480	720	4.800
Verfügbare Anteil im ersten Jahr in %						
		5–10		40–70	60–90	

Abbildung 81: Ausgebrachter Qualitätskompost A+ (40 t Trockenmasse/ha) vor der seichten Einarbeitung



Abbildung 82: Beigabe von Kompost in die Pflanzgrube



4.1.6 Organische Handelsdünger

Organische Handelsdünger werden aus pflanzlichen oder tierischen Abfallstoffen hergestellt. Die darin enthaltenen Nährstoffe sind zum größten Teil organisch gebunden und werden durch die Zersetzungsprozesse im Boden nach und nach den Pflanzen verfügbar gemacht. Damit soll eine kontinuierliche und dem Pflanzenwachstum angepasste Versorgung erzielt werden. Zur Ergänzung des Nährstoffangebotes können auch Nährstoffe in mineralischer Form zugesetzt werden. In diesem Fall spricht man von organisch-mineralischen Düngern. Die zur Herstellung verwendeten Rohstoffe stammen überwiegend aus Prozessen der Futter-, Lebensmittel- und Genussmittelproduktion. Beispiele dafür sind Hornmehl, Knochenmehl, Rizinuschrot, Melasse oder Mälzerei Rückstände. Die Nährstoffgehalte sind im Vergleich zu anderen organischen Düngern wie Kompost relativ hoch. Die Nährstofffreisetzung erfolgt üblicherweise auch schneller, allerdings ist kaum mit einer unmittelbaren Wirkung auf den Humusgehalt zu rechnen. Es kann jedoch von einer Stimulation der biologischen Aktivität im Boden ausgegangen werden. Die Anwendungsmengen sind vom Nährstoffgehalt des jeweiligen Produktes abhängig und werden in gleicher Art wie für Mineraldünger ermittelt. Die Ausbringung der organischen Handelsdünger kann im Herbst oder im Frühjahr erfolgen. Bei hohem Stickstoffgehalt ist eine Ausbringung im Frühjahr zu empfehlen.

Abbildung 83: Ausgebrachter organischer Handelsdünger auf Basis von Malzkeimen und Vinasse (1,5 t /ha) vor der seichten Einarbeitung



Abbildung 84: Ausgebrachter organischer Handelsdünger auf Basis von Trockenschlempe, Restmelasse, Melasse Schlempe, PNC (potato nitrogen concentrate) und CSL (corn steep liquor) (1,9 t /ha) vor der seichten Einarbeitung



Tabelle 49: Beispiele für Nährstoffgehalte organischer Handelsdünger (Die Tabelle erhebt keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit)

Dünger	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Gehalte in %			
Agrobiosol	6–8	0,5–1,5	0,5–1,5
Alginure Granulat	4	2	5
Biofert	5	2	1
Bioilsa	11	1	1
Biosol	6–8	0,5–1,5	1–2
Maltaflor Öko	4	1	5
Restmelasse	2	-	10
Sedumin Manupur	11	1,5	1,5
Styriafert	4	1,5	1
Vermikompost	2	2	2–2,5
Vinasse	2–5	0,3–0,4	5,5–6

4.1.7 Pflanzenstärkungsmittel und Pflanzenhilfsmittel

Die Produktgruppe der Pflanzenstärkungsmittel wurde im Zuge der Neuordnung des deutschen Pflanzenschutzrechtes neu definiert. Gemäß § 2 Nr. 10 Pflanzenschutzgesetz gelten als Pflanzenstärkungsmittel nun:

Stoffe und Gemische einschließlich Mikroorganismen, die

- ausschließlich dazu bestimmt sind, allgemein der Gesunderhaltung der Pflanzen zu dienen soweit sie nicht Pflanzenschutzmittel nach Artikel 2 Absatz 1 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009, oder
- dazu bestimmt sind, Pflanzen vor nichtparasitären Beeinträchtigungen zu schützen.

Produkte der zweiten Gruppe sind z. B. Mittel zur Verminderung der Wasserverdunstung oder Frostschutzmittel. Produkte, die als Pflanzenschutzmittel in den Geltungsbereich der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 fallen, können keine Pflanzenstärkungsmittel sein.

Laut Definition des österreichischen Düngemittelgesetzes 2021 sind Pflanzenhilfsmittel Stoffe ohne wesentlichen Nährstoffgehalt, die dazu bestimmt sind, auf die Pflanzen einzuwirken, die Widerstandsfähigkeit von Pflanzen zu erhöhen oder die Aufbereitung organischer Stoffe zu beeinflussen. Als Pflanzenhilfsmittel sind unter anderem Algenextrakte, Pflanzenöle (z. B. Fenchel), Gesteinsmehle, Wasserglas, Tonerde Präparate, Kräuterauszüge, Kompostextrakte und deren Kombinationen im Handel erhältlich. Diese Produkte sollen die Widerstandskraft des Rebstockes gegen Krankheiten und Schädlinge erhöhen. Die Rebe verfügt über ein aktives System mit dem sie sich gegen angreifende Pathogene mehr oder weniger gut verteidigen kann. Die Abwehrreaktionen (z. B.: Bildung von phenolischen Substanzen, Bildung von Nekrosen) erfolgen bei der Rebe nur im Bedarfsfall. Pflanzenstärkungsmittel beziehungsweise Pflanzenhilfsmittel sollten diese Abwehrreaktionen der Rebe intensivieren. Die derzeit als Pflanzenstärkungsmittel gelisteten Präparate besitzen eine geringe bis mittlere direkte Wirkung und erreichen nicht die Wirkung von zugelassenen Pflanzenschutzmitteln. Für die Zulassung als Pflanzenstärkungsmittel beziehungsweise für das Inverkehrbringen von Pflanzenhilfsmitteln ist kein Wirkungsnachweis vorgesehen. Der Großteil der Produkte wird daher zur Unterstützung von Kupfer- und Schwefelpräparaten, welche zugelassene Pflanzenschutzmittel sind, eingesetzt. Damit kann deren Aufwandsmenge eventuell reduziert werden. Stärkungsmittel können die Pflanzenschutzmittel nicht ersetzen. Grundsätzlich kann man sich nicht erwarten, dass es einen Dünge- oder Pflanzenschutzeffekt gibt. Dazu müssten diese Produkte als Dünge- oder Pflanzenschutzmittel zugelassen werden.

4.2 Anorganische Dünger (Mineraldünger)

Einzelnährstoffdünger

Sie enthalten nur einen bestimmten Nährstoff (z. B. Superphosphat, Ammoniumnitrat) und können gezielt in der notwendigen Menge ausgebracht werden. Einzelnährstoffdünger können aufgrund des im Bodenuntersuchungszeugnis ausgewiesenen Bedarfs gemischt werden.

Mehrnährstoffdünger

Diese Dünger enthalten zwei oder mehrere Nährstoffe mit einem vorgegebenen Nährstoffverhältnis. Die Ausbringungsmenge richtet sich in erster Linie nach dem Gesamtstick-

stoffbedarf der Rebe. Allerdings ist darauf zu achten, dass die empfohlenen Nährstoffmengen dem Verhältnis der Nährstoffe im Düngemittel entsprechen. In Mehrnährstoffdüngern für Reben ist das Idealverhältnis von N: P₂O₅: K₂O = 1: 0,4: 1,5.

Spurenelementdünger

Die Ausbringung eines Spurenelementdüngers soll grundsätzlich nur auf Grund einer Bodenuntersuchung und / oder einer Blattanalyse beziehungsweise nach Rücksprache mit einem Fachberater erfolgen.

Bodenhilfsstoffe

Dazu zählen beispielsweise die Gesteinsmehle. Da es viele verschiedene Arten von Gesteinen (Basalt, Kalke u. a.) gibt, werden auch verschiedenartige Gesteinsmehle mit unterschiedlichen Eigenschaften hergestellt. Deren Zusammensetzung hängt vom Ausgangsmaterial ab. Der Gehalt an wertbestimmenden Nährstoffen in den Gesteinsmehlen ist gering.

Genauere Informationen zu den Mineraldüngern sind im Kapitel 3.4 Erhaltungsdüngung – Ergänzungsdüngung zu finden. Bei der Verwendung von mineralischen Düngern ist auf die chemische Formulierung der einzelnen Nährstoffe in den Düngern zu achten, um auch die richtige Aufwandmenge zu berechnen. Die Umrechnungsfaktoren von chemischen Verbindungen in Elemente und umgekehrt sind in Tabelle 50 angeführt.

Tabelle 50: Umrechnungsfaktoren zwischen chemischen Elementen und deren Verbindungen

Gegeben	Gesucht	Umrechnungsfaktor
N (Stickstoff)	NO ₃	4,428
NO ₃ (Nitrat)	N	0,226
K (Kalium)	K ₂ O	1,205
K ₂ O („Kali“)	K	0,83
P (Phosphor)	P ₂ O ₅	2,291
P ₂ O ₅ („Phosphat“)	P	0,436
Mg (Magnesium)	MgO	1,658

Gegeben	Gesucht	Umrechnungsfaktor
MgO (Magnesia)	Mg	0,603
MgCO ₃ (Magnesiumcarbonat)	Mg	0,288
MgSO ₄ ·7H ₂ O (Magnesiumsulfat)	Mg	0,098
Ca (Calcium)	CaO	1,339
CaO	Ca	0,7174
Ca (Calcium)	CaCO ₃	2,497
CaCO ₃ („Kalk“)	Ca	0,4004

Die Berechnung der erforderlichen Düngemittelmenge auf Basis der Reinnährstoffempfehlung kann entweder mittels der im Folgenden angeführten Formel oder mittels Verwendung der Umrechnungstabelle 51 erfolgen

Formel:

Reinnährstoffempfehlung (kg/ha)

Nährstoffgehalt des Düngers (%) x 100 = Düngemittelbedarf (kg)

Beispiel: Es sollen laut Empfehlung der Untersuchungsanstalt 80 kg Magnesium (MgO) in Form eines Düngers mit 24 % MgO ausgebracht werden. Die Berechnung erfolgt folgendermaßen:

$$80:24 = 3,33$$

$$3,33 \times 100 = 333$$

80 kg MgO entsprechen somit 333 kg eines Magnesiumdüngers (z. B. Kieserit) mit 24 % MgO-Gehalt.

Tabelle 51: Umrechnungstabelle von Reinnährstoffen in Düngemittelmengen

Nährstoffgehalt des Düngers in %	Empfohlene Düngung in kg Reinnährstoff/ha											
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	240	280
	Empfohlene Düngung in kg Düngemittel/ha											
6	330	670	1000	1330	1670	2000	2330	2670	3000	3330	4000	4670
9	220	440	670	890	1110	1330	1550	1780	2000	2220	2670	3110
10	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2400	2800
12	170	330	500	670	830	1000	1160	1330	1500	1670	2000	2330
13	150	310	460	620	770	920	1080	1230	1380	1540	1850	2150
14,5	140	280	410	550	690	830	970	1100	1240	1380	1660	1930
15	130	270	400	530	670	800	930	1060	1200	1330	1600	1870
18	110	220	330	440	560	670	780	890	1000	1110	1330	1560
20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400
22	90	180	270	360	450	550	640	730	820	910	1090	1270
26	77	150	230	310	385	460	540	620	690	770	920	1080
27	75	150	220	295	370	445	520	595	670	740	890	1040
29	65	130	200	270	330	400	470	540	600	670	800	930
30	63	125	190	250	310	375	440	500	560	625	750	875
40	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
45	50	100	140	190	240	290	330	380	430	480	570	670
46	43	87	130	170	220	260	300	350	390	430	520	610
50	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	480	560
60	33	67	100	130	170	200	230	270	300	330	400	470

Beispiel:

Empfohlene Düngemenge: 120 kg K₂O

Nährstoffgehalt des Düngemittels: 22 % K₂O

Dazu verfolgt man die Zahlenkolonne unter „Empfohlene Düngung in kg Reinnährstoff/ha“ beim Wert 120 nach unten bis in der ersten Spalte die Zeile mit dem Wert 22 erreicht ist. Die Zahl im Schnittpunkt Zeile/Spalte entspricht dem Bedarf des Düngemittels in kg/ha. In diesem Fall sind 550 kg des entsprechenden Düngemittels auszubringen.

4.3 Blattdünger

Der Erfolg mit Blattdüngern ist von der Stärke und Dauer des Nährstoffmangels, sowie von der Höhe der Zufuhr im Verhältnis zum Defizit beziehungsweise zum Bedarf der Reben an Nährstoffen abhängig.

4.3.1 Nährstoffaufnahme

Grundsätzlich ist es in Wasser gelösten Nährstoffen möglich, in das Blattinnere einzudringen. Dieser Vorgang wird durch die Klimafaktoren Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur und Bodentemperatur wesentlich beeinflusst. Der Ausbringzeitpunkt ist dementsprechend zu wählen. Mit zunehmender Eintrocknung der Nährlösung (auskristallisieren) verringert sich die Nährstoffaufnahme. Das Aufnahmevermögen steigt nach einer weiteren Befeuchtung (z. B. Taubildung) stark an. Aus diesem Grund wird die Ausbringung der Blattdünger am besten in den Abendstunden bzw. frühen Morgenstunden oder an trübigen Tagen mit einer hohen Luftfeuchtigkeit empfohlen. Die Optimaltemperatur für die Nährstoffaufnahme über das Blatt liegt bei 21 °Celsius. Der Zusatz eines Netzmittels wirkt vorteilhaft. Für eine optimale Aufnahme der Nährstoffe soll die Spritzbrühe einen pH-Wert zwischen 6 und 6,5 haben.

Tabelle 52: Vor- und Nachteile der Blattdüngung

Vorteile	Nachteile
rasche Nährstoffwirkung (Wirkung innerhalb von 1–5 Tagen)	bei zu hoher Konzentration besteht die Gefahr von Verbrennungen an Rebteilen
Nährstoffe gelangen direkt an den Ort des Bedarfs	die Menge der ausgebrachten Nährstoffe pro Behandlung ist relativ gering
keine Auswaschungs- und Festlegungsgefahr	Vorhandensein einer ausreichenden Blattmasse ist erforderlich
Ausbringung in Kombination mit einer Pflanzenschutzmaßnahme ist möglich	gute Wirkung nur bei entsprechenden Flüssigkeitsmengen möglich

Vorteile	Nachteile
(Ausbringungszeitpunkt während des Tages beachten!)	
ermöglicht eine bedarfsgerechte Nährstoffzufuhr	Wirkung ist stark witterungsabhängig
hohe Düngereffektivität	Blattdüngung verursacht zusätzliche Kosten

4.3.2 Anwendungszeitpunkt der Blattdünger

Als Termin für die Ausbringung von Nährstoffen über das Blatt kommt die Zeit von Ende Mai bis vor der Blüte, sowie der Zeitraum nach der Blüte bis etwa Ende August in Frage, wobei jüngere Blätter ein höheres Aufnahmevermögen aufweisen als ältere Blätter. Bei der Verwendung von Blattdüngern sollte daran gedacht werden, dass eine gute Wirkung nur bei einer mehrmaligen Behandlung zu erwarten ist.

4.3.3 Beispiele für Blattdünger

Die Blattdüngung erfolgt vielfach in Kombination mit einer Pflanzenschutzmaßnahme. Aus diesem Grund ist, um Blattverbrennungen zu vermeiden, die Einhaltung der empfohlenen Konzentration besonders wichtig. In Tabelle 53 sind einige geeignete Blattdünger angeführt, die Liste erhebt aber keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit.

Tabelle 53: Blattdünger

Nährstoff	zur Blattdüngung verwendetes Mittel	Konzentration in %	Entspricht Gramm pro 100 Liter
N-P-K	vollwasserlöslicher Volldünger bzw. entsprechender Blattdünger	0,3–0,5	300–500
N	Harnstoff (46 % N)	0,3–0,5	300–500
K	Kaliumsulfat (42 % K)	0,5	500
Mg	Magnesium haltige Blattdünger (in Chelatform)	laut Firmenempfehlung	
	Magnesiumsulfat (Bittersalz)	2,0 allein	2.000
		1,0 mit PSM	1.000

Nährstoff	zur Blattdüngung verwendetes Mittel	Konzentration in %	Entspricht Gramm pro 100 Liter
	Mg-Oxid	1	1.000
B	Borax (11,3 % B)	0,3	300
	Borsäure (17,5 %)	0,2	200
	Solobur (20,5 %)	0,15	150
Fe	Eisenhaltige Blattdünger (in Chelatform)	laut Firmenempfehlung	
	Eisensulfat (20,2 % Fe)	0,2	200
Mn	Mangan haltige Blattdünger (in Chelatform)	laut Firmenempfehlung	
	Mangansulfat (32 % Mn)	0,2	200
Zn	Zink haltige Blattdünger (in Chelatform)	laut Firmenempfehlung	
	Zinksulfat (40,5 % Zn)	0,1	100

- Werden Blattdünger in Kombination mit Pflanzenschutzmitteln ausgebracht, können Probleme (Verbrennungen, Minderwirkung der Pflanzenschutzmittel durch pH-Wert-Verschiebung) auftreten.
- Junge Blätter sind empfindlicher (hohe Konzentration, Kombination von PSM und Blattdünger) – dies ist besonders in Junganlagen und in Anlagen mit Hagelschaden wichtig, in denen die Entwicklung von Geiztrieben gefördert werden soll.

Ernährungsstörungen (Mangelercheinungen) müssen richtig diagnostiziert werden. Nur eine Kontrolle durch Blattanalyse gibt in Verbindung mit einer Bodenanalyse einen endgültigen sicheren Aufschluss über die Nährstoffaufnahmesituation der Rebe. Die Zufuhr der fehlenden Nährstoffe muss in einem ausgewogenen Verhältnis erfolgen.

Hinweise:

- Nur mehrmalige Spritzungen bringen einen Erfolg!
- Während der Blüte sollte keine Behandlung erfolgen.
- Bezüglich der Mischbarkeit von Pflanzenschutzmitteln sollte unbedingt der Hersteller über die Verträglichkeit befragt werden.

- Fertige Spritzbrühen sollten umgehend ausgebracht werden.
- Verbrennungserscheinungen nach sachgerechter Harnstoffapplikation können auch durch mit Biuredin verunreinigte Harnstoffdünger verursacht werden.

5 Blattanalysen

Die Blattanalyse kann Auskunft darüber geben, ob die Reben ausreichend mit den einzelnen Nährstoffen versorgt sind beziehungsweise ob ein Mangel oder Überschuss einzelner Nährstoffe vorliegt.

Die Nährstoffversorgung der Reben hängt nicht immer von den verfügbaren Nährstoffen im Boden ab. Die Blattanalyse kann aber die Bodenprobe nicht ersetzen. Vergleichende Untersuchungen von Boden und Blättern sowie von Standorten mit gesunden Pflanzen und Pflanzen mit physiologisch bedingten Störungen können wichtige Einblicke in die Ursachen liefern. In Kombination mit der Bodenuntersuchung müssen neben den Nährstoffgehalten im Boden und Blatt auch Bodenart, Wasser- und Luftführung des Bodens, Struktur und Niederschläge berücksichtigt werden. Für die richtige Interpretation der Untersuchungsergebnisse von Blattproben müssen Zeitpunkt der Probennahme, Blattstellung am Trieb, Wachstumszustand der Reben, Traubenbehang und Kulturmaßnahmen, wie Düngung, Pflanzenschutz und Bodenpflegesysteme, beachtet werden.

Die Probenahme ist bei Rebblättern relativ einfach. Für eine repräsentative Durchschnittsprobe werden etwa 25–30 Rebblätter gesammelt. Die Entnahme der Blätter erfolgt in der Traubenzone an möglichst stammnahen Trieben. Zur Untersuchung wird das, der 1., 2. oder 3. Traube gegenüberstehende Blatt, entnommen. Der Blattstiel wird entfernt, da er das Ergebnis verändern kann. Kranke oder beschädigte Blätter sind von der Probenahme auszuschließen. Blätter mit Mangelsymptomen sind mitzubeprobieren.

Blattprobenahmeterminen

1. Vollblüte bis abgehende Blüte
2. Weichwerden der Trauben (ca. 5–6 °KMW bzw. 25–30 °Öchsle)
3. Eintritt in die Vollreife (ca. 12 °KMW bzw. ca. 60 °Öchsle)

Einstufung der Nährstoffgehalte in den Blättern

Tabelle 54: Durchschnittlicher Nährstoffgehalt in den Blattspreiten der Rebe zu den Zeitpunkten „Blüte“ und „Weichwerden der Beeren“ (nach G. Vanek (1978) und A. Fardossi (2001))

Nährstoffgehalt in der Trockensubstanz (TS)	sehr niedrig A	niedrig B	optimal C	hoch D	sehr hoch E
	Nährstoffgehalte in %				
Stickstoff (N)	< 1,3	1,3-2,25	2,25-2,75	2,75-3,5	>3,5
Phosphor (P)	< 0,1	0,1-0,19	0,19-0,24	0,24-0,8	>0,8
Kalium (K)	< 0,8	0,8-1,2	1,2-1,4	1,4- 3,0	>3,0
Calcium (Ca)	< 1,5	1,5-2,5	2,5-3,5	3,5-5,0	>5,0
Magnesium (Mg)	< 0,1	0,1-0,25	0,25-0,5	0,5-1,0	>1,0
	Nährstoffverhältnis				
Stickstoff : Kalium	1,0- 1,9		1,9-2,4	2,4-5,5	
Kalium : Magnesium	<3,5		3,5-7,0	>7,0	
	Nährstoffgehalte in mg/1000g TS				
Eisen (Fe)	<60		60-300	>300	
Kupfer (Cu)	<6		6-20	>20	
Zink (Zn)	<25		25-60	>60	
Mangan (Mn)	<30		30-300	>300	
Bor (B)	<25		25-40	>40	
Molybdän (Mo)	<0,15		0,15-0,30	>0,30	

Handhabung der Tabelle 54:

Die Konzentrationsbereiche und Nährstoffverhältnisse sind aus der Tabelle 54 zu entnehmen. So werden z. B. Kaliumgehalte von 1,2–1,4 % in der Trockensubstanz von Blattspreiten der Traubenzone als optimal bezeichnet. Magnesiumwerte von 0,25–0,50 % sind ausrei-

chend. Das K/Mg-Verhältnis soll bei 3,5–7,0 liegen. Ein weites Verhältnis (höher als 7) deutet auf Magnesiummangel bzw. Kaliumübersorgung hin und ein enges Verhältnis (niedriger als 3,5) auf Magnesiumüberschuss bzw. auf Kaliummangel. Das N: K-Verhältnis sollte 2:1 betragen.

Die in der Pflanze mobilen Nährstoffe (Stickstoff, Kalium, Phosphor) sind zunächst in den jungen Blättern am stärksten konzentriert und werden mit zunehmendem Alter der Blätter verlagert (z. B.: Kalium von alternden Blättern der Traubenzone in wachsende Triebspitzen und Trauben). Schlecht mobil sind vor allem Calcium, Eisen, Kupfer und Zink. Daher verschiebt sich z. B. das Verhältnis Calcium zu Kalium mit zunehmendem Alter der Blätter. Die analysierten Gehalte an Kupfer, Mangan und Zink können durch die Applikation von Pflanzenschutzmitteln, die diese Elemente enthalten, stark verfälscht sein.

6 Gesetzliche Rahmenbedingungen des Düngungsmanagements

Bei der Anwendung von organischen und mineralischen Düngemitteln sind die im Folgenden angeführten gesetzlichen Bestimmungen zu beachten.

6.1 Gesetze und Verordnungen in der geltenden Fassung

- Wasserrechtsgesetz (WRG 1959)
- Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung (NAPV: https://info.bml.gv.at/themen/wasser/wasser-oesterreich/wasserrecht_national/recht_gewaesserschutz/APNitrat2012.html)
- Bodenschutzgesetze der Bundesländer
- Klärschlamm- und Müllkompost-Verordnungen der Bundesländer

Die Regelungen im österreichischen Düngemittelgesetz und in der Düngemittelverordnung betreffen Hersteller und Händler.

Alle Gesetze und Verordnungen finden Sie im Internet unter www.ris.bka.gv.at/.

6.2 Weitere Richtlinien zur sachgerechten Düngung

- Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland
- Humus in Diskussion
- Düngung im Hopfenbau
- Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Obstbau
- Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Garten und Feldgemüsebau
- Richtlinie für die Anwendung von Kompost aus biogenen Abfällen in der Landwirtschaft
- Der sachgerechte Einsatz von Biogasgülle und Gärrückständen im Acker- und Grünland
- Richtlinien für den sachgerechten Einsatz von Pflanzenaschen zur Verwertung auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen

- Richtlinien für die sachgerechte Düngung von Kurzumtriebsflächen mit Weide und Pappel
- Empfehlungen für die sachgerechte Düngung von Christbaumkulturen
- Hydroponische Substrate
- Bodenrekultivierungsrichtlinie
- Bodenfunktionsbewertung
- Biokohle – Potential und Grenzen der Anwendung in der Land- und Forstwirtschaft

Sämtliche Richtlinien finden Sie im Internet unter info.bml.gv.at/themen/landwirtschaft/landwirtschaft-in-oesterreich/bodenschutz/bodenschutz-duengung/Bodenschutz.html

7 Untersuchungsanstalten für Boden- und / oder Blattproben

Tabelle 55: Untersuchungsanstalten für Boden- und / oder Blattproben.

Labor

AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH
Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion, Abteilung Bodengesundheit und Pflanzenernährung
Spargelfeldstraße 191
1220 Wien
Tel +43 5 0555-34125; Fax +43 5 0555-34101
E-Mail: bodengesundheit@ages.at
www.ages.at/umwelt/boden/bodenuntersuchungen

Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 10: Land- und Forstwirtschaft
Referat Boden und Pflanzenanalytik
Ragnitzstraße 193
8047 Graz
Tel: +43 316 877-6635, Fax: +43 316 877-6626
E-Mail: abteilung10@stmk.gv.at
www.haidegg.at

CEWE GmbH Landwirtschaftliches Labor
Audorf 17
4542 Nußbach
Tel: +43 7587 6030, Fax: +43 7587 6030-60
E-Mail: landwirtschaftliches.labor@cewe.at
www.cewe.at

AGRANA Zucker GmbH
Joseph-Reither-Straße 21–23
3430 Tulln
Tel: +43 2272 602114-02, Fax: +43 2272 602114-20
E-Mail: alexander.wind@agrana.com
www.agrana.com

Labor

Chemcon Technisches Büro für technische Chemie GmbH

Zirkusgasse 23

1020 Wien

Tel: +43 1 2140798, Fax: +43 1 2140798-4

E-Mail: office@chemcon.at

www.chemcon.at

Versuchszentrum Laimburg

Boden- und Pflanzenanalysen

Laimburg 6

39051 Pfatten (Vadena) (BZ), Italien

Postadresse: 39040 Post Auer (Ora) (BZ), Italien

Tel. +39 471 969 553

E-Mail: aldo.matteazzi@laimburg.it

www.laimburg.it

Bodenproben können direkt (entsprechend gekennzeichnet) an die Untersuchungsanstalten gesendet werden. Die Probenübernahme erfolgt teilweise auch durch die Bezirksbauernkammern beziehungsweise Bezirksreferate mittels angekündigter Sammelaktionen.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die wichtigsten Wechselwirkungen (Antagonismen, Synergismen).....	41
Tabelle 2: Nährstoffgehalte im Rebschnitt Holz beim Winterschnitt (kg/ha) in Abhängigkeit vom Ertrag, der Rebsorte, dem Wachstumszustand und dem Alter des Weingartens.....	44
Tabelle 3: Einstufung der Bodenreaktion (pH-Wert)	62
Tabelle 4: Anzustrebende pH-Werte in Abhängigkeit von der Bodenschwere	63
Tabelle 5: Gründigkeit	65
Tabelle 6: Einstufung der Bodenschwere und anzustrebende Humusgehalte.....	65
Tabelle 7: Einstufung der Wasserverhältnisse	66
Tabelle 8: Trockenheitstoleranz und Frühjahrsstaunässeempfindlichkeit von Unterlagsrebsorten	66
Tabelle 9: Einstufung des Grobanteils > 2 mm in Vol.-%	67
Tabelle 10: Einstufung des Humusgehaltes in %.....	68
Tabelle 11: Einstufung des Kalkgehaltes (Gesamtkalkgehalt in %) im Weinbau	69
Tabelle 12: Beurteilung der Kalkaktivität	69
Tabelle 13: Zusammenfassung der Unterlagsrebsorten nach ihrer Kalkverträglichkeit.....	70
Tabelle 14: Chlorose Neigung von Rebsorten	70
Tabelle 15: Zusammenfassung der Untersuchungsparameter	82
Tabelle 16: Einstufung von pflanzenverfügbarem Phosphor.....	84
Tabelle 17: Mindestgehalte an wasserlöslichem Phosphor bei Vorliegen der Gehaltsklasse D für pflanzenverfügbaren Phosphor nach ÖNORM L 1087 (CAL).....	85
Tabelle 18: Einstufung der pflanzenverfügbaren Kaliumgehalte unter Berücksichtigung der Bodenschwere	85
Tabelle 19: Optimal Bereiche der austauschbaren Kationen.....	88
Tabelle 20: KAK _{eff} -Werte für die Magnesiumgehaltsklassen	89
Tabelle 21: Untersuchungsergebnis für das Berechnungsbeispiel in Tabelle 22.....	90
Tabelle 22: Berechnungsbeispiel der Belegung des Sorptionskomplexes	90
Tabelle 23: Einstufung der Magnesiumgehalte (Mg) nach der Methode „Schachtschabel“ unter Berücksichtigung der Bodenschwere	91
Tabelle 24: Einstufung des Kalium: Magnesium Verhältnisses.....	91
Tabelle 25: Einstufung der Gehalte von Bor in mg/1.000 g Feinboden.....	92
Tabelle 26: Einstufung der Gehalte an Kupfer, Zink, Mangan und Eisen in mg/1.000 g Feinboden in Abhängigkeit vom Kalkgehalt und vom pH-Wert des Bodens	93
Tabelle 27: Einstufung des Stickstoffmineralisierungspotenzials durch die „Anaerobe Mineralisierung“ (Bebrütungsmethode) oder Abschätzung durch den Humusgehalt.....	93
Tabelle 28: Düngungstabelle für die Aufdüngung bei Weingartenneuanlagen (kg/ha).....	99

Tabelle 29: Maximale Stickstoffdüngung (kg N / Hektar) in Ertragsanlagen in Abhängigkeit von der Wüchsigkeit und von der Bodenbewirtschaftungsart	108
Tabelle 30: Stickstoffmenge (kg N/ha) in Abhängigkeit von der Nitratkonzentration im Beregnungswasser und der Beregnungsintensität	110
Tabelle 31: Mineralische Stickstoffdüngerformen.....	115
Tabelle 32: Phosphor- und Kaliumdüngung in Weingärten mit mittlerer Ertragserwartung (Werte in kg/ha und Jahr, gerundet).....	118
Tabelle 33: Wichtige mineralische Phosphordünger	120
Tabelle 34: Wichtige mineralische Kaliumdünger.....	120
Tabelle 35: Magnesiumdüngung von Weingärten bei mittlerer Ertragserwartung (Werte gerundet).....	122
Tabelle 36: Wichtige mineralische Magnesiumdünger.....	123
Tabelle 37: Düngekalke	124
Tabelle 38: Bordüngungsempfehlung (Bodendüngung) bei Gehaltsstufe A	126
Tabelle 39: Beispiele für Bordünger	126
Tabelle 40: Düngungsempfehlung für Eisen, Zink, Mangan und Kupfer (Boden-, Blattdüngung) bei Gehaltsstufe A	127
Tabelle 41: Eigenschaften und Funktionen von Begrünungspflanzen.....	129
Tabelle 42: Bewertung der Stickstoffwirkung von vollflächigen Begrünungen nach Umbruch.....	130
Tabelle 43: Überwinternde Gründüngungspflanzen.....	136
Tabelle 44: Abfrostende Gründüngungspflanzen	137
Tabelle 45: Raumgewicht von Wirtschaftsdüngern und Komposten	139
Tabelle 46: Mittlere Nährstoffgehalte und Gehalt an organischer Substanz von Stroh, Rindenkompost, Rebschnitt Holz und Rückständen aus der Traubenverarbeitung.....	142
Tabelle 47: Spannweite der Nährstoffgehalte von Komposten in Prozent der Trockenmasse (TM)	146
Tabelle 48: Ausgebrachte Mengen (kg) an Stickstoff, Phosphor, Kalium und Calcium bei Ausbringung von 40 t Komposttrockenmasse gemäß „Richtlinie für die Anwendung von Kompost aus biogenen Abfällen in der Landwirtschaft“ des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz beim BML.....	148
Tabelle 49: Beispiele für Nährstoffgehalte organischer Handelsdünger (Die Tabelle erhebt keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit)	151
Tabelle 50: Umrechnungsfaktoren zwischen chemischen Elementen und deren Verbindungen.....	153
Tabelle 51: Umrechnungstabelle von Reinnährstoffen in Düngemittelmengen	155
Tabelle 52: Vor- und Nachteile der Blattdüngung	156

Tabelle 53: Blattdünger	157
Tabelle 54: Durchschnittlicher Nährstoffgehalt in den Blattspreiten der Rebe zu den Zeitpunkten „Blüte“ und „Weichwerden der Beeren“ (nach G. Vanek (1978) und A. Fardossi (2001))	161
Tabelle 55: Untersuchungsanstalten für Boden- und / oder Blattproben.....	165

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wechselwirkungen zur Umschreibung des Begriffes „Terroir“ (nach Hoppmann und Löhnertz)	9
Abbildung 2: Faktoren, die den Gehalt an hefeverwertbaren Nährstoffen im Most vermindern	12
Abbildung 3: Stickstoffmangel – grünelbe Blätter, rötliche Blattstiele – Stickstoffgehalt der Blattspreiten zur Blüte = 1,5 % N (optimal 1,9–2,4 %)	14
Abbildung 4: Stickstoffüberschuss – Stickstoffgehalt der Blattspreiten zur Blüte = 3,6 %..	15
Abbildung 5: Phosphormangel – Phosphorgehalt der Blattspreiten zur Blüte = 0,14 % (optimal: 0,19–0,24)	16
Abbildung 6: Kaliummangelsymptome an den Blättern	18
Abbildung 7: Kaliummangelsymptome an den Blättern	19
Abbildung 8: Kaliummangel – tritt immer zuerst an den älteren Blättern der Traubenzone auf.....	19
Abbildung 9: Sehr starker Kaliummangel.....	20
Abbildung 10: Verdeckter Kaliummangel bei Zweigelt Anfang Juli, Kaliumgehalt der Blattspreiten 0,6 % (optimal 1,2-1,4 %)	20
Abbildung 11: Sichtbarer Kaliummangel an den Blatträndern bei Zweigelt Mitte Juli, Kaliumgehalt der Blattspreiten 0,5 % (optimal 1,2-1,4 %).....	21
Abbildung 12: Kaliummangel bei Zweigelt Mitte August, Kaliumgehalt der Blattspreiten 0,4 %	21
Abbildung 13: Kaliummangelsymptome bei Zweigelt Ende August an Trauben und Blättern, Kaliumgehalt der Blattspreiten 0,3 %.....	22
Abbildung 14: Linker Stock – Blatt mit Magnesiummangelsymptomen; Rechter Stock: Blatt mit Schadsymptomen aufgrund von Stolburbefall	23
Abbildung 15: Magnesiummangel – Mg-Gehalt der Blattspreite = 0,13 % (optimal 0,25–0,5 %)	24
Abbildung 16: Stiellähme	24
Abbildung 17: Magnesiummangel: Gelbverfärbung der Interkostal Felder bei einer Rotweinsorte	25
Abbildung 18: Magnesiummangel bei einer Weißweinsorte – die Symptombildung beginnt immer an den älteren Blättern.....	25
Abbildung 19: Typische Magnesiummangelsymptome bei einer Rotweinsorte	26
Abbildung 20: Magnesiummangelsymptome bei Welsch Riesling auf 125 AA	26
Abbildung 21: Keine Magnesiummangelsymptome bei Welsch Riesling auf 1103 P (höheres Mg-Aufnahmevermögen) am selben Standort wie in Abbildung 21.....	27

Abbildung 22: Die Unterlagsrebsorte „Börner“ (Vitis Riparia x Vitis Cinerea) ist gegen Staunässe und höheren Kalkgehalt empfindlich – Chlorose.....	29
Abbildung 23: Unter denselben Bedingungen wie „Börner“ und Riparia Portalis zeigt die Unterlagsrebsorte SO 4 (Vitis Berlandieri x Vitis Riparia) keine Chlorose	29
Abbildung 24: Die Unterlage Riparia Portalis ist gegen hohen Kalkgehalt sehr empfindlich – Chlorose.....	30
Abbildung 25: Bormangel am Blatt – Blätter rollen nach unten und zeigen mosaikartige Aufhellungen	32
Abbildung 26: Verrieselungsschaden durch Bormangel	33
Abbildung 27: Chlorose – vergilbtes Blatt mit grünen Blattadern	34
Abbildung 28: Chlorose – Blattvergilbungen beginnend von der Triebspitze	34
Abbildung 29: Manganmangel auf kalkhaltigem Boden (58 % Kalk) beim Weichwerden der Beeren, Mangangehalt der Blattspreiten = 15 ppm	36
Abbildung 30: Manganmangel am selben Standort wie in Abbildung 29 zum Lesezeitpunkt	36
Abbildung 31: Zinkmangel – gestauchter und zickzackförmiger Triebwuchs, Kleinblättrigkeit	38
Abbildung 32: Zinkmangelsymptome – offene Stielbucht.....	39
Abbildung 33: Einfluss der Nährstoffversorgung (Gehaltsstufen A bis E) auf den Ertrag und die Entwicklung der Rebe	40
Abbildung 34: Jahreszeitlicher Verlauf der Stickstoffaufnahme und –einlagerung in die Rebe. (nach Schaller und Löhnertz – FA Geisenheim)	42
Abbildung 35: Nährstoffkreislauf/Nährstoffhaushalt in der Rebanlage	43
Abbildung 36: Durchschnittliche Nährstoffaufnahme von Trauben (10.000 kg/ha), Schnittholz (ca. 3.000 kg/ha) und der Blätter (ca. 6.000 kg/ha)	44
Abbildung 37: Chlorose Auftreten in Abhängigkeit von der Rebsorte	46
Abbildung 38: Chlorose – Blattvergilbungen von der Triebspitze beginnend	46
Abbildung 39: Ursachen, die zur Chlorose führen (nach A. Schwab)	49
Abbildung 40: Tiefenlockerer zur Behebung von Bodenverdichtungen.....	50
Abbildung 41: Tiefenlockerer im Einsatz.....	51
Abbildung 42: Stiellähme – bräunlich schwarze 1–2 mm große, eingefallene Flecken am Stielgerüst – Primärnekrosen	52
Abbildung 43: Stiellähme – fortgeschrittenes Stadium mit geschrumpften Beeren bei „Grüner Veltliner“	52
Abbildung 44: Traubenwelke bei „Zweigelt“ – linke Traube gesund, mittlere Traube beginnende Welke, rechte Traube vollkommen welke Beeren. Die Beeren schrumpfen „gummiartig“ ein und schmecken sauer.....	55

Abbildung 45: Welke Zweigeltbeeren und Kaliummangelsymptome an den Blättern	56
Abbildung 46: Kaliummangelsymptome am Blatt	57
Abbildung 47: Kaliummangelsymptome am Blatt	57
Abbildung 48: Kaliummangelsymptome – Nekrosen mit rotem Saum	58
Abbildung 49: Verfügbarkeit der Nährstoffe in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens...	64
Abbildung 50: Abschätzung des Grobanteils: jedes Rechteck ist in 4 kleinere Rechtecke mit gleichen Flächenanteilen mit jeweils gleichen Grobanteilen unterteilt	68
Abbildung 51: Werkzeuge zur händischen Entnahme von Bodenproben	72
Abbildung 52: Am Auto montiertes Gerät zur maschinellen Entnahme von Bodenproben mit GPS-Verortung	73
Abbildung 53: Entnahme von Bodenproben.....	75
Abbildung 54: Wurzelausbreitung vom Unterstockbereich bis in die Fahrgasse	75
Abbildung 55: Bodenprofil Klosterneuburg (Quelle: W. Fritz) – Carbonat haltige Braunerde auf vorverwittertem, verbrauntem Flyschmergel; Ap-Horizont (=Bearbeitungshorizont, 0–15 cm), ABV-Horizont (15–30 cm), Bv-Horizont (30–88 cm), CV-Horizont (88–115 cm); schwach alkalisch; mittlerer bis hoher Kalkgehalt; sandiger Lehm; mittelschwerer Boden; mittlerer Humusgehalt; ausreichend bis hohe Nährstoffversorgung.....	76
Abbildung 56: Bodenprofil Klosterneuburg (Quelle: W. Fritz) – Carbonathaltiger Kolluvisol auf Löss; Ap-Horizont (= Bearbeitungshorizont, 0–15 cm), Ahb-Horizont (15–40 cm), C1-Horizont (40–100 cm), C2-Horizont (100–115 cm); schwach bis stark alkalisch; hoher Kalkgehalt; sandiger Schluff; leichter Boden; niedriger bis mittlerer Humusgehalt; ausreichend bis hohe Nährstoffversorgung.....	77
Abbildung 57: Schieferboden, Ranker.....	78
Abbildung 58: Tschernosem; Arig-Horizont – Rigolhorizont = lehmiger Sand mit geringem Grobanteil (0–40 cm); C-Horizont = Lehm mit geringem Grobanteil (40–100 cm); alkalisch; hoher Kalkgehalt; Verarmung an Phosphor und Kalium im Unterboden	78
Abbildung 59: Darstellung der Zusammenhänge der Nährstoffverhältnisse im Boden und der Bodenlösung	86
Abbildung 60: Darstellung der Einstufung des Kalium Magnesium Verhältnisses der Beispiele A, B und C.....	92
Abbildung 61: Bodenuntersuchungsergebnisse und Nährstoffempfehlungen	95
Abbildung 62: Rigolen mittels Rigolpflug nach der Vorratsdüngung und vor der Rebenpflanzung in eine Tiefe von bis zu 60 cm	101
Abbildung 63: Rigolen mittels Bagger nach der Vorratsdüngung und vor der Rebenpflanzung in eine Tiefe von bis zu 60 cm	101
Abbildung 64: Rigolen mittels Bagger nach der Vorratsdüngung und vor der Rebenpflanzung in eine Tiefe von bis zu 60 cm	102

Abbildung 65: Streifenförmiges Rigolen der vorgesehenen Pflanzstreifen mittels Bagger nach der Ausbringung von Kompost und vor der Rebenpflanzung	103
Abbildung 66: Stickstoffkreislauf.....	105
Abbildung 67: Knöllchen an Feinwurzeln von Klee – Symbiose zwischen Knöllchenbakterien und Leguminose zur Stickstoffbindung aus der Luft	107
Abbildung 68: Knöllchen an Winterwicke – Symbiose zwischen Knöllchenbakterien und Leguminose zur Stickstoffbindung aus der Luft	108
Abbildung 69: Gehalt an mineralischem Stickstoff (Nitrat- und Ammoniumstickstoff, hochgerechnet in kg pro ha) unter vier verschiedenen Gründungsarten in einer Bodentiefe von 0 bis 60 cm im Verlauf von zwei Vegetationsperioden	111
Abbildung 70: Mulchbodenlockerer mit Düngeaufsatz zur Mineraldüngereinbringung ..	118
Abbildung 71: Blühende Frühjahrs-Sommergründung (Aussaatmengen in kg/ha): Sommerwicke (20), Platterbse (20), Phacelia (1), Buchweizen (15), Alexandrinerklee (5)	131
Abbildung 72: Überjährige Gründüngung (Aussaatmenge: 35 kg/ha) im Jahr nach der Aussaat (Inkarnatklee, Leindotter, Spitzwegerich, Kornblume, Weißklee, Gelbklee, Rucola).....	132
Abbildung 73: Stark entwickelte Herbst/Wintergründüngung (Aussaatmengen in kg/ha): Winterroggen (100), Winterwicke (80) bei ausreichender Wasserversorgung.....	132
Abbildung 74: Rotationsbegrünung	133
Abbildung 75: Dreijährige Gründüngung im 3. Jahr (Aussaatmengen in kg/ha): Luzerne (4), Inkarnatklee (7), Weißklee (5), Gelbklee (3), Hornklee (2), Italienisches Weidelgras (2), Bastard-Weidelgras (2).....	133
Abbildung 76: Saatbeet Vorbereitung mit der Fräse vor der Aussaat einer Gründüngung.....	134
Abbildung 77: Kreiselegge mit Saatkasten: Saatbeet Bereitung und Aussaat einer Gründüngung.....	134
Abbildung 78: Walzen einer Gründüngung.....	135
Abbildung 79: Mulchen einer Gründüngung.....	135
Abbildung 80: Stroheinbringung in die Fahrgasse	142
Abbildung 81: Ausgebrachter Qualitätskompost A+ (40 t Trockenmasse/ha) vor der seichten Einarbeitung.....	148
Abbildung 82: Beigabe von Kompost in die Pflanzgrube	149
Abbildung 83: Ausgebrachter organischer Handelsdünger auf Basis von Malzkeimen und Vinasse (1,5 t /ha) vor der seichten Einarbeitung.....	150
Abbildung 84: Ausgebrachter organischer Handelsdünger auf Basis von Trockenschlempe, Restmelasse, Melasse Schlempe, PNC (potato nitrogen concentrate) und CSL (corn steep liquor) (1,9 t /ha) vor der seichten Einarbeitung	150

Literaturverzeichnis

Bauer, K., Fox, R. und Ziegler, B.: „Moderne Bodenpflege im Weinbau“. Verlag Eugen Ulmer und Österreichischer Agrarverlag, 2004.

Bauer, K., Regner, F., und Schildberger, B.: „Weinbau“. avBuch im Cadmos Verlag, Wien, 13. Auflage 2019, ISBN 978-3-8404-8503-9

Baumgarten, A. und Mitarbeiter*innen: „Richtlinie für die Sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland. Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft“, 8. Auflage, Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Eigenverlag, 2022.

Baumgarten, A., Spanischberger, A, Mitterböck, N und Mitarbeiter*innen: „Humus in Diskussion. Daten, Fakten und Maßnahmen“, Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Eigenverlag, 2022.

Berthold, G.: „Untersuchungen zur N-Dynamik weinbaulich genutzter Flächen unter besonderer Berücksichtigung der Bewirtschaftungsform“, Dissertation, Gießen, 1991.

Brunold, Ch., Rügsegger, A. und Brändle, R.: „Stress bei Pflanzen“, Haupt Verlag, Bern – Stuttgart – Wien, 1996.

Faber, F.: „Herstellung und Anwendung von Kompost: Rechtliche Situation, Kompostierung, Ausbringung und Versuchsergebnisse“, Der Winzer 72 (3), 2016

Fardossi, A., Mayer, G. und Barna, J.: „Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen Mn-Aufnahme und Chlorose bei *Vitis vinifera*“, Mitteilungen Klosterneuburg, 38: 39–47, 1988.

Fardossi, A., Barna, J., Mayer, Ch. und Kalchgruber, R.: „Untersuchungen über die Auswirkungen eines typischen Chlorosestandorts auf die Lebensdauer, Wachstum, Ertrag und Ernährungszustand von Weinreben“, Mitteilungen Klosterneuburg 42, 1992.

Fardossi, A., Wunderer, W., Mayer, Ch., Schober, V. und Mayer, S.: „Einfluss der Dauerbe-grünung auf den Ernährungszustand verschiedener Rebsorten“, Mitteilungen Klosterneuburg 46, 1996.

Fardossi, A., Stierschneider, I. und Schober, V.: „Über die Wuchskraft und das Nährstoffaneignungsvermögen von 31 verschiedenen Unterlagsrebsorten in einer Schnittrebenanlage“, Mitteilungen Klosterneuburg 48, 1998.

Fardossi, A.: „Starkes Auftreten von Kaliummangel in verschiedenen Weinbauregionen Österreichs“, Der Winzer 56 (10), 2000.

Fardossi, A.: „Einfluss von Stressfaktoren auf die Weinrebe“, Der Winzer 57 (2), 2001.

Fardossi, A.: „Aspekte der Rebernahrung in Praxis, Beratung und Forschung“, Der Winzer 57 (6), 2001.

Fardossi, A.: „Bedeutung und Interpretation von Bodenanalysen im Weinbau“, Der Winzer 58 (2), 2002.

Fardossi, A.: „Bedeutung und Interpretation von Blattanalysen im Weinbau“, Der Winzer 58 (5), 2002.

Fardossi, A.: „Effizienz-Kriterien für die Auswahl von Unterlagsreben“, Der Winzer 58 (6), 2002.

Fitz, W.: „Beschreibung der Bodenarten und Bodenprofile der Rieden Harrer, Franzhauser, Haseldorfer und Rothäcker am Versuchsgut Agneshof der Höheren Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg.“ Eigenverlag, 2011.

Fox, R.: „Bordüngung – aber richtig“, Rebe & Wein (3), 1992.

Fox, R.: „Bodenpflege und N-Düngung unter Aspekten der Qualitätssicherung“, Rebe & Wein (5), 2000.

Hopmann, D. und Löhnertz, O.: „Terroir – Rheingau, ein objektiver Beitrag zur Beschreibung der Standortverhältnisse im Rheingau“, Deutsches Weinbau Jahrbuch 2002, Waldkircher Verlag.

Kohl, E.: „Technische Möglichkeiten zur Ausbringung von AHL“, Der Deutsche Weinbau (13), 2001.

Kührer, E.: „Einflussfaktoren der Traubenwelke: Möglichkeiten der Schadensbegrenzung im Versuch“, Der Winzer 66 (4), 2010.

Kührer, E. und Gabler, C.: „Die Laubwand auf dem Prüfstand: Die Traubenwelke und das Blatt-Frucht-Verhältnis“, *Der Winzer* 67 (5), 2011.

Kührer, E. und Gabler, C.: „Blatt-Frucht-Verhältnis als wichtigster Faktor: Indikator für das Risiko eines Traubenwelkebefalls“, *Der Winzer* 68 (5), 2012.

Löhnertz, O.: „Untersuchungen zum zeitlichen Verlauf der Nährstoffaufnahme bei *Vitis Vinifera* c.v. Riesling“, *Geisenheimer Berichte*, Band 1, 1988.

Mehofer, M. und Redl, H.: „Bodenpflege in Hinblick auf Stickstoffmobilisierung und Nährstoffversorgung der Rebe auf einem Lössbodenstandort“, *Mitteilungen Klosterneuburg* 56, 2006.

Mehofer, M.: „Ausreichende Versorgung sichert die Traubenqualität: Nährstoff Kalium im Visier“, *Der Winzer* 65 (9), 2008.

Mehofer, M. und Regner, F.: „Hintergründe zum häufigen Auftreten: Die Traubenwelke der Rebe“, *Der Winzer* 66 (2), 2009.

Mehofer, M., Schmuckenschlager, B., Hanak, K., Vitovec, N. und Schober, V.: „Untersuchungen zum Einfluss organischer Dünger auf den Stickstoffgehalt im Boden und im Most der Rebsorten ‚Blauburger‘, ‚Blauer Burgunder‘, ‚Blaufränkisch‘ und ‚Riesling‘, *Mitteilungen Klosterneuburg* 63, 2013.

Mehofer, M., Hanak, K., Hofstetter, I., Schmuckenschlager, B., Vitovec, N., Braha, M. und Christiner, F.: „Untersuchungen zum Nährstoffgehalt im Schnittholz von Reben der Rebsorten ‚Blauer Burgunder‘, ‚Blauburger‘, ‚Blaufränkisch‘, ‚Zweigelt‘ (‚Rotburger‘), ‚Grüner Veltliner‘, ‚Riesling‘ und ‚Roesler‘“, *Mitteilungen Klosterneuburg* 66, 2016.

Mehofer, M.: „Hauptnährstoff Kalium im Focus – Bodenanalysen sind aufschlussreich“, *Der Winzer* 73 (10), 2017

Mehofer, M.: „Gründungspflanzen und ihre Eigenschaften: Stickstoffdynamik im Boden und Stickstoffverfügbarkeit“, *Der Winzer* 75 (10), 2019.

Mehofer, M., Schmuckenschlager, B., Hanak, K., Vitovec, N., Braha, M., Christiner, F., Cazim, T., Gorecki, A., Hofstetter, I., Bader, C. und Prinz, M.: „Freilanduntersuchungen zur Wirkung eines organischen Handelsdüngers auf Basis von Trockenschlempe, Restmelasse,

Melasseschlempe, PNC (potato nitrogen concentrate) und CSL (corn steep liquor) und von Qualitätskompost A+ auf den Boden und die Reben“, Mitteilungen Klosterneuburg, 70, 2020

Mehofer, M.: „Die positiven Effekte der organischen Düngung: Erfahrungen mit Kompost und organischem Handelsdünger im Weinbau“, Der Winzer 76 (12), 2020

Mehofer, M., Schmuckenschlager, B., Hanak, K., Vitovec, N., Braha, M., Cazim, T., Gorecki, A., Christiner, F. und Hofstetter, I.: „Freilanduntersuchungen zum Einfluss von Kober 5BB, Fercal und 3309 Couderc auf die Blatt Nährstoffgehalte sowie die generative und vegetative Leistung der Rebsorte ‚Roesler‘“, Mitteilungen Klosterneuburg 71, 2021.

Mehofer, M., Schmuckenschlager, B., Hanak, K., Vitovec, N., Braha, M., Cazim, T., Gorecki, A., Schneider, M. und Winkler, M.: „Freilanduntersuchungen zum Einfluss von 31 Unterlagsrebsorten auf die generative und vegetative Leistung von ‚Chardonnay‘“, Mitteilungen Klosterneuburg, 72, 2022.

Mohr, H. D.: „Mykorrhizapilze im Weinbau. Die heimlichen Verbündeten.“ Das Deutsche Weinmagazin (20), 18–24, 2008.

Müller, E., Lipps, H-P. und Walg, O.: „Weinbau“, 3. Auflage 2008, Verlag Ulmer, Stuttgart.

Perret, P., Koblet, W. und Haab, M.: „Bodenpflegemaßnahmen zur Steuerung des zeitlichen Stickstoffangebotes im Rebbau“, Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau (22), 1989.

Petgen, M.: „Mykorrhiza-Pilze in Weinbergen: Kleine Helfer an der Wurzel.“ Das Deutsche Weinmagazin (12), 14-19, 2004a.

Petgen, M.: „Mykorrhiza-Vorkommen im Weinberg. Wie wirkt sich die Begrünung aus?“ Das Deutsche Weinmagazin (14), 29–33, 2004b.

Rauhut, D.: „Mostinhaltsstoffe und Gärhilfsstoffe zur Steuerung der Qualität und Qualität des Gärbucketts“, 53. Betriebsleitertagung Kellerwirtschaft, Forschungsanstalt Geisenheim, Sept. 2002.

Redl, H., Ruckenbauer, W. und Traxler, H.: „Weinbau heute – Handbuch für Beratung, Schulung und Praxis.“ Leopold Stocker Verlag, Graz, 1996.

Regner, F., Reichl, M., Zöch, B., Eisenheld, C., Hofstetter, I., Wess, C. und Rockenbauer, A.: „Bewertung von verschiedenen Unterlagen auf schwerem, tonigen Boden in der Kombination mit der Rebsorte ‚Grüner Veltliner‘“, Mitteilungen Klosterneuburg 68, 2018.

Ruckenbauer, W. und Amann, H.: „Untersuchungen über Nährstoffaufnahme durch Reben unter den pannonischen Klimabedingungen Österreichs“, Mitteilungen Klosterneuburg 34, 1984.

Rupp, D., Fox, R. und Tränkle, L.: „Einfluss von Magnesiumblattdüngern auf die Weinqualität bei der Sorte Lemberger“, Mitteilungen Klosterneuburg 51, 2001.

Schwab, A. und Peternel, M.: „Einflüsse auf Boden- und Nährstoffhaushalt. Was Humus bewirkt.“ Rebe & Wein (2), 2011.

Walg, O.: „Bodenverdichtungen und ihre Behebungstechnik“, Der Winzer 59 (10), 2003.

Walg, O.: „Stickstoffdüngung im Weinbau. Effiziente und umweltfreundliche N-Düngung mit Side-Dressing und CULTAN“. Deutsches Weinbau-Jahrbuch 2023, 74. Jahrgang, 164–172, 2023

Winkovitsch, C.: „Bodenfruchtbarkeit kontra Mechanisierung? Nachhaltige Bodenbewirtschaftung.“, Der Winzer 66 (2), 2010.

Winkovitsch, C.: „Die passenden Begrünungspflanzen: Frühjahrs-, Herbst- oder Dauerbegrünung“, Der Winzer 66 (4), 2010.

Wunderer, W.: „Vergleich verschiedener Mulch- und Bodenabdeckverfahren und deren Auswirkung auf Boden und Rebe“, Mitteilungen Klosterneuburg 42, 1992.

Wunderer, W. und Fardossi, A.: „Einfluss der Dauerbegrünung auf verschiedene Rebsorten im pannonischen Trockengebiet“, Der Winzer Nr. 11, 1998.

Wunderer, W., Fardossi, A. und Schmuckenschlager, J.: „Einfluss von drei verschiedenen Unterlagen und zwei Erziehungssystemen auf die Leistung der Rebsorte Grüner Veltliner in Klosterneuburg“, Mitteilungen Klosterneuburg 49, 1999.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft

Stubenring 1, 1010 Wien

bml.gv.at