

Spezialpublikation / 2024



Grundlagen für die Düngung von Beerenkulturen

Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher
Kulturen in der Schweiz (GRUD 2024) – Kapitel 14

Autoren und Autorinnen

Louis Sutter, Christophe Carlen und André Ançay



Impressum

Herausgeber	Agroscope Route des Eterpys 18 1964 Conthey www.agroscope.ch
Auskünfte	louis.sutter@agroscope.admin.ch
Redaktion	Louis Sutter, Christophe Carlen und André Ançay
Fotos	Agroscope
Download	www.grud.ch
Copyright	© Agroscope 2024
DOI	https://doi.org/10.34776/grud24-14

Haftungsausschluss :

Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen – übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

Inhalt

1	Einleitung	4
2	Ziele und Aufgaben einer angepassten Düngung	4
3	Düngungsnormen für Beerenkulturen	4
4	Düngung der Erdbeeren	5
4.1	Stickstoffdüngung	5
4.2	Kalium-, Phosphor-, Magnesium- und Spurenelementdüngung	7
5	Düngung von Himbeeren, Brombeeren, Johannisbeeren und alternativen Strauchbeeren	8
5.1	Stickstoffdüngung	8
5.2	Phosphor-, Kalium- und Magnesiumdüngung	9
6	Düngung der Heidelbeeren	10
7	Fertigation mittels Tropfbewässerung	11
8	Düngung von Erdbeeren, Himbeeren und Brombeeren auf Substrat	12
8.1	Substrat	12
8.2	Nährlösung	12
8.3	Zubereitung der Nährlösung	14
8.4	Zubereitung der Nährlösung mit Einzeldüngern:.....	14
8.5	Nährlösungsgaben	15
8.6	Anpassung der Nährlösung	15
8.7	Offenes oder geschlossenes System	16
9	Düngung in der Jungpflanzenproduktion	16
10	Literatur	17
11	Liste der Tabellen	18
12	Liste der Abbildungen	18

1 Einleitung

Die Grundlagen für die Düngung der Beerenkulturen enthalten die notwendigen Informationen für eine pflanzen- und umweltgerechte Düngung. Sie dienen in erster Linie den Produzenten und der landwirtschaftlichen Beratung, um eine an die Beerenkultur angepasste Düngung zu planen und umzusetzen. Die Grundlegenden Daten stammen aus zahlreichen Versuchen von Agroscope und Schweizer Produzenten (Carlen & Ançay 2017), den Grundlagen für die Düngung der Obstkulturen (Bertschinger et al. 2003), den Grundlagen für die Düngung von Kulturen auf Substrat (Pivot et al. 2005) sowie weiteren Publikationen bezüglich Substratkulturen (Lieten 1999; Guerineau 2003; Pivot und Gillioz 2000).

2 Ziele und Aufgaben einer angepassten Düngung

Die Grundlagen für die Düngung haben zum Ziel, eine nachhaltige und bedarfsgerechte Düngung der Beerenkulturen zu fördern. Die Düngungsnorm für die Hauptnährstoffe Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) entsprechen bei Erdbeeren dem totalen Entzug durch die Pflanzen auf einem ausreichend mit Nährstoffen und Wasser versorgten Boden. Bei den Strauchbeeren entspricht die Düngungsnorm vor allem der durch die Ernte abgeführten und der im Holzkörper gebundenen Nährstoffmenge. Dementsprechend ist die Düngungsnorm abhängig vom erwarteten Ertrag.

Mit Hilfe einer regelmässig wiederholten Bodenuntersuchung und einer davon abgeleiteten Korrektur der Düngungsnorm kann ein über- oder unterversorgter Boden wieder in ein Nährstoffgleichgewicht gebracht werden. Dadurch können Mangelerscheinungen oder Antagonismen sowie die Beeinträchtigung der Umwelt vermieden werden.

Die Stickstoffnorm wird im Allgemeinen nicht allein durch den Stickstoffentzug der Kultur, sondern auch unter Berücksichtigung der Stickstoffmineralisierung des Bodens bestimmt. Auch der geschätzte Ertrag, Bodeneigenschaften und der Wuchs der Beerenkulturen werden berücksichtigt. Falls eine Düngung von mehr als 60 kg N/ha nötig ist, sollte die Menge auf mehrere Gaben verteilt werden, um Auswaschverluste zu reduzieren. Mit einer Aufteilung der Stickstoffgaben werden Verluste erheblich reduziert und die Effizienz der Stickstoffdüngung erhöht. Gaben von maximal 60 kg N/ha sind nicht zu überschreiten.

3 Düngungsnormen für Beerenkulturen

Die Düngungsnormen der verschiedenen Beerenkulturen entsprechen dem Bedarf an Nährstoffen, um ein bestimmtes Ertragsniveau auf einem genügend mit Nährstoffen versorgten Boden zu erreichen (Tabelle 1). Weiter werden die Phosphor-, Kalium- und Magnesium-Düngung aufgrund der Bodenanalysen korrigiert. Es ist wichtig zu beachten, dass die Angaben in Tabelle 1 pro Kultur bzw. Produktionszyklus und nicht pro Jahr zählen. Das bedeutet, dass die Werte für jede vollständige Anbauperiode eines Kulturzyklus gelten. Wenn beispielsweise zwei Himbeerzyklen innerhalb eines Jahres durchgeführt werden, können die angegebenen Werte aus Tabelle 1 verdoppelt werden, um die Gesamterträge für beide Zyklen zu berechnen. Die vorliegende Version berücksichtigt die Veränderungen, indem sie die Entwicklung der Anbausysteme, die Einführung neuer Pflanzentypen sowie die Erhöhung der erzielten Erträge integriert. Diese Elemente erforderten eine Überarbeitung der Düngungsnorm, die auf der Grundlage der Ergebnisse von Agroscope-Versuchen und internationalen wissenschaftlichen Daten angepasst wurde (Cvelbar et al. 2021, Lieten & Gallace 2021, BMEL 2022, Prasad et al. 2022, Zydlik & Zydlik 2023, Sutter & Ançay 2024).

4 Düngung der Erdbeeren

4.1 Stickstoffdüngung

Um die Auswaschung des Stickstoffs zu reduzieren und dessen Ausnutzung zu optimieren, wird empfohlen, den Stickstoff in drei Gaben aufzuteilen und falls möglich nur auf der Pflanzreihe auszubringen (Tabelle 2). Im Vergleich zu einer breitflächigen Ausbringung kann mit einer Reihendüngung die Stickstoffdüngungsnorm um rund ein Drittel reduziert werden (Abbildung 1).



Abbildung 1. Erdbeeren, Beginn der Blüte. Erdbeeren sind die wichtigsten Beerenkulturen in der Schweiz.

Die Stickstoffdüngung kann auch mittels N_{min} -Analysen gesteuert werden. Die N_{min} -Analysen geben Informationen zur pflanzenverfügbaren Stickstoffmenge in einer Bodentiefe von 0–30 cm. N_{min} -Analysen sind im Sommer nach der Pflanzung, im Frühjahr ab Vegetationsbeginn und zur Blüte durchzuführen, um der Dynamik des Stickstoffs im Boden Rechnung zu tragen und die Stickstoffversorgung zu optimieren. Ist das Resultat tiefer als 60 kg N_{min} /ha, wird eine Stickstoffdüngung gemäss Tabelle 2 notwendig.

Für die Interpretation der N_{min} -Resultate wird auch die Wuchskraft der Kultur berücksichtigt. In wüchsigen Kulturen mit geringerem Fruchtansatz wird empfohlen, die Stickstoffdüngung ab Blühbeginn zu reduzieren, in weniger wüchsigen Kulturen und Kulturen mit hohem Fruchtbehang erst

ab Ende Blüte. Ein Überschuss an Stickstoff fördert einseitig das vegetative Wachstum, kann Krankheiten, Schädlinge fördern und den Ertrag und die Fruchtqualität reduzieren.

Analysen haben gezeigt, dass der N_{min} -Gehalt in einer Dammpflanzung nach der Pflanzung höher ist als in einer herkömmlichen Kultur (Neuweiler *et al.* 2003). Daher ist es bei Dammkulturen vielfach nicht nötig, im Pflanzjahr Stickstoff zuzugeben. Die zu wählende Stickstoffform hängt vom pH-Wert des Bodens ab. In eher sauren Böden wird mit Calciumnitrat und in eher alkalischen Böden mit Ammoniumsulfat gedüngt.

Tabelle 1. Düngungsnormen für verschiedene Beerenkulturen in Abhängigkeit des Ertrages

Kultur	Ertrag (kg/m ²)	Düngungsnorm (kg/ha)					
		N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg
Erdbeeren	1,5	80	10	23	65	79	15
	2,0	100	15	34	100	121	20
	2,5	120	20	46	130	157	25
	3	140	25	57	155	187	30
	3,5	160	30	69	180	217	35
	4	180	35	80	205	247	40

Kultur	Ertrag (kg/m ²)	Düngungsnorm (kg/ha)					
		N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg
Himbeeren	1,0	30	5	11	35	42	10
	1,5	45	10	23	50	60	15
	2,0	60	15	34	65	78	15
	2,5	75	20	46	80	96	20
	3	90	25	57	95	115	25
	3,5	105	30	69	110	133	30
Brombeeren	1,5	40	10	23	35	42	15
	2,0	55	15	34	55	66	15
	2,5	70	20	46	70	84	20
	3,0	85	25	57	85	102	20
	3,5	100	30	69	105	127	25
	4,0	115	35	80	120	145	25
Rote Johannisbeeren	1,5	60	15	34	75	91	15
	2,0	85	20	46	100	121	15
	2,5	110	25	57	125	151	20
	3,0	135	30	69	180	217	25
	3,5	160	35	80	210	253	25
Schwarze Johannisbeeren	1,5	50	10	23	70	84	15
	2,0	70	15	34	100	121	15
	2,5	90	20	46	130	157	20
	3,0	110	25	57	160	193	20
	3,5	130	30	69	190	229	25
Stachelbeeren	1,2	40	10	23	50	60	15
	1,7	60	15	34	65	78	15
	2,2	80	20	46	90	108	20
	2,5	95	25	57	105	127	20
Heidelbeeren	1,0	50	5	11	55	66	15
	1,5	55	10	23	60	72	20
	2,0	60	15	34	65	78	25
	2,5	65	20	46	70	84	30
Alternative Strauchbeeren: Mini-Kiwi, Holunder, Goji, Aronia (Apfelbeere), Lonicera (Maibeere)	1,0	35	10	23	50	61	10
	1,5	60	15	34	75	91	15
	2,0	85	20	46	100	121	15
	2,5	110	25	57	125	151	20

4.2 Kalium-, Phosphor-, Magnesium- und Spurenelementdüngung

Die im Boden eher wenig mobilen Nährstoffe (P, K, Mg) können schon vor oder nach der Bodenbearbeitung mittels Handelsdünger ausgestreut werden. Erdbeeren lieben humusreiche Böden. Die organische Düngung hat einen doppelten Vorteil: Sie erhält die Fruchtbarkeit des Bodens und verbessert seine Struktur. Es können auch Mist (15–30 m³/ha alle drei bis vier Jahre) oder Kompost (25 t Trockensubstanz pro ha alle drei Jahre), die leicht eingearbeitet werden sollten. Aus verschiedenen Gründen ist dabei gut verrotteter Mist dem frischen Mist vorzuziehen. Die Nährstoffe in den organischen Düngern für die Düngungsplanung zu berücksichtigen.

Die Erdbeeren sind sehr empfindlich auf einen zu hohen Salzgehalt und auf chlorhaltige Dünger. Daher ist Kalium in Sulfatform den Vorzug zu geben. In neutralen bis alkalischen Böden sind sauerwirkende Dünger von Vorteil, da dadurch die Verfügbarkeit von Spurenelementen wie Eisen und Mangan verbessert wird. Falls der Boden-pH 7,5 übersteigt, wird empfohlen, Blattdüngung für verschiedene Mikroelemente durchzuführen (vor allem Eisen- und Manganchelate).

Tabelle 2. Aufteilung der Stickstoffdüngung in Erdbeeren

	breitflächige Düngung (kg N/ha)	Reihendüngung (kg N/ha)
Sommer: zwei bis drei Wochen nach der Pflanzung	0–40	0–30
Frühjahr: ab Vegetationsbeginn	30–40	20–30
Dritte Blüte: spätestens bis zur Stroheinlage	30–40	20–30

5 Düngung von Himbeeren, Brombeeren, Johannisbeeren und alternativen Strauchbeeren

5.1 Stickstoffdüngung

Die Düngermenge hängt vom Ertragspotenzial der Kultur ab. Weiter kann die Stickstoffnorm für mehrjährige Kulturen aufgrund verschiedener Parameter korrigiert werden (Tabellen 3 und 4). Die Summe dieser Korrekturwerte erlaubt es, die jährliche Stickstoffdüngermenge zu bestimmen. Stickstoffdüngung der entsprechenden Kultur auf die gesamte Fläche anzupassen. Werden die Nährstoffgaben auf die Reihe konzentriert, kann die Düngermenge um ein Drittel reduziert werden.

Für Herbstsorten werden mässige Stickstoffgaben empfohlen. Bei zu starker Stickstoffdüngung, verzögert sich die Blütenbildung zugunsten des Wuchses, was zu einer verspäteten Ernte führt.

Um die Auswaschung des Stickstoffs zu reduzieren und dessen Ausnutzung zu optimieren, ist der Stickstoff in zwei Gaben aufzuteilen:

- Erste Gabe bei Vegetationsbeginn (15–60 kg N/ha)
- Zweite Gabe während der Blüte (15–60 kg N/ha)

Eine Hilfe für die Stickstoffdüngung sind N_{\min} -Analysen im Frühjahr ab Vegetationsbeginn und zur Blüte. Ist das Resultat höher als 60 kg N_{\min} /ha wird keine Stickstoffdüngung. Ist das Resultat tiefer als 60 kg N_{\min} /ha, dann ist eine ergänzende Stickstoffdüngung nötig (30–40 kg N/ha).

Bei regelmässigen Einträgen von Kompost oder Mist sind die mineralischen Stickstoffdünger entsprechend zu begrenzen. Strauchbeerenkulturen reagieren empfindlich auf zu hohe Düngergaben. Die Konsequenzen daraus zeigen sich in Form von geringeren Erträgen als Folge von übermässig langen Internodien, geringer Produktivität im unteren Triebbereich und erhöhtem

Krankheitsdruck.

Die auszubringende Stickstoffmenge hängt auch von der Sorte ab. Bei starkwüchsigen Sorten sind mässige Gaben empfohlen. Für Sorten mit geringerer Wuchskraft sind höhere Stickstoffmengen für ein ausreichendes Triebwachstum erforderlich.

Bei Einjahreskulturen von Himbeeren bleibt die Düngungsnorm dieselbe wie bei Dauerkulturen (Tabelle 1), nur die Verteilung der Dünger ändert. Einjahreskulturen bedürfen im Sommer nach der Pflanzung beachtlicher Stickstoffgaben, da die Zweige schnell und stark wachsen. Zeigen sich bei der N_{\min} Analyse Werte unter 60 kg N/ha, ist eine Stickstoffgabe von 30 bis 40 kg/ha erforderlich. Demgegenüber ist der Stickstoffbedarf nach der Blüte bedeutend geringer, weil dann die Neutriebe entfernt werden.

1. Erste Gabe bei Pflanzung im Frühjahr/Sommer (20–40 kg N/ha)
2. Zweite Gabe bei Vegetationsbeginn nach dem Winter (20–40 kg N/ha)
3. Dritte Gabe bei Blüte (0–20 kg N/ha)

Tabelle 3. Korrektur der Stickstoffdüngung für Himbeeren und Brombeeren. Jeder Korrekturwert entspricht 1 kg N/ha Abzug (–) oder Zuschlag (+) der Norm (Bertschinger *et al.* 2003; Ancay *et al.* 2012)

Parameter zur Beurteilung des Abzugs (–), Zuschlags (+)	kg/ha		
Wuchskraft (Trieblänge)	– 11 (übermässig)	0 (normal)	+ 11 (schwach)
Triebabschluss	– 3 (spät)	0 (normal)	+ 2 (früh)
Pilzkrankheiten (Botrytis, Didymella etc.)	– 2 (häufig)		0 (selten)
Triebbildung	– 3 (stark)	0 (mittel)	+ 1 (schwach)
Steinanteil	– 3 (gering, < 10 %)	0 (mittel, 10-30 %)	+ 3 (hoch, > 30 %)
Gehalt an organischer Substanz (Humus)	– 5 (sehr hoch)	0 (befriedigend)	+ 5 (schwach)
Bodenbearbeitung	– 3 (unbegrünt)		+ 10 (begrünt)

Tabelle 4. Korrektur der Stickstoffdüngung für Johannisbeeren, alternative Strauchbeeren und Heidelbeeren. Jeder Korrekturwert entspricht 1 kg N/ha Abzug (–) oder Zuschlag (+) der Norm (Bertschinger *et al.* 2003; Ancay *et al.* 2012).

Parameter zur Beurteilung des Abzugs (–), Zuschlags (+)	kg/ha		
Wuchskraft (Trieblänge)	– 15 (übermässig)	0 (normal)	+ 15 (schwach)
Blattfall	– 4 (spät)	0 (normal)	+ 3 (früh)
Steinanteil	– 3 (gering, < 10 %)	0 (mittel, 10–30 %)	+ 3 (hoch, > 30 %)
Gehalt an organischer Substanz (Humus)	– 5 (sehr hoch)	0 (befriedigend)	+ 5 (schwach)
Bodenbearbeitung	– 3 (unbegrünt)		+ 3 (begrünt)
Anbau auf Sägemehl, Holzschnitzel, org. Material			+ 30

5.2 Phosphor-, Kalium- und Magnesiumdüngung

Die im Boden wenig mobilen Nährelemente (P, K, Mg) sind im Frühjahr ab Austrieb mittels Handelsdünger auszubringen. Himbeeren sind empfindlich auf chlorhaltige Dünger. Daher ist Kalium in Sulfatform den Vorzug zu geben.

In neutralen bis alkalischen Böden sind sauerwirkende Dünger von Vorteil, da dadurch die Verfügbarkeit von Spurenelementen wie Eisen und Mangan verbessert wird. Falls der Boden-pH 7,0 übersteigt, sind zwei bis drei Blattdüngungen mit verschiedenen Spurenelementen wie Eisen und Mangan (in chelatisierter Form) durchzuführen.

6 Düngung der Heidelbeeren

Die Stickstoffdüngung der Heidelbeeren kann gemäss Tabelle 4 angepasst werden. Erfolgt der Anbau auf Torfersatz, dann sind die Stickstoffgaben um 20 bis 30 kg/ha zu erhöhen, um ein optimales Wachstum sicherzustellen.

In Kulturen, bei denen nicht kompostiertes organisches Material wie Holzhäckseln, Rinde oder Sägemehl verwendet wird, ist eine zusätzliche Stickstoffgabe ab dem Erstellungsjahr von 100 kg/ha verteilt über ein bis zwei Jahre erforderlich, damit die Blockierung des Stickstoffes durch die Mikroorganismen kompensiert werden kann.

Bei Heidelbeeren, die auf ganzflächig ausgelegtem Substrat stehen, ist die Düngung breitflächig auszubringen. Beim Graben- oder Dammsystem (Frick-System) ist die Düngung auf den entsprechenden Pflanzstreifen auszubringen. Es empfiehlt sich, den Stickstoffbedarf ab Austrieb bis Mitte August auf Gaben alle drei bis vier Wochen aufzuteilen. Bei Topfkulturen werden die Nährstoffe über die Tropfbewässerung ausgebracht (Abbildung 2).

Heidelbeeren benötigen saure Böden; sie reagieren empfindlich auf Kalküberschuss, Kaliummangel und unausgeglichenen Gehalt von Mikroelementen wie Zink oder Bor. Es sind sauer reagierende Dünger wie Ammoniumsulfat, Kaliumsulfat, Magnesiumsulfat und phosphathaltige Dünger zu verwenden.



Abbildung 2. Heidelbeeren in Kübeln: Sortenversuch bei Agroscope in Conthey.

7 Fertigation mittels Tropfbewässerung

Mit der Fertigation können den Pflanzen mittels Tropfbewässerung sehr gezielt Nährstoffe und Wasser zugeführt werden. Die Fertigation hat den Vorteil, dass genauer und effizienter gedüngt werden kann, und der Ertrag und die Qualität der Früchte im Vergleich zur traditionellen Düngung erhöht werden können. Bei Dampfpflanzungen unter schwarzem Plastik ist sie unumgänglich.

Die Fertigation erfolgt über eine Stammlösung mit konzentrierter Nährlösung. Um Verstopfungen im Bewässerungssystem zu vermeiden, sind kalkhaltige Dünger zu meiden, weil sie in den Nährlösungen leicht ausfallen. Die Nährlösung wird durch eine Dosieranlage (Proportionalpumpe) mit dem Bewässerungswasser über die Kultur verteilt (täglich bis einmal pro Woche). Ist die Tages- oder Wochenmenge ausgebracht, muss mit reinem Wasser weitergefahren werden, um die Leitungen zu spülen.

Mit der Tropfbewässerung wird nur ein kleiner Teil des Bodenvolumens mit Wasser versorgt, und die Wurzeln konzentrieren sich auf diesen Bereich. Daher ist es wichtig, in dieser Zone alle Nährelemente (N, P, K, Mg, auch Spurenelemente) mit der Fertigation zu verabreichen, um eine optimale Düngung der Beerenkultur zu erzielen. Eine Fertigation mit löslichem Volldünger ist vorteilhaft, weil sie die Entwicklung und den Ertrag positiv beeinflusst. Falls der Boden-pH 7,5 übersteigt, wird empfohlen eine Blattdüngung für verschiedene Mikroelemente durchzuführen (Eisen und Manganchelate).

Die Menge an Nährelementen, die pro Gabe auszubringen sind, hängt von verschiedenen Faktoren ab: von der Düngungsperiode, von der gemäss Bodenanalysen korrigierten Düngungsnorm und von der Anzahl vorgesehenen Gaben (Tabellen 5 und 6).

Tabelle 5. Fertigation von einjährigen Beerenkulturen wie Erdbeeren und Himbeeren mit Tropfbewässerung im Feld: Düngungsperiode, Anzahl Gaben und Menge an Nährstoffen je Gabe

Düngungsperiode	Pflanzjahr:	Zwei Wochen nach Pflanzung bis Mitte September
	Erntejahr:	Blattneubildung im Frühjahr bis Mitte Ernte
Anzahl Düngergaben mit Tröpfchen-bewässerung	täglich bis einmal pro Woche	
Menge an Nährstoffen pro Gabe	Erdbeeren:	
	Pflanzjahr:	30 % Norm _{korrr} / Anzahl vorgesehener Gaben
	Erntejahr:	70 % Norm _{korrr} / Anzahl vorgesehener Gaben
	Sommerhimbeeren:	
	Pflanzjahr:	40 % Norm _{korrr} / Anzahl vorgesehener Gaben
	Erntejahr:	60 % Norm _{korrr} / Anzahl vorgesehener Gaben
	Herbsthimbeeren :	
Pflanzung und Ernte im selben Jahr:	100 % Norm _{korrr} / Anzahl vorgesehener Gaben	

Norm_{korrr}=Düngungsnorm korrigiert aufgrund von Bodenanalysen

Tabelle 6. Fertigation von mehrjährigen Beerenkulturen wie Himbeeren, Brombeeren, Johannisbeeren, Heidelbeeren und alternative Strauchbeeren mit Tropfbewässerung im Feld: Düngungsperiode, Anzahl Gaben und Menge an Nährstoffen je Gabe

Düngungsperiode	Blattneubildung im Frühjahr bis Ende Ernte
Anzahl Gaben	täglich bis einmal pro Woche
Menge an Nährstoffen pro Gabe	Norm _{korrr} / Anzahl vorgesehener Gaben

Norm_{korrr}=Düngungsnorm korrigiert aufgrund von Bodenanalysens.

8 Düngung von Erdbeeren, Himbeeren und Brombeeren auf Substrat

8.1 Substrat

Das kleine Bodenvolumen in den Töpfen, Kisten oder Säcken und somit das geringe Wasserspeichervermögen sowie das Fehlen von Nährstoffen in den Substraten bedingt eine regelmässige Zufuhr einer ausgewogenen und an den Kulturstand angepassten Nährlösung. Die mineralische Zusammensetzung und die Handhabung der Nährlösungszufuhr mit der Bewässerung sind entscheidende Faktoren für das Gelingen einer Substratkultur (Abbildungen 3 und 4).

8.2 Nährlösung

Die Nährlösung muss sowohl Makroelemente (Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Kalium, Kalzium, Magnesium), wie auch Spurenelemente Eisen, Mangan, Zink, Bor, Kupfer, Molybdän) enthalten. Bei deren Zubereitung ist dem Nährelementgehalt des Leitungswassers Rechnung zu tragen, weil die Gehalte von Sulfaten, Calcium und Magnesium den Bedarf der Kulturpflanzen oft zu decken vermögen. Die mineralische Zusammensetzung des Wassers hängt von dessen Herkunft (Quelle, Grundwasser, See) ab. Sie kann selbst während der Saison beachtlichen Schwankungen unterliegen. Ein Wasser mit einem Salzgehalt (Elektrokonduktivität, EC) von unter 0,5 mS/cm stellt kein Problem dar. Wenn dagegen der Salzgehalt auf über 1 mS/cm steigt, ist die Grenze der Verwendbarkeit des Wassers, insbesondere bei der Rezyklierung, erreicht. Ein erhöhter Salzgehalt des Leitungswassers provoziert die Ansammlung von Elementen, welche die Unausgewogenheit des Nährstoffgehaltes fördern.



Abbildung 3. Erdbeeren auf Substrat erhöhen den Ertrag und erleichtern die Ernte.



Abbildung 4. Himbeeren auf Substrat haben in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen.

Tabelle 7. Optimale Zusammensetzung der Nährlösungen für Erdbeer-, Himbeer- und Brombeerkulturen (gemäss Lieten, 1999; Guerineau 2003; Ancay *et al.* 2012)

Periode	Vegetatives Wachstum	Blüte bis Ende Ernte
EC (mS/cm)	1,2 (0,8–1,6)	1,4 (0,8–1,8)
pH-Wert	5,8 (5,2–6,4)	5,8 (5,2–6,4)
Makroelemente (mmol/l)		
NH ₄ ⁺	1,0	0,0
K ⁺	3,5	5,5
Ca ²⁺	4,5	3,5
Mg ²⁺	1,5	1,5
NO ₃ ⁻	10,5	11,0
SO ₄ ²⁻	1,5	1,5
H ₂ PO ₄ ⁻	1,5	1,5
Spurenelemente (µmol/l)		
Fe	15–20	15–20
Mn	15–20	15–20
Zn	7,5–10	7,5–10
B	8–12	8–12
Cu	0,7–1,0	0,7–1,0
Mo	0,3–0,5	0,3–0,5

EC= Elektrokonduktivität

Tabelle 8. Zubereitung der Nährlösung mit Einzeldüngern für Erdbeer-, Himbeer- und Brombeersubstratkulturen

Für 100 Liter Stammlösung Dünger	Vegetative Phase			Blüte und Fruchtbildung		
	Behälter A	Behälter B	Behälter C	Behälter A	Behälter B	Behälter C
<i>Einstellung der Proportionaldosierer</i>	0,8–1,2 %	0,8–1,2 %	0,5–1,5 % (Wasser-qualität)	0,8–1,2%	0,8–1,2 %	0,5–1,5 % (Wasser-qualität)
Kaliumdihydrogenphosphat KH ₂ PO ₄	2,0 kg			2,0 kg		
Magnesiumsulfat MgSO ₄ 7H ₂ O	3,7 kg			3,7 kg		
Mischung aus Spurenelementen	0,15 kg			0,15 kg		
Kaliumnitrat KNO ₃		2 kg			4,0 kg	
Calciumnitrat 5(Ca(NO ₃) ₂ 2H ₂ O) NH ₄ NO ₃		7,6 kg			5,4 kg	
Salpetersäure HNO ₃ – 60 % (d = 1,37)			2 Liter			2 Liter

8.3 Zubereitung der Nährlösung

Die Nährlösungen können mit Volldüngern oder Einzelnährstoffen zubereitet werden. Die Verwendung von Volldüngern ist besonders bei kleinen Flächen angezeigt. Bei grösseren Produktionseinheiten rechtfertigt sich der Einsatz von Einzelnährstoffen durch die geringeren Kosten. Die optimale Zusammensetzung der Nährlösungen für Erdbeer-, Himbeer- und Brombeerkulturen ist in Tabelle 7 aufgeführt.

Bei Bedarf kann die Nährlösung durch zufügen von Einzelnährelementen ergänzt werden. Die Konzentration der Mutterlösung ist in der Regel hundertmal höher als jene der Nährlösung. Mit diesem System kann die Dosierung der Nährlösung einfach mit einer Dosierpumpe (Dosatron) erfolgen. Je nach der Qualität des Leitungswassers und der verwendeten Düngerart, muss mit einer zweiten Dosierpumpe der pH-Wert korrigiert werden.

8.4 Zubereitung der Nährlösung mit Einzeldüngern:

Die Zubereitung der Nährlösung erfolgt mit Einzeldüngern (Tabelle 8). Um eine ausgewogene Mutterlösung herzustellen, muss die Bedarfsmenge jedes einzelnen einzubringenden Düngers berechnet werden. Die Konzentration der Mutterlösung ist üblicherweise hundert bis zweihundert Mal höher als die Nährlösung. Sie wird durch die Wasserlöslichkeit der verwendeten Nährstoffe beschränkt. Als Hauptregel gilt, dass keine sulfat- oder phosphathaltigen Elemente mit Kalzium gemischt werden, weil sie sonst ausfallen. Aus diesem Grund sind die nicht kompatiblen Nährlösungen in zwei verschiedenen Behältern herzurichten. Um den pH-Wert gut handhaben zu können, sind Säuren in einem dritten Behälter zu verdünnen. Die Spurenelemente werden jenem Behälter beigefügt, in dem sich die Phosphate und Sulfate befinden. Das Eisen wird dagegen in die Kalziumlösung gebracht. In diesem



Abbildung 5. Automatische Mischanlage zur Herstellung der angepassten Nährlösung für Beeren auf Substrat.

Fall sind drei Dosierpumpen erforderlich, oder man verwendet eine automatische Mischanlage (Abbildung 5). In beiden Fällen führen die Dosierpumpen die Nährlösung entweder direkt in das Bewässerungsnetz oder in den Nährstoffbehälter, in dem auch das Drainagewasser geführt wird.

8.5 Nährlösungsgaben

Dauer und Frequenz der Nährlösungsgaben müssen an folgende Parameter angepasst werden:

- Volumen und Wasserrückhaltevermögen des Substrates
- Entwicklungsstadium der Pflanzen
- Wetter (Lichtintensität, Temperatur)

In der Regel ist eine fixe Bewässerung am frühen Morgen vorzusehen. Anschliessend werden die Bewässerungen durch das Solarimeter ausgelöst. Die letzte Bewässerung ist unmittelbar vor 18.00 Uhr auszuführen, damit das Substrat in der Nacht abtrocknen kann. Mit druckausgleichenden Tropfern reichen Bewässerungen von zwei bis drei Minuten, in Abhängigkeit des Substratvolumens, aus. Bei Substraten mit einem schwachen Rückhaltvermögen wie Kokosfasern sind kürzere Wassergaben aber höhere Frequenzen vorzusehen. Die tägliche Drainage muss zwischen 10 und 20 % der gesamten Zufuhr beim offenen System betragen. Beim geschlossenen System kann der Wert auch 25% übersteigen.

Die zugeführte Wassermenge und das Drainagewasser sind mindestens zwei- bis dreimal pro Woche zu kontrollieren um sicherzustellen, dass Bewässerungsvorgaben eingehalten werden und die Anlage einwandfrei funktioniert. Im Zusammenhang mit diesen Kontrollen sind auch der EC- und der pH-Wert der Drainage zu messen (Abbildung 6).



Abbildung 6. Kontrolle des pH- und des EC-Wertes des Nährlösungs.

8.6 Anpassung der Nährlösung

Die Menge der aufgenommenen Nährlösung hängt von den Sorteneigenschaften, dem Entwicklungsstand der Kultur und der Lichtintensität ab. Aus diesem Grund müssen die beim Tropfer vorgegebenen EC-Werte während der Saison der Sorte und dem Entwicklungsstand der Kultur angepasst werden (Tabelle 9). Die Werte bei bedecktem Himmel um 0,2 erhöht und im gleichen Ausmass bei sonnigem Wetter gesenkt werden.

Um den Nährelementgehalt zu korrigieren und dem Bedarf der Pflanzen anzupassen, sind regelmässige Analysen der Nährlösung und des Drainagewassers unumgänglich. In der Regel werden die Analysen bei offenen Systemen alle fünf bis sechs Wochen, bei geschlossenen Systemen alle drei bis vier Wochen vorgenommen.

Um die Konzentration der Nährsalze schnell messen zu können, ermittelt man den EC-Wert des Drainagewassers. Diese Messung reflektiert die relative Intensität der Wasseraufnahme und der Nährelemente. Sie gibt Auskunft über die Gesamtkonzentration der mineralischen Elemente, aber nicht über deren Zusammensetzung. Zu Zeiten grosser Hitze nimmt die Pflanze mehr Wasser als

Nährstoffe, in lichtschwachen Perioden im Vergleich dazu mehr Nährelemente auf.

Um eine gute pflanzliche Entwicklung und eine gute Fruchtqualität zu fördern sowie einen Blühabbruch sowie eine Verbrennung der Wurzeln zu verhindern, muss der EC-Wert des Drainagewassers regelmässig, am besten jeden Tag, kontrolliert werden. Er darf den Wert von 2.0 mS/cm nicht überschreiten. Wird dieser Wert überschritten, muss während eines Tages mit Frischwasser bewässert werden, um eine zu starke Versalzung zu verhindern, da Beerenkulturen sehr salzempfindlich sind. Jede Abweichung des EC-Wertes des Drainagewassers von mehr als 20 % im Vergleich zur ausgebrachten Nährlösung erfordert eine Anpassung des EC-Wertes der Ausgangslösung. Der pH-Wert des Drainagewassers kann zwischen 5 und 7 variieren, ohne die Pflanzenentwicklung zu beeinflussen.

Tabelle 9. EC- und pH-Werte der Nährlösung in Abhängigkeit des Pflanzenstadiums (gemäss Lieten 1999; Guerineau 2003; Ancay *et al.* 2012)

Stadium	Einmaltragende Sorten (EC)	Remontierende Sorten (EC)	Alle Sorten (pH)
Austrieb	1,2	0,8 – 1,0	5,8
Blüte	1,6	1,2 – 1,4	5,8
Fruchtreife	1,2	1,0 – 1,2	5,8

EC=Elektrokonduktivität

8.7 Offenes oder geschlossenes System

Beim offenen System wird bei jeder Bewässerung neue Nährlösung zugefügt. Das überschüssige Drainagewasser muss aufgefangen und in einer anderen Kultur ausgebracht werden. Diese Wiederverwendung erfordert Kenntnisse über den Nährelementgehalt der aufgefangenen Nährlösung, weil dies in der Nährstoffbilanz (Suisse-Bilanz) der betreffenden Kultur aufgeführt werden muss. Das geschlossene System erlaubt eine aktive Wiederverwendung der aufgefangenen Nährlösung und ist folglich nicht in der Nährstoffbilanz (Suisse-Bilanz) aufzuführen. Durch die Wiederverwendung der ausgeflossenen Nährlösungen variieren die Nährelementanteile in Abhängigkeit der Aufnahme durch die Pflanze. Daraus können Anreicherungen einzelner Nährelemente und entsprechende Unausgeglichene entstehen. Daher sind regelmässige (alle drei bis vier Wochen) und vollständige Analysen notwendig, um das Nährstoffgleichgewicht wieder dem Pflanzenbedarf entsprechend herzustellen. Über alles gesehen ermöglicht die Rezyklierung eine beachtliche Einsparung an Wasser und Dünger. Zurzeit bestehen die Rezyklierungstechniken der Nährlösungen in der Anpassung der Elektrokonduktivität (EC) des Gemischs von Drainage- und Leitungswasser an die vorgegebenen Werte. In beiden Fällen ist ein der Fläche angepasstes Lagervolumen vorzusehen. Man kann von einem täglichen Drainagevolumen von 0,2–0,5 l je m² ausgehen.

9 Düngung in der Jungpflanzenproduktion

In der Schweiz gibt es auch Betriebe welche Jungpflanzen für die Eigenproduktion oder den Verkauf produzieren. Für die optimale Ernährung, werden hier auch für diese Produktion spezifischen Düngungsbedarf definiert (Tabelle 10). Diese Festlegung stellt sicher, dass die Normen den aktuellen Produktionsbedingungen gerecht werden. Durch diese Vorgaben können Betriebe ihre Düngestrategien besser planen und umsetzen, was letztlich zu einer optimierten und nachhaltigen Produktion führt. Wie bei den Düngungsnormen für die Produktion von Beeren fliessen diese Düngemengen für die Jungpflanzenproduktion nur in die Suisse-Bilanz ein, wenn die Nährlösung nicht recycelt wird. Wenn die Nährlösungen recycelt werden, sind die Düngewerte in der Düngerbilanz nicht zu berücksichtigen.

Tabelle 10 Düngungsnorm für die Pflanzenproduktion von Erdbeeren (Tray-Pflanzen) und Himbeeren (Long-Cane).

Kultur	Düngungsnorm (kg/ha)					
	N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg
Erdbeeren (Tray-Pflanzen)	120	15	34	95	114	20
Himbeeren (Long-Cane)	130	35	80	140	169	15

10 Literatur

- Ançay A., Carlen C. & Sigg P., 2012. Düngungsgrundlagen. In: Handbuch Beeren, Anonymus, Schweizer Obstverband (éd.), Zug, 149 p.
- Bertschinger L., Gysi C., Häseli A., Neuweiler R., Pfammatter W., Ryser J.-P., Schmid A. & Weibel F., 2003. Données de base pour la fumure en arboriculture fruitière. FAW fascicule 15, Wädenswil, 48 p.
- Cvelbar Weber, N.; Koron, D.; Jakopič, J.; Veberič, R.; Hudina, M.; Baša Česnik, H. Influence of Nitrogen, Calcium and Nano-Fertilizer on Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) Fruit Inner and Outer Quality. *Agronomy* 2021, 11, 997. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050997>
- German Federal Ministry of Food and Agriculture. (n.d.). Statistischer Monatsbericht des BMEL, Kapitel A: Landwirtschaft. <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/statistischer-monatsbericht-des-bmel-kapitel-a-landwirtschaft>
- Guerineau C., 2003. La culture du fraisier sur substrat. Réalisation Ctifl et Ciref. Editions Ctifl, Paris, 165 p.
- Lieten P., 1999. Guidelines for nutrient solutions, peat substrate and leaf values of Elsanta strawberries. Communication COST ACTION 836, Integrated Research in Berries, 2d meeting WG4, Nutrition and soilless culture, Versailles.
- Lieten, P. and Gallace, N. (2021). Nitrogen fertilization in the nursery: effect on strawberry tray plant yield and performance. *Acta Hort.* 1309, 373-378 DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1309.54
- Neuweiler R., Bertschinger L., Stamp P. & Feil B., 2003. The impact of ground cover management on soil nitrogen levels parameters of vegetative crop development, yield and fruits quality of strawberries. *European Journal of Horticultural Science* 86 (4), 189–191.
- Pivot D. & Gillioz J., 2000. Fraisier hors sol: alimentation minérale en solution recyclée. *Revue suisse de Vitic. Arboric. Hortic.* 32, (4), 207–210.
- Pivot D., Gilli C. & Carlen C., 2005. Données de base pour la fumure des cultures de légumes, de fleurs et de fraises sur substrat. *Revue suisse de Vitic., Arboric. et Hortic.* 34 (4), 3–8.
- Prasad, R.; Lisiecka, J.; Kleiber, T. Morphological and Yield Parameters, Dry Matter Distribution, Nutrients Uptake, and Distribution in Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) cv. 'Elsanta' as Influenced by Spent Mushroom Substrates and Planting Seasons. *Agronomy* 2022, 12, 854. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040854>
- Sutter, L., & Ançay, A. (in preparation). Consequences of varying fertilization strategies on yield quantity and quality in strawberries and raspberries. *Agroscope*, 2024.
- Zydlik, Z.; Zydlik, P. The Effect of a Preparation Containing Humic Acids on the Growth, Yield, and Quality of Strawberry Fruits (*Fragaria × ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier). *Agronomy* 2023, 13, 1872. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071872>

11 Liste der Tabellen

Tabelle 1. Düngungsnormen für verschiedene Beerenkulturen in Abhängigkeit des Ertrages.....	5
Tabelle 2. Aufteilung der Stickstoffdüngung in Erdbeeren	7
Tabelle 3. Korrektur der Stickstoffdüngung für Himbeeren und Brombeeren. Jeder Korrekturwert entspricht 1 kg N/ha Abzug (–) oder Zuschlag (+) der Norm (Bertschinger <i>et al.</i> 2003; Ancay <i>et al.</i> 2012)	9
Tabelle 4. Korrektur der Stickstoffdüngung für Johannisbeeren, alternative Strauchbeeren und Heidelbeeren. Jeder Korrekturwert entspricht 1 kg N/ha Abzug (–) oder Zuschlag (+) der Norm (Bertschinger <i>et al.</i> 2003; Ancay <i>et al.</i> 2012).....	9
Tabelle 5. Fertigation von einjährigen Beerenkulturen wie Erdbeeren und Himbeeren mit Tropfbewässerung im Feld: Düngungsperiode, Anzahl Gaben und Menge an Nährstoffen je Gabe	11
Tabelle 6. Fertigation von mehrjährigen Beerenkulturen wie Himbeeren, Brombeeren, Johannisbeeren, Heidelbeeren und alternative Strauchbeeren mit Tropfbewässerung im Feld: Düngungsperiode, Anzahl Gaben und Menge an Nährstoffen je Gabe.....	11
Tabelle 7. Optimale Zusammensetzung der Nährlösungen für Erdbeer-, Himbeer- und Brombeerkulturen (gemäss Lieten, 1999; Guerineau 2003; Ancay <i>et al.</i> 2012).....	13
Tabelle 8. Zubereitung der Nährlösung mit Einzeldüngern für Erdbeer-, Himbeer- und Brombeersubstratkulturen .	13
Tabelle 9. EC- und pH-Werte der Nährlösung in Abhängigkeit des Pflanzenstadiums (gemäss Lieten 1999; Guerineau 2003; Ancay <i>et al.</i> 2012).....	16
Tabelle 10 Düngungsnorm für die Pflanzenproduktion von Erdbeeren (Tray-Pflanzen) und Himbeeren (Long-Cane).	16

12 Liste der Abbildungen

Abbildung 1. Erdbeeren, Beginn der Blüte. Erdbeeren sind die wichtigsten Beerenkulturen in der Schweiz.....	5
Abbildung 2. Heidelbeeren in Kübeln: Sortenversuch bei Agroscope in Conthey.	10
Abbildung 3. Erdbeeren auf Substrat erhöhen den Ertrag und erleichtern die Ernte.....	12
Abbildung 4. Himbeeren auf Substrat haben in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen.....	12
Abbildung 5. Automatische Mischanlage zur Herstellung der angepassten Nährlösung für Beeren auf Substrat. ...	14
Abbildung 6. Kontrolle des pH- und des EC-Wertes des Nährlösungs.	15