

Nährstoffaufnahme des Hopfens

J. Portner, G. Roßbauer, M. Bauer

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Untersuchungen zur Nährstoffaufnahme des Hopfens gemacht. Frühere Untersuchungen zum Nährstoffgehalt von Dolden und Rebenhäcksel seitens der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft sowie aus den Anbaugebieten Tettwang (ALLB Markdorf) und Elbe-Saale (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft) wurden ebenfalls in die Auswertungen mit einbezogen.

Zur Untergliederung ergeben sich folgende Fragen:

- Was ist insgesamt gewachsen? ⇒ gesamter Hopfen, Bodentriebe, Untersaat
- Was wird bei der Ernte abgefahren? ⇒ Hopfenreben (Dolden, Rebenhäcksel)
- Was kommt wieder zurück? ⇒ Rebenhäcksel
- Was verlässt den Betrieb? ⇒ Hopfendolden

Die Nährstoffaufnahme errechnet sich aus der gewachsenen Pflanzenmasse und dessen Nährstoffgehalt.

Um diese Werte zu erlangen, wurde zuerst von den verschiedenen Fraktionen die jeweilige Pflanzenmasse ermittelt. Anschließend wurde diese auf die einzelnen Nährstoffgehalte analysiert und daraus der Nährstoffentzug pro Hektar errechnet.

1. Pflanzenmasse

Zur Messung der abgeernteten Pflanzenmasse wurde an der Pflückmaschine bei der Ernte jeweils von 20 Aufleitungen (Reben) in 4 Wiederholungen vom Förderband der Hopfen aufgefangen, gewogen und analysiert. Gleichzeitig wurde vom Abfallgebläse der Rebenhäcksel (inkl. Reinigungsabfall) aufgefangen und ebenfalls gewogen und analysiert. Diese Messungen wurden an mehreren Sorten und Standorten über mehrere Jahre durchgeführt.

1.1 Trockensubstanzerträge

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Messungen der Pflanzenmasse getrennt nach Hopfendolden und Rebenhäcksel in kg/ha Trockensubstanz (TS) zusammen gestellt.

Tabelle 1: Pflanzenmassenerträge (kg/ha TS) bei den untersuchten Hopfensorten

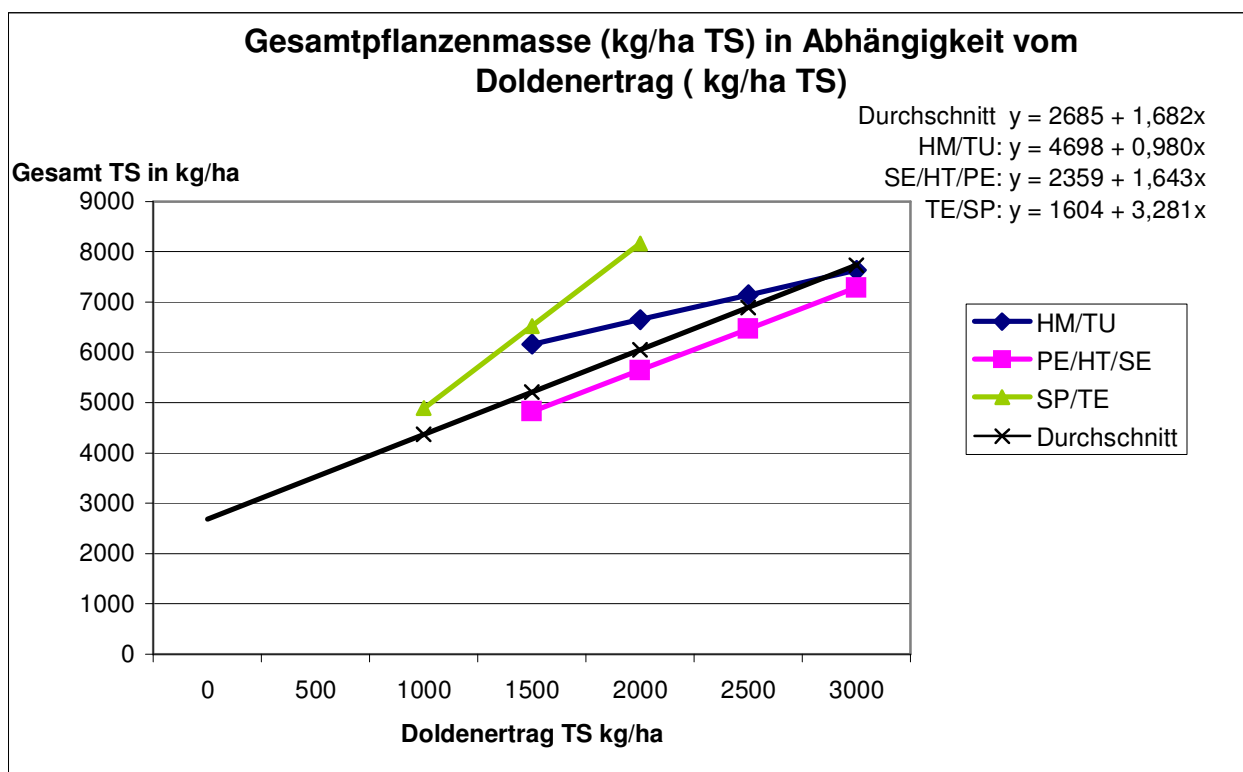
Messungen		Hopfendolden	Rebenhäcksel	Pflanzenmasse gesamt	Anteil Dolden
Sorte	Anzahl	kg/ha TS	kg/ha TS	kg/ha TS	%
NB	16	1519	3030	4549	33,4
PE	32	1987	3817	5805	34,2
HT	26	1645	3306	4951	33,2
SE	26	1697	3296	4993	34,0
HM	28	1905	4891	6796	28,0
HE	20	2196	3997	6193	35,5
BG	16	2582	4434	7016	36,8
OR	8	2372	3404	5776	41,1
TU	28	2233	4468	6701	33,3
HM-Thüringen	6	2253	4681	6934	32,5
TU-Thüringen	3	2297	4164	6461	35,5
Durchschnitt	209	1987	3951	5938	33,5
SP	8	1194	4171	5365	22,3
TE	8	1618	5453	7071	22,8
Durchschnitt (SP/TE)	16	1406	4812	6218	22,6
Gesamtdurchschnitt		1946	4012	5958	32,7

Im Durchschnitt betrug die abgeerntete Gesamtpflanzenmasse 5938 kg/ha (ohne SP und TE) gemessen als Trockensubstanz; diese Menge wird bei der Ernte abgefahren. Von dieser Pflanzenmasse waren im Durchschnitt der Sorten 1987 kg/ha TS Hopfendolden (33,5%) und 3951 kg/ha TS Rebhäcksel (66,5 %). Bei den Sorten Spalter und Tettlinger betrug der Doldenanteil 22,6 %. Aufgrund der größeren Abweichung zu den anderen Sorten sind diese extra ausgewiesen. Im Gesamtdurchschnitt wurden 1946 kg TS Hopfendolden, 4012 kg TS Rebhäcksel gemessen. Dies ergibt eine Gesamtpflanzenmasse von 5958 kg TS. Der Anteil an Hopfendolden betrug dabei 32,7 %.

1.2 Zusammenhang zwischen Hopfenertrag und Gesamtpflanzenmasse

Bei den Messungen wurden unterschiedliche Hopfenerträge ermittelt. Der Zusammenhang zwischen der Gesamtpflanzenmasse und dem Hopfenertrag ist in der folgenden Graphik dargestellt.

Abb. 1: Beziehung zwischen Gesamt- und Doldenertrag des Hopfens



Aus der Graphik ergibt sich, dass im Durchschnitt 2685 kg + 1,682 kg je kg Hopfendolden (TS) an Pflanzenmasse (also Hopfendolden + Rebenhäcksel) heranwachsen.

Für die Sorten Spalter und Tettnanger gilt, dass 1604 kg + 3,281 kg je kg Hopfen Pflanzenmasse wachsen.

1.3 Zusammenhang zwischen Trockenhopfen und Rebenhäckselfrischmasse

Für die Praxis von Interesse ist die Beziehung zwischen Trockenhopfen (mit 10% Wasser) und Rebenhäckselanfall (Frischmasse).

Die Umrechnung von Doldenertrag (kg/ha TS) in Trockenhopfen (10 % H₂O) bzw. Rebenhäcksel (kg/ha TS) in Rebenhäckselfrischmasse (dt/ha) mit 21,5 % TS erfolgt nach folgendem Schema:

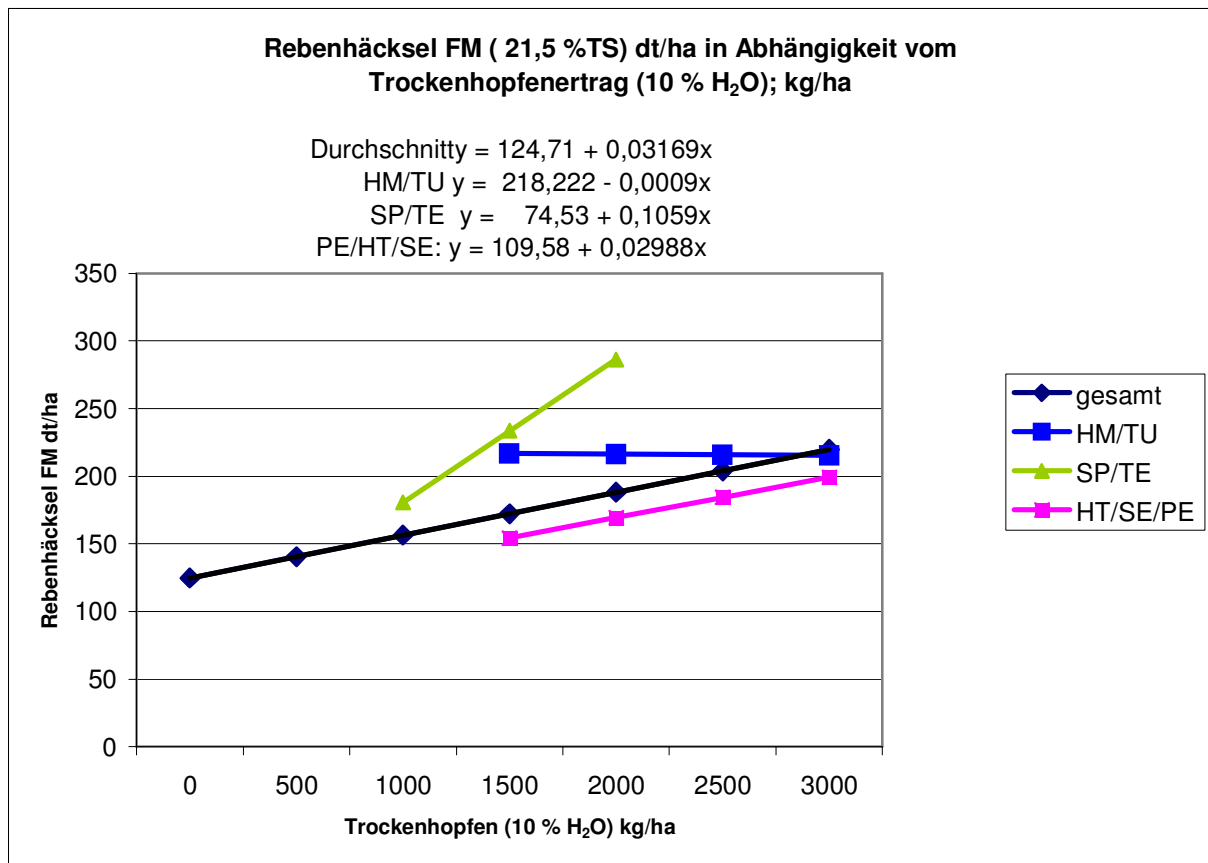
Trockenhopfen:

$$\text{kg/ha TS} : 90 \quad \times \quad 100 = \text{kg/ha Trockenhopfen (mit 10 \% Wasser)}$$

Rebenhäcksel (FM):

$$\text{kg/ha TS} : 21,5 \quad = \text{dt/ha Rebenhäcksel (mit 21,5 \% TS)}$$

Abb. 2: Beziehung zwischen Trockenhopfen und Rebenhäckselanfall



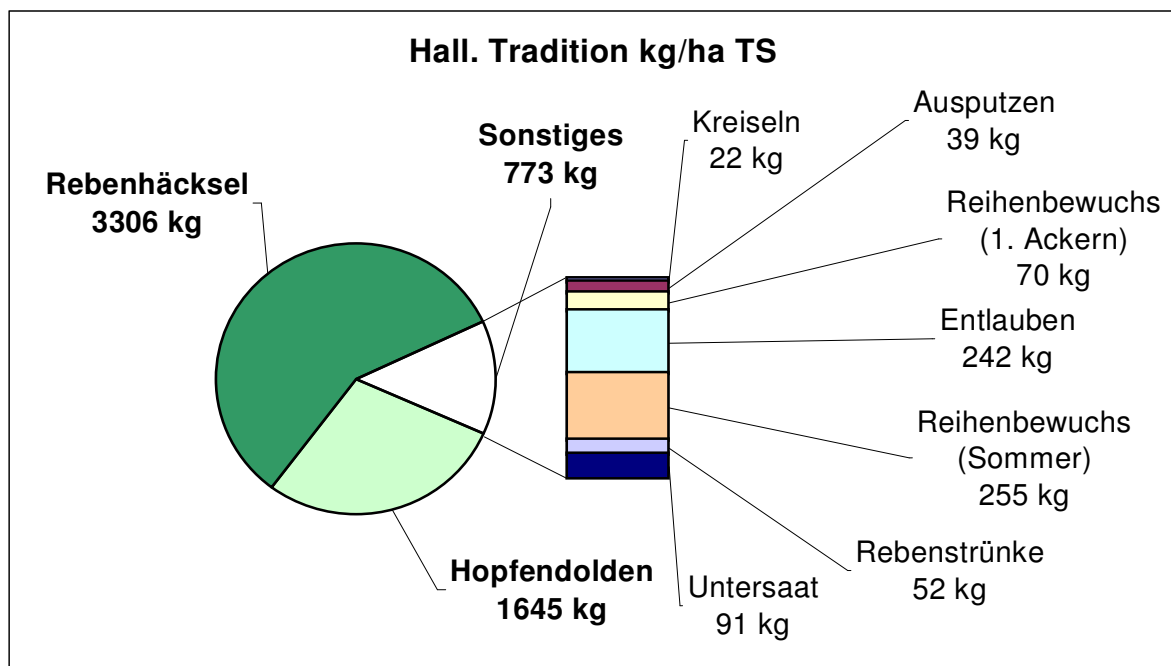
Der relativ flache Verlauf der Linien zeigt, dass mit steigendem Doldenertrag die Rebenhäckselmenge nicht in gleichem Maße zunimmt. Es bestehen aber auch Unterschiede zwischen den Sorten. Während beim Hall. Magnum und Taurus mit steigendem Ertrag die Rebenhäckselmenge in etwa gleich bleibt, erhöht sich bei den Aromasorten Perle, Hall. Tradition und Spalter Select die Rebenhäckselmenge leicht. Den steilsten Anstieg unter allen Sorten haben Spalter und Tettninger. Beim gleichen Ertrag (z. B. 2000 kg Trockenhopfen) fallen bei den Sorten Spalter und Tettninger die meisten Rebenhäcksel an, gefolgt von Magnum und Taurus. Am wenigsten Rebenhäcksel haben die Aromasorten Perle, Hallertauer Tradition und Spalter Select. Im Durchschnitt der Sorten errechnet sich der Rebenhäckselanfall bei 2000 kg Trockenhopfen nach folgender Formel: $124,71 \text{ dt} + 0,03169 \times 2000 = 188 \text{ dt}$ Rebenhäckselfrischmasse

1.4 Zusätzlich gewachsene Pflanzenmasse

Zusätzlich zur Messung von Hopfendolden und Rebenhäcksel wurde an zwei Standorten auch der sonstige Aufwuchs, der im Laufe der Vegetationszeit im Hopfengarten herangewachsen ist, mengenmäßig ermittelt. Das waren die Bodentriebe (zum Teil beim Kreiseln und Ausputzen wieder entfernt), die Blätter beim Entlauben, der Reihenbewuchs beim ersten Ackern und im Sommer beim Wegspritzen sowie der Rebenstrunk, der bei der Ernte im Hopfengarten verbleibt und die Untersaat mit Ungräsern und Unkräutern.

Am Beispiel der Sorte Hallertauer Tradition ergibt sich folgende Aufteilung des Gesamtaufwuchses pro ha, wobei nur die Hopfenreben (Hopfendolden und der Rebenhäcksel) abgefahren wurden.

Abb. 3: Aufteilung des Gesamtaufwuchses auf die einzelnen Pflanzenteile im Hopfengarten



Die Aufteilung zeigt, dass die geernteten Reben (Hopfendolden und Rebenhäcksel) 87 % des Trockenmasseaufwuchses auf der Hopfenfläche ausmachen. Der zusätzliche Aufwuchs (Sonstiges) von 13 % verbleibt auf der Fläche.

2. Nährstoffgehalt

Vom geernteten Hopfen wurden die Dolden und der Rebenhäcksel auf die Hauptnährstoffe und die wichtigsten Spurenelemente analysiert. In Tabelle 2 sind die Nährstoffgehalte der Hopfendolden und des Rebenhäcksels im Durchschnitt aller untersuchten Sorten aufgeführt.

Tabelle 2: Nährstoffgehalt in Hopfendolden und Rebenhäcksel (% bzw. mg/kgTS)

Nährelement	Gehalt der Dolden	Anzahl Proben	Gehalt des Häcksel	Anzahl Proben
Stickstoff (N) % TS	3,18	201	2,60	196
Phosphat (P ₂ O ₅) % TS	1,01	197	0,44	196
Kali (K ₂ O) % TS	2,86	197	2,19	196
Magnesium (MgO) % TS	0,49	197	0,84	196
Kalk (CaO) % TS	1,01	126	4,14	122
Schwefel (S) % TS	0,22	70	0,19	57
Kupfer (Cu) mg/kgTS	319	66	1011	62
Bor (B) mg/kgTS	18	28	25	24
Zink (Zn) mg/kgTS	38	66	44	62
Natrium (Na) mg/kgTS	19	28	46	24
Mangan (Mn) mg/kg/TS	84	28	373	24
Eisen (Fe) mg/kgTS	162	28	904	24

Beim Kupfer wurden stark differierende Nährstoffgehalte festgestellt, so dass davon auszugehen ist, dass bei den Untersuchungen anhaftende Kupfermengen von Pflanzenschutzbehandlungen mit erfasst wurden. Die Durchschnittswerte dürften daher überhöht sein.

3. Nährstoffentzug

Aus der Pflanzenmasse und dessen Nährstoffgehalt errechnet sich der Nährstoffentzug.

Im Durchschnitt aller untersuchten Sorten wurde folgender Nährstoffentzug (Nährstoffabfuhr) durch die Hopfendolden und den Rebenhäcksel gemessen.

Der durchschnittliche Hopfenertrag bei diesen Untersuchungen betrug 1946 kg/ha TS.

Dies entspricht 2162 kg/ha Trockenhopfen bei 10 % Wassergehalt.

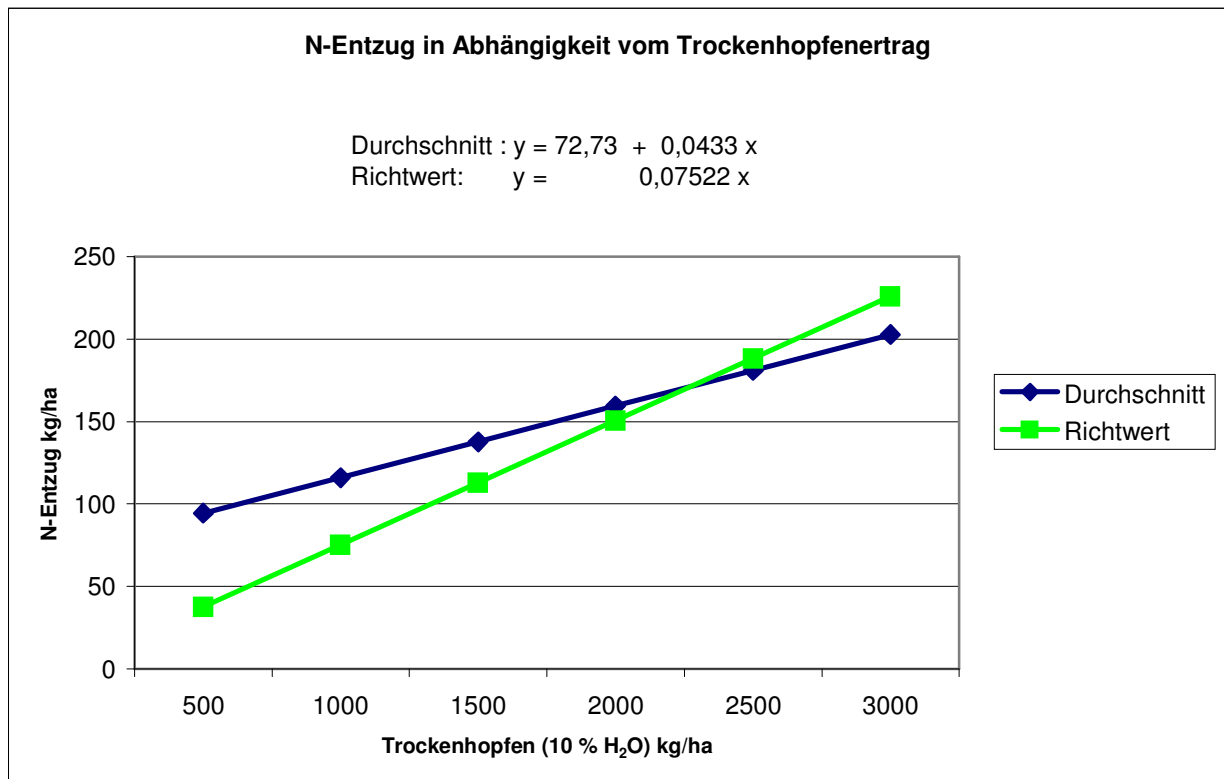
Tabelle 3: Nährstoffentzug des Hopfens im Durchschnitt der untersuchten Sorten in kg bzw. g/ha

Nährstoff		Dolden	Häcksel	gesamt
Stickstoff	(N)	62	104	166
Phosphat	(P ₂ O ₅)	20	18	38
Kali	(K ₂ O)	56	88	144
Magnesium	(MgO)	10	34	44
Kalk	(CaO)	20	166	186
Schwefel	(S)	4	7	11
Kupfer(Gramm)	(Cu)	581	3473	4055
Bor (Gramm)	(B)	30	80	111
Zink (Gramm)	(Zn)	77	158	234
Mangan (Gramm)	(Mn)	157	1426	1583
Natrium (Gramm)	(Na)	36	150	186
Eisen (Gramm)	(Fe)	274	2851	3125

Aufgrund des mit erfassten Kupfers aus Pflanzenschutzbehandlungen dürfte der tatsächliche Kupferentzug aus dem Boden geringer sein.

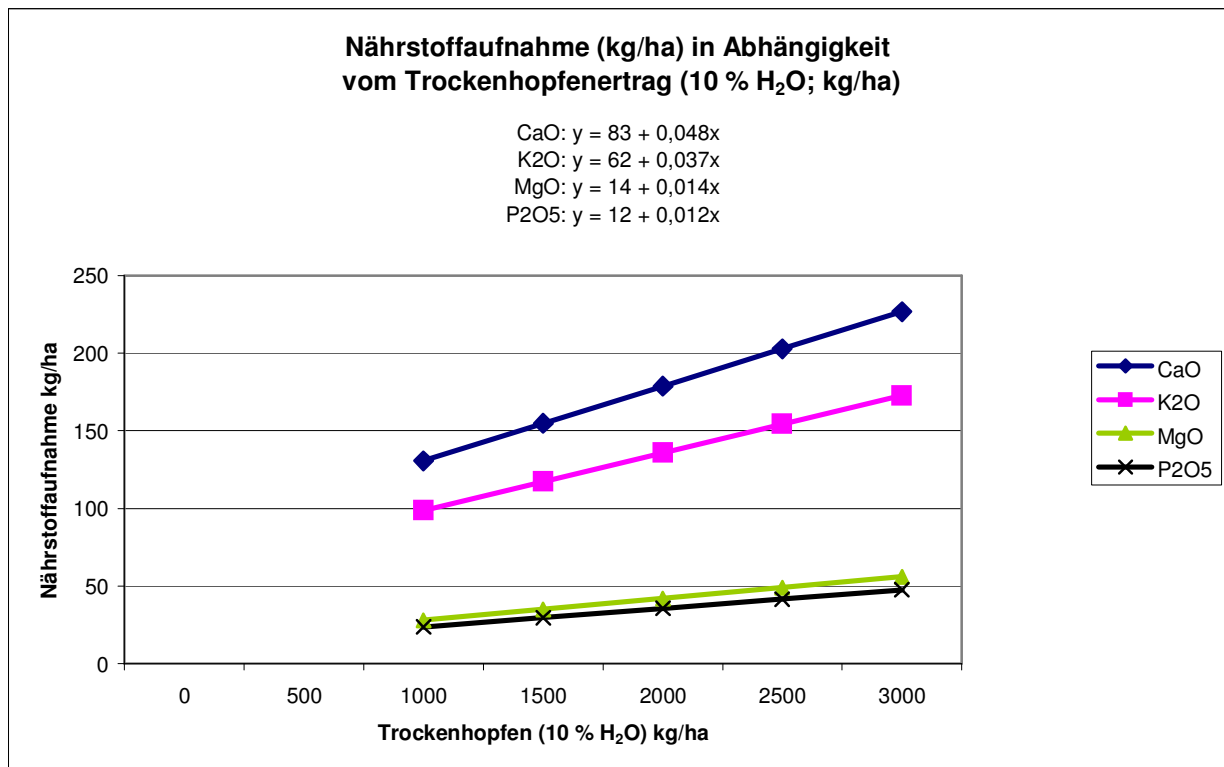
Werden die einzelnen Entzugswerte in Bezug gesetzt zu den Hopfenerträgen so ergeben sich folgende Graphiken.

Abb. 4: Beziehung zwischen Doldenertrag und Stickstoffentzug



Die Formel sagt aus, dass über alle Sorten hinweg ein „Grundbedarf“ von 72,73 kg N/ha besteht und pro kg Trockenhopfen zusätzlich 0,0433 kg N entzogen werden. Bei einem Ertrag von 2000 kg Trockenhopfen errechnet sich folglich ein Stickstoffentzug von 159 kg N/ha.

Abb. 5: Beziehung zwischen Doldenertrag und dem Nährstoffentzug bei P₂O₅, K₂O, MgO und CaO



Auch bei den übrigen Hauptnährstoffen besteht ein gewisser Grundbedarf, der um eine zusätzliche Menge je kg Hopfen ergänzt wird.

Die Richtwerte in Düngertabellen oder Bilanzierungsprogrammen gehen aber von einem gleichbleibenden Nährstoffentzug aus (Graph geht durch den 0-Punkt), wie er in Abb. 4 am Beispiel Stickstoff dargestellt ist. Passt man die Berechnungen dahingehend an, so ergeben sich zwar bei einem durchschnittlichen Ertragsniveau keine großen Änderungen, bei einem niedrigen Ertragsniveau wird aber ein zu geringer Entzug berechnet und bei überdurchschnittlichen Erträgen die Entzugsmengen überbewertet. Folgende Tabelle gibt die abgeleiteten Entzugswerte für die Hauptnährstoffe nach der beschriebenen Anpassung wieder:

Tabelle 4: Abgeleitete Richtwerte für die Nährstoffgehalte des Hopfens in kg/dt

Nährstoff	Nährstoffgehalt in kg/dt Trockenhopfen (10 % H ₂ O)		
	Dolden	Rebenhäcksel	Gesamtpflanze
Stickstoff (N)	2,9	4,6	7,5
Phosphat (P ₂ O ₅)	0,9	0,8	1,7
Kali (K ₂ O)	2,6	3,9	6,5
Magnesium (MgO)	0,4	1,6	2,0
Kalk (CaO)	0,9	7,4	8,3

Die in Tabelle 4 abgeleiteten Richtwerte wurden aus den Ergebnissen der dargestellten Untersuchungen errechnet. Sie ersetzen nicht die offiziellen Richtwerte, die bisher zur Berechnung von Düngeplänen oder Nährstoffvergleichen herangezogen werden. Sie werden aber eine Diskussionsgrundlage zur Anpassung der bundeseinheitlichen Werte bilden.

In Tabelle 5 wurden die tatsächlichen Nährstoffentzüge des Hopfen, wie sie sich aus den Abbildungen und Formeln errechnen, den Entzügen aus den angepassten Richtwerten gegenübergestellt.

Tabelle 5: Vergleich der tatsächlichen Nährstoffentzüge mit den berechneten Entzügen aus den abgeleiteten Richtwerten

Nährstoff	Berechnungsbasis	Trockenhopfen (10 % H ₂ O) in kg/ha			
		1000	1500	2000	2500
N	Versuchsdurchschnitt	116	138	159	181
	Richtwert Ø 7,5 kg/100kg	75	113	150	188
Abweichung	Absolut/Prozent	-41 / -35%	-25 / -18%	-9 / -6%	7 / 4%
P₂O₅	Durchschnitt	24	30	36	42
	Richtwert Ø 1,7 kg/100kg	17	26	34	43
Abweichung	Absolut/Prozent	-7/-29%	-4/-13%	-2/-6%	1/2%
K₂O	Durchschnitt	99	117	136	154
	Richtwert Ø 6,5 kg/100kg	65	98	130	163
Abweichung	Absolut/Prozent	-34/-34%	-19/-18,4%	-6/-4%	9/6%
MgO	Durchschnitt	28	35	42	49
	Richtwert Ø 2,0 kg/100kg	20	30	40	50
Abweichung	Absolut/Prozent	-8/-29%	-5/-14%	-2/-5%	1/2%
CaO	Durchschnitt	131	155	179	203
	Richtwert Ø 8,3 kg/100kg	83	125	166	208
Abweichung	Absolut/Prozent	-48/-37%	-30/-19%	-13/-7%	5/2%

Der Vergleich zeigt, dass für Stickstoff bei einem durchschnittlichen Ertragsniveau keine großen Abweichungen bestehen. Bei unterdurchschnittlichen Erträgen allerdings wird durch die Berechnung mit Richtwerten der Stickstoffentzug unterschätzt, was im Nährstoffvergleich zu einer deutlichen Verschlechterung des Saldos führen würde. Bei überdurchschnittlichen Erträgen errechnen die Richtwerte tendenziell zu hohe Nährstoffentzüge. Da die Aussagen für alle Nährstoffe zutreffen, spiegeln die abgeleiteten Richtwerte nur im mittleren Ertragsniveau die Nährstoffentzüge zuverlässig wieder.

4. Zeitlicher Verlauf der Nährstoffaufnahme

An zwei Standorten wurde der zeitliche Verlauf von Wachstum und Nährstoffaufnahme für die 3 Sorten Hallertauer Tradition, Hallertauer Magnum und Spalter Select ermittelt. Der durchschnittliche Verlauf des Wachstums und der Nährstoffaufnahme ist in den folgenden Abbildungen wiedergegeben.

Abb. 6: Stickstoffaufnahme und Wachstumsverlauf des Hopfens

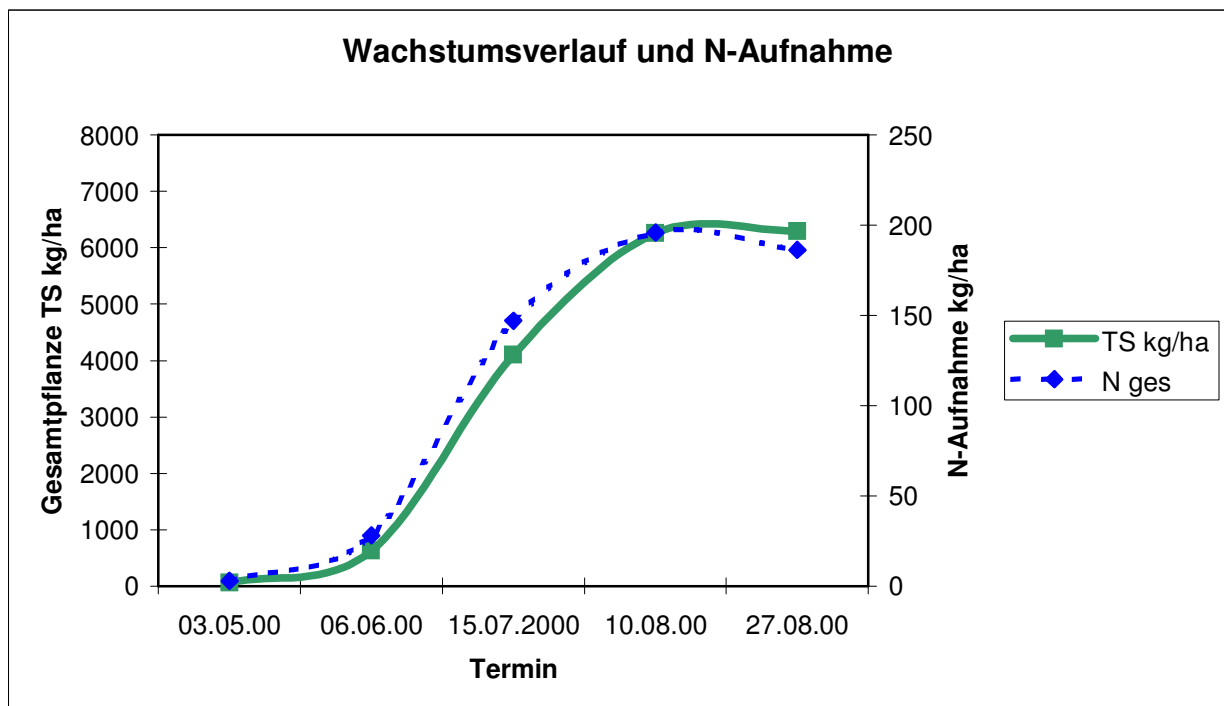
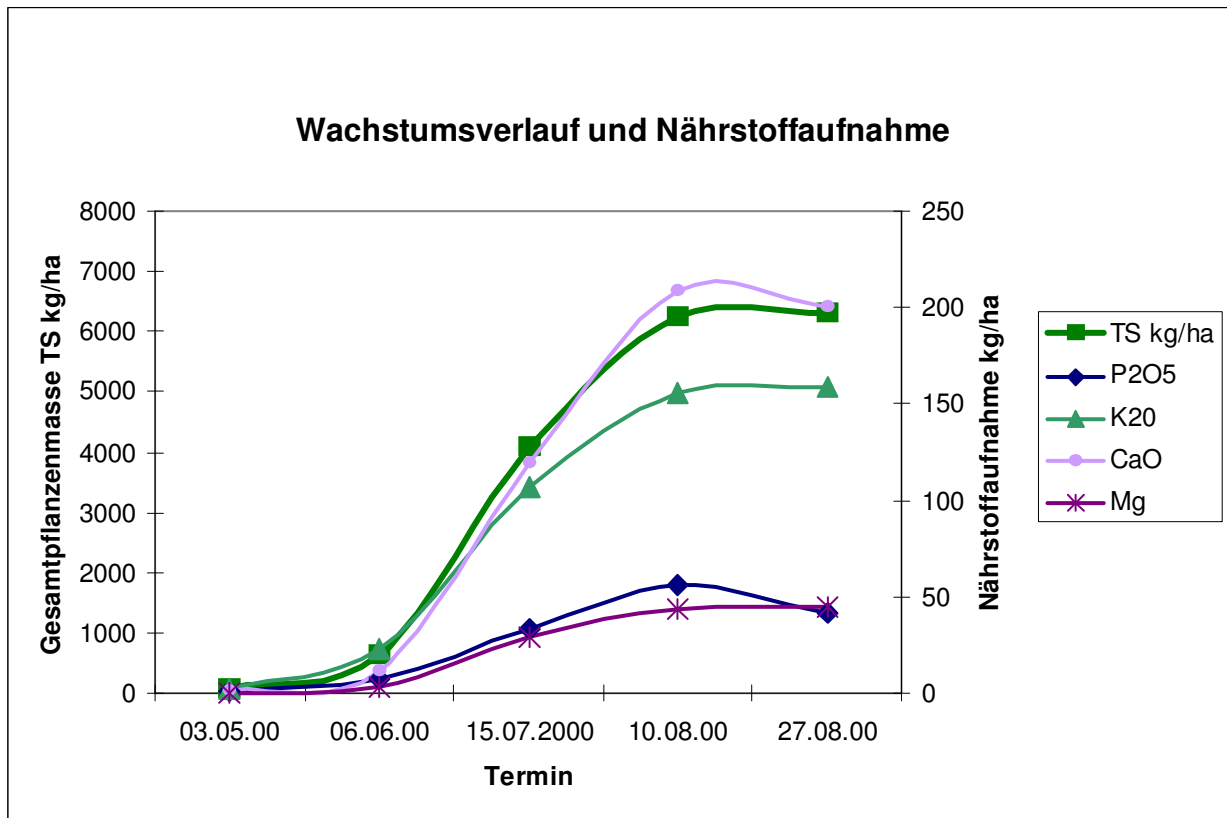


Abb. 7: Wachstumsverlauf der Nährstoffaufnahme bei den Hopfensorten HT, HM und SE



Die Hauptnährstoffaufnahme des Hopfens liegt in der Zeit von Mitte Juni bis Anfang August und deckt sich mit dem Wachstumsverlauf (TS-Zuwachs) des Hopfens aus Abb. 7. Die Stickstoffaufnahme eilt dem Wachstumsverlauf etwas voraus.

Ausblick:

Die Untersuchungen zur Nährstoffaufnahme und zum Wachstumsverlauf des Hopfens haben interessante Ergebnisse geliefert, die z. T. von den bisherigen Annahmen und Empfehlungen abweichen. In diesem Zusammenhang müssen bisherige Richtwerte zur Düngung neu diskutiert und bei größeren Abweichungen angepasst werden. Beispiele dafür sind die Erhöhung der Zu- und Abschläge bei der Nmin-Düngeempfehlung, wenn der Ertrag vom Durchschnitt abweicht, die Richtwerte für die Nährstoffentzüge oder die Nährstoffgehalte im Rebenhäcksel, die bei der Rücklieferung anzurechnen sind.

Literaturhinweise:

Roßbauer, G. (1979): Nährstoffentzug des Hopfens. Unveröffentlichte Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse über die Nährstoffentzugsmessungen von 1973 und 1974 am Abschnitt Hopfen der LBP.

Roßbauer, G. (1988): Gesamtproduktion des Hopfens an Pflanzenmasse. Jahresbericht Hopfen 1988 der LBP und der DGfH

Roßbauer, G. (1995): Ermittlung der abgeernteten Pflanzenmasse, Jahresbericht Sonderkultur Hopfen 1995 der LBP und der DGfH

Roßbauer, G. (1996): Ermittlung der Pflanzenmasse. Jahresbericht Sonderkultur Hopfen 1996 der LBP und der DGfH

Zattler, F. (1956): Untersuchungen über die Ernährungsphysiologie des Hopfens unter neuzeitlichen Kulturbedingungen. Hopfen-Rundschau 1956, Nr. 7, S. 53-56, 72-76, 85-88.

Zattler, F. (1965): Kapitel Hopfen. -Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. Band III: Düngung der Kulturpflanzen