

## Über die Synthese von Aminosäuren im Wurzelsystem der Rebe

von

K. D. STOEV, S. I. DOBREVA und G. WOSTENINEZ

### Einleitung

Das Studium der synthetischen Funktionen des Wurzelsystems der Weinrebe wurde vor verhältnismäßig kurzer Zeit aufgenommen. So hat STOEV (1947/1948) der Synthese und Anhäufung von Kohlenhydraten im Wurzelsystem der Weinrebe besondere Aufmerksamkeit geschenkt, wobei festgestellt wurde, daß der Zuckergehalt in den Wurzeln der Rebe nur unwesentlichen Veränderungen unterliegt. Die reduzierte Zuckermenge lag in den stärkeren Wurzeln (3–6 mm) im Verlauf des ganzen Jahres zwischen 1 und 2%, während die Gesamtzuckermenge zwischen 2 und 3% schwankte. In den dünnen Wurzeln (1–3 mm) ist die Veränderung im Zuckergehalt ebenfalls unbedeutend; allerdings wurde im Hochsommer eine geringe Zunahme des Zuckergehaltes beobachtet, was auf einen intensiveren Zuckerumsatz im Vergleich zu den stärkeren Wurzeln hinweist.

Hinsichtlich der Dynamik des Stärkegehaltes in den Wurzeln hat STOEV festgestellt, daß er Mitte März noch verhältnismäßig hoch ist, und zwar in den starken

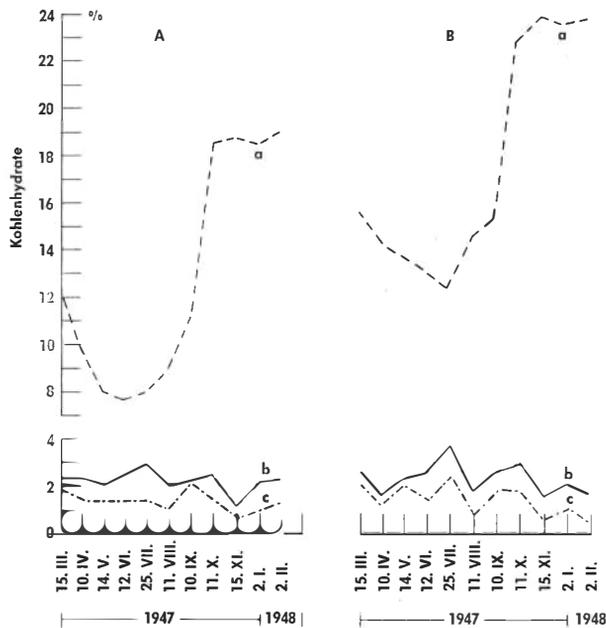


Abb. 1: Kohlenhydratgehalt (%) in Wurzeln der Rebe mit einem Durchmesser von 3–6 mm (A) und 1–3 mm (B). a: Stärke, b: Gesamtzucker, c: reduzierende Zucker

Wurzeln 12,57% und in den dünnen 15,76%, dann langsam abnimmt, um etwa im Juli ein Minimum zu erreichen, in den 3–6 mm starken Wurzeln 7,75% (12. 6.) und in den dünnen 12,32% (23. 7.). Danach setzt in den Wurzeln erneut eine zuerst langsame, dann sehr rasche Stärkeeinlagerung ein, besonders nach der Ernte bis zur Blattvergilbung (10.9. – 11. 10.). In diesem Zeitraum nimmt der Stärkegehalt annähernd um 7% zu und erreicht in den starken Wurzeln fast 19% und in den dünnen 23,5% (Abb. 1).

Die Anreicherung der Stärke im Wurzelsystem der Rebe nach Abfluß der Kohlenhydrate aus den Sommertrieben und den mehrjährigen Ruten wie auch ihre Verlagerung in die oberirdischen Organe und Pflanzenteile ist nach STOEV auf die Enzyme Invertase und Amylase zurückzuführen. Aus Abb. 2 geht der Zusammenhang zwischen den Veränderungen im Stärkegehalt der Sommertriebe, der mehrjährigen Ruten sowie der 3–6 mm starken Wurzeln und der Aktivität des Enzyms Amylase hervor. Somit ist die Abnahme der Stärke im Wurzelsystem mit der hydrolytischen Amylaseaktivität, ihre Ablagerung hingegen mit der synthetischen Enzymtätigkeit verbunden.

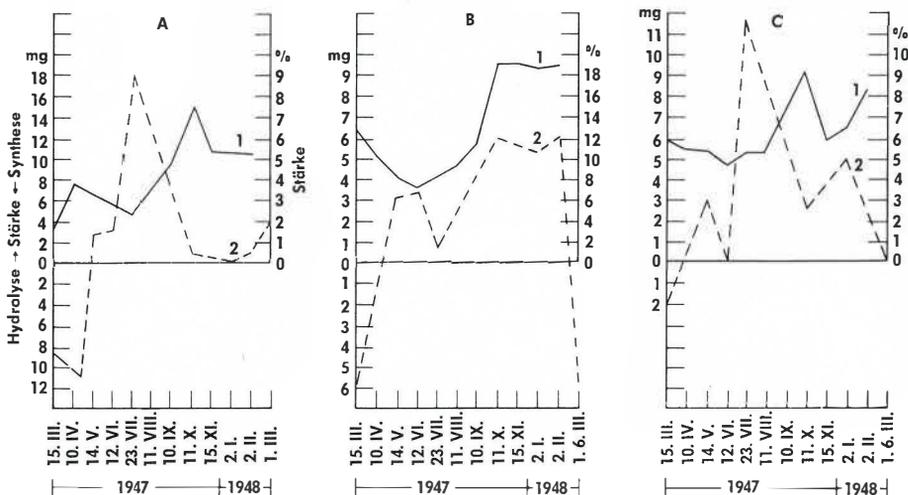


Abb. 2: Wechselbeziehungen zwischen Stärkegehalt und Amylaseaktivität in einjährigen Trieben (A), in 3–6 mm starken Wurzeln (B) und in mehrjährigen Pflanzenorganen (C). 1: Stärkegehalt in %, 2: Amylaseaktivität in mg

Die Feststellung von synthetischen Funktionen des Pflanzenwurzelsystems in Bezug auf Alkaloide (2–6), Aminosäuren (7–18) und andere physiologisch aktive Stoffe war der Ansporn zur Forschung nach anderen synthetischen Funktionen des Wurzelsystems der Rebe. Soweit uns bekannt ist, haben zuerst K. D. STOEV und Mitarbeiter (1956–1957) Zucker und freie Aminosäuren im Blutungssaft der Rebsorte Gamsa (wurzelecht) und auf Rupestris du Lot veredelt, chromatographisch bestimmt (19, 20). Später (1957–1959) studierten auch S. W. DURMISCHIDZE und O. T. HATSCHIDZE (1959, 1960) die organischen Säuren und den Aminosäuregehalt im Blutungssaft der Weinrebsorte Saperavi und Rkatziteli, der Unterlagsrebe Kober 5 BB (*V. berlandieri* × *V. riparia*) und der Direktträger Beta und Oberlin. Diese Untersuchungen zeigten:

1. Im Blutungssaft der Rebe ist die Zusammensetzung der Aminosäuren annähernd gleich. Die bulgarischen und grusinischen Forscher fanden Asparagin- und Glutaminsäure, Valin, Isoleucin, Lysin, Alanin, Tyrosin, Phenylalanin, Histidin, Cystin, Prolin. DURMISCHIDZE und HATSCHIDZE wiesen ferner Arginin, Glycokoll, Methionin,  $\gamma$ -Aminobuttersäure und Amid-Glutamin nach, die von STOEV und seinen Mitarbeitern in den oberirdischen Telen der Rebe (23) aufgefunden wurden.

2. Die Zahl der Aminosäuren ändert sich in den einzelnen Vegetationsstadien (Tabelle 1). Nach den Feststellungen von STOEV (19, 20) ist zu Beginn der Saftbewegung (20. 3.) im Blutungssaft der Rebensorte Gamsa (wurzelecht), wie auch im Blutungssaft der Unterlagsrebe Rupestris du Lot nur eine begrenzte Zahl von Aminosäuren enthalten, und zwar Asparaginsäure, Glutaminsäure, Valin und Isoleucin. Im später gesammelten Blutungssaft stieg die Zahl der Aminosäuren an. Im Blutungssaft vom 10. 4. wurden nun 9 Aminosäuren festgestellt. Darin traten Lysin, Alanin, Tyrosin, Phenylalanin und eine andere Substanz auf, die nicht identifiziert werden konnte. Im Blutungssaft vom 14. 5., dem dritten Sammeltermin, wurde eine noch höhere Zahl an Aminosäuren beobachtet. Außer den oben erwähnten Aminosäuren waren noch Histidin, Cystin wie auch einige nicht identifizierte Stoffe vorhanden. Die meisten Aminosäuren wurden in dem aus dem Schnitt der Unterlagsrebe Rupestris du Lot aussickernden Saft festgestellt. Zu Beginn der Blüte (5. 6.) trat im Blutungssaft eine Verarmung an Aminosäuren ein. Ihre Zahl fiel auf 7–9. In diesem Zeitraum verschwanden das Cystin und das Tyrosin, es traten dafür Prolin und Alanin auf. Ende Juni und Juli nahm die Zahl der Aminosäuren weiter

Tabelle 1

Dynamik des Aminosäuregehaltes im Blutungssaft der Rebe nach Vegetationsstadien (in % zur Gesamtmenge an Aminosäuren)

I: Saftbewegung; II: Blütezeit; III: Beginn des Beerenwachstums; IV: Reifebeginn; V: Reife. Sorte Saperavi, wurzelecht.

Aminosäuren	I	II	III	IV	V
Cystin	0,3	4,2	0	0	0,
Lysin	1,0	0	0	0	0
Histidin	4,9	0	0	0	0
Arginin	4,5	3,1	0	+	0
Glutamin	31,5	5,7	0	26,7	17,6
Asparaginsäure	2,6	31,4	43,5	30,1	23,8
Glycokoll	9,3	0	4,0	3,4	13,0
Glutaminsäure	1,3	11,2	2,1	7,9	5,3
Alanin	15,4	13,6	5,2	6,7	13,2
Prolin	10,1	13,9	18,9	0	0
$\gamma$ -Aminobuttersäure	0,5	0	0	2,4	2,7
Tyrosin	1,3	0	0	0	0
Methionin	3,2	5,8	12,7	23,8	16,1
Valin	6,2	4,6	6,9	4,6	3,2
Phenylalanin	5,9	4,2	6,1	2,6	5,3
Leucin	2,9	2,3	1,3	0	2,2
Gesamtmenge an Aminosäuren in mg/l Blutungssaft	30,8	25,8	6,2	9,8	5,7

ab. Im Blutungssaft der wurzelechten Rebsorte Gamsa wurden am 5. Juli nunmehr nur noch 4 Aminosäuren gefunden: Lysin, Asparagin- und Glutaminsäure sowie Prolin. S. W. DURMISCHIDZE und O. T. HATSCHIDZE (22) fanden ebenfalls, daß sich die Zusammensetzung der Aminosäuren im Blutungssaft während der ganzen Vegetationsperiode erheblich ändert. Aus den in Tabelle 1 angeführten Daten ist zu ersehen, daß sowohl die Zahl als auch die Gesamtmenge an Aminosäuren abnehmen.

3. In der Zusammensetzung der Aminosäuren im Blutungssaft wurden keine sortenbedingten Unterschiede festgestellt. Obgleich STOEV und Mitarbeiter (19, 20) die Zusammensetzung der Aminosäuren im Blutungssaft der Sorte Gamsa auf eigener Wurzel, nach Veredlung auf *Rupestris* auf Lot sowie auch im Blutungssaft von aus verschiedenen geographischen Gebieten stammenden und verschiedene biologische Eigenheiten besitzenden Rebsorten (Pamid, Tscherven Misket, Chasselas  $\times$  *V. berlandieri* 41 B, Zartschin, *V. berlandieri* u. a.) untersuchten, wurden in der Zahl der Aminosäuren keine Unterschiede festgestellt. Bei der Untersuchung der Aminosäurezusammensetzung der Sorten Rkaziteli und Saperavi, wurzelecht, und nach Veredlung auf Kober 5 BB sowie im Blutungssaft von Beta und Oberlin kamen DURMISCHIDZE und HATSCHIDZE zu dem Schluß, daß in der Zahl der Aminosäuren keine Unterschiede bestehen (Tabelle 2).

4. Die Synthese der Aminosäuren erfolgt im Wurzelsystem der Rebe (19, 22).

Neben der Änderung des Aminosäuregehaltes während der Vegetation haben STOEV und Mitarbeiter (19, 20) auch die täglichen Änderungen des Aminosäurege-

Tabelle 2  
Aminosäuregehalt im Blutungssaft verschiedener Rebensorten  
(nach DURMISCHIDZE und HATSCHIDZE 22)

Aminosäuren	Rkazi- teli auf wurzel- echt	Rhazi- teli auf Kober 5 BB	Sape- ravi wurzel- echt	Sape- ravi auf Kober 5 BB	Kober 5 BB	Beta	Ober- lin
Cystin	+	0,9	0,3	2,5	1,0	+	0,5
Cystein	0	+	+	0	0	0	0
Lysin	1,5	0	1,0	5,5	5,5	8,1	6,8
Histidin	6,0	4,9	4,9	0	12,3	3,9	1,6
Arginin	6,2	2,3	4,5	5,8	4,5	1,8	4,2
Glutamin	19,5	7,3	31,5	12,3	14,2	43,2	36,9
Asparaginsäure	4,9	5,2	2,6	5,8	3,9	2,4	6,0
Glycokoll	6,7	9,6	9,3	3,9	14,4	9,2	14,0
Glutaminsäure	3,5	11,3	1,3	0	0	0,8	0,7
Alanin	20,0	15,3	15,4	13,2	12,1	3,7	3,9
Prolin	16,7	23,2	10,1	22,6	8,5	5,0	11,9
$\gamma$ -Aminobuttersäure	0,7	5,4	0,5	0	0	0	0
Tyrosin	0	0	1,3	0	0	0	0
Methionin	4,7	7,2	3,2	6,9	3,9	5,5	3,3
Valin	3,2	6,6	6,2	10,8	8,1	6,8	6,1
Phenylalanin	4,2	3,8	5,9	5,2	7,1	7,0	6,7
Leucin	5,0	3,7	2,9	5,0	4,5	2,6	3,3
Insgesamt mg/l	20,1	27,0	30,8	15,4	152,5	38,2	42,8

haltes im Blutungssaft untersucht. Mengenmäßig ließen sich keine Unterschiede feststellen, auch die Zahl der Aminosäuren blieb unverändert. Nur der Aminostickstoffgehalt, der tagsüber zwischen 8.00 und 14.00 Uhr ein Maximum und abends um 20.00 Uhr ein Minimum erreichte, ließ einen diurnalen Rhythmus erkennen.

Großes Interesse erweckte die Feststellung STOEV's und Mitarbeiter, daß beim Abtransport der Aminosäuren von den Wurzeln in die oberirdischen Organe der Rebe der qualitative Bestand der Aminosäuren keine Änderung erfährt. Der Aminosäurebestand ändert sich auch beim Durchströmen der Veredlungsstelle nicht. Fernerhin wurde beobachtet, daß die Bildung von Aminosäuren in den Wurzeln bereits in den ersten Tagen nach einer anorganischen N-Düngung erfolgt (24). Unterschiede im Aminosäurebestand des Blutungssaftes gedüngter und ungedüngter Weinstöcke traten erst am zweiten Tage nach der Einbringung des Düngers auf. Dabei wurden die Aminosäuren Cystin, Asparagin- und Glutaminsäure, Serin, Alanin, Tyrosin, Prolin, Phenylalanin, Leucin sowie Amide, Asparagin und Glutamin und außerdem zwei von den Verfassern nicht identifizierte Stoffe gefunden. Im Blutungssaft der ungedüngten Rebstöcke wurden Cystin, Asparagin, Asparagin- und Glutaminsäure, Serin, Alanin, Prolin und ein nicht bestimmter Stoff festgestellt. Vom 10. bis 44. Tag nach der Düngung waren keine Unterschiede im Aminosäurebestand des Blutungssaftes gedüngter und ungedüngter Stöcke nachzuweisen.

Die Untersuchungen von S. W. DURMISCHIDZE und O. T. HATSCHIDZE nahmen eine etwas andere Richtung. Vor allem studierten sie den Aminosäurebestand nicht nur im Blutungssaft, sondern auch in den Wurzeln und in den anderen Organen und Geweben der Rebe (21), wobei sie zu dem Ergebnis gelangten, daß Glutamin mengenmäßig am stärksten vertreten ist. Sodann folgen Alanin, Glykokoll und Prolin. Im Gegensatz zum Blutungssaft gehört Methionin in allen übrigen Teilen der Rebe zu den wichtigsten Aminosäuren. Die Wurzeln zeichnen sich durch hohen Histidingehalt, die Knospen und der Kallus durch Asparaginsäure, die Blätter durch einen hohen Gehalt an  $\gamma$ -Aminobuttersäure aus.

Später (22) erweitern die Verfasser ihre Untersuchungen, indem sie den Gehalt und die Dynamik der Aminosäuren im Blutungssaft, in den Wurzeln, in den Sommertrieben, Knospen und den Blättern, im Blütenstaub und im Kallus der Rebe zur Zeit der Saftbewegung und der Blüte feststellten.

Eine vollkommen neue Richtung in den Untersuchungen von DURMISCHIDZE und HATSCHIDZE dürften die Untersuchungen über die Dynamik und den Gehalt an organischen Säuren in den Wurzeln und im Blutungssaft bei einer Reihe von Rebensorten sein. Es wurden Brenztrauben-,  $\alpha$ -Ketoglutar-, Oxalessigsäure, Wein-, Äpfel-, Zitronen-, Bernstein- und Fumarsäure gefunden. Mengenmäßig überwiegt jedoch die Äpfelsäure. Nach Meinung der Verfasser werden die Säuren des Di- und Tricarbonsäurecyklus und die Aminosäuren von den Wurzeln in die oberirdischen Organe während der ganzen Vegetationsperiode durch den aufsteigenden Saftstrom geleitet. Für die synthetisierenden Funktionen des Wurzelsystems der Rebe sprechen auch andere im Blutungssaft nachgewiesene Substanzen wie Aneurin und Riboflavin (T. JA. TSCHKAUSSEL und K. M. TARASSASCHWILI (25), B-Vitamine (W. S. HATSCHIDZE, 26), Tannine (DURMISCHIDZE, 27) und weitere organische und anorganische Stoffe (P. TAWADZE, 28, STOEV, 29–31). Beim Studium der Aktivitätsänderungen der Oxidationsenzyme im Blutungssaft der Rebensorten Gamsa und Mavrud auf eigener Wurzel und veredelt auf Rupestris du Lot und Kober 5 BB kommt MAMAROW (32) zu dem Ergebnis, daß die Peroxydaseaktivität unter dem Einfluß der Unterlagsrebe bedeutend gesteigert wird. Da der Chlorophyll-, Xanthophyll- und Carotingehalt in den

Blättern der veredelten Sorten immer höher liegt als in den Wurzeln der wurzelechten Pflanzen nimmt MAMAROW an, daß sich im Wurzelsystem der Rebe wichtige biochemische Vorgänge vollziehen, die eng mit den Oxidationsprozessen in den oberirdischen Organen und der Pigmentbildung in den Blättern verbunden sind.

### Material und Methoden

Durch Einbringung von Handelsdüngerlösungen nach dem Schema N, P, K, NP, NK, PK und NPK mittels des Hydrobohrers rund um die Rebstöcke versuchten wir, die Veränderungen im Aminosäurebestand unter dem Einfluß der Düngung festzustellen\*). In Abständen von 1, 2, 5, 10 und 15 Tagen nach der Düngung wurden die Aminosäuren und der Gehalt an Gesamt- und Aminostickstoff im Blutungssaft bestimmt. Als Versuchsobjekt diente die auf Rupestris du Lot veredelte Sorte Zartschin.

1963 wurden diese Untersuchungen mit zweimaliger Düngung (nur mit Salpeterstickstoff) mit der Sorte Bolgar auf Chasselas  $\times$  *V. berlandieri* 41 B wiederholt, und zwar zur Zeit der stärksten Saftströmung und unmittelbar vor der Blüte. Ein Teil der Versuchsreben wuchsen in einem unbeheizten, mit Polyäthylfolien überspannten Gewächshaus, wodurch eine gleichmäßigere Luft- und Bodenfeuchtigkeit gewährleistet war, während die übrigen Pflanzen im Freiland standen. Als Kontrolle dienten nur mit Wasser versorgte Rebstöcke (Wasserkontrolle).

Gleichzeitig bestimmten wir erneut die tägliche und saisonbedingte Veränderung im Aminosäuregehalt zur Klärung einiger aus früheren Untersuchungen noch offenen Fragen.

Um Blutungssaft zu sammeln, schnitten wir ausgereifte, einjährige Triebe unweit der Basis an. Über die Zapfen wurde ein Gummischlauch gezogen, der über ein Glasröhrchen und einen Gummipfropfen mit einem Auffangbehälter verbunden war. Das ganze System wurde vorher sterilisiert und der Zapfen mit Toluol und Chloroform desinfiziert. Darüberhinaus wurde der Boden des Sammlers mit Toluol und Chloroform soweit bedeckt, daß das Ende des Glasröhrchens, über das der Blutungssaft heraussickert, unter den Spiegel der antiseptischen Flüssigkeit zu liegen kam. Der Blutungssaft wurde von 7.00 Uhr morgens bis 17.00 Uhr nachmittags nach Auffrischung des Schnittes, gesammelt.

Nach unseren Beobachtungen läßt der Blutungsdruck beim Austreiben neuer Blätter und junger Triebe stark nach. Aus diesem Grunde wurden die Blätter und die jungen Triebe ständig entfernt.

Der Blutungssaft wurde im Vakuum 50fach konzentriert und nach den üblichen Methoden der Papierchromatographie (33, 34) untersucht. Als Fließmittel für die Analyse der Aminosäuren bedienten wir uns eines Gemisches aus n-Butanol, Essigsäure und Wasser für das eindimensionale Verfahren und Phenol-Wasser + Propanol-Wasser für das zweidimensionale Verfahren. Als Entwickler diente 0,2%ige Lösung aus Ninhydrin in reinem Azeton und für die Prolindarstellung Isotin. Die Elektrophorese wurde mittels Piridins mit Azetat als Puffermittel durchgeführt.

\*) Für die Teilnahme P. MAMAROW'S an der Versuchsanstellung und I. BENČEV'S an der Chromatographie des Blutungssaftes sprechen wir ihnen an dieser Stelle unseren Dank aus.

### Ergebnisse

#### 1. Veränderung des Aminosäurebestandes im Blutungssaft der Weinrebe unter dem Einfluß der Düngung.

##### a) Untersuchungen 1958

In Tabelle 3 sind die Angaben über die identifizierten Amide und Aminosäuren und die nicht identifizierten Stoffe gegeben. Um eine ungefähre Vorstellung vom mengenmäßigen Aminosäurebestand zu erhalten, ist in der Tabelle das Verhältnis zwischen den Aminosäuren mit den geringsten und höchsten Mengen nach dem Fünfpunkte-System mit dem Zeichen „+“ angegeben.

Im Blutungssaft der Rebe steigt bis zum 2.–5. Tag nach der Düngung die Anzahl der Aminosäuren an und fällt danach ab. Besonders schroff verringert sich die Zahl der Aminosäuren nach dem 10. Tag nach der Düngung. So betrug am ersten Tage nach der Düngung die Zahl der Aminosäuren (darunter auch die nicht identifizierten Stoffe) im Mittel aller Versuchsvarianten im Mittel um 12,1. In der Zeitspanne zwischen dem 2. und 10. Tag bewegt sich die Durchschnittszahl der identifizierten und nicht identifizierten Säuren und Stoffe zwischen 8 und 9, während sie am 15. Tag im Mittel nur noch 5,7 betrug.

Den verhältnismäßig höchsten Gehalt an Aminosäuren (dies bezieht sich insbesondere auf die Glutaminsäure) und Glutamin stellten wir am 1., 2. und 5. Tag nach der Einbringung des Düngers fest.

Dies läßt die Folgerung zu, daß sich die Mineralstoffaufnahme und ihre Eingliederung in den Stoffwechsel des Wurzelsystems mit der höchsten Intensität in den ersten Tagen nach der Düngung vollziehen.

Offenbar tritt nach dem 10. Tag ein Rückgang in der Aufnahme und im Umsatz der Mineralstoffe ein, was auch aus Tabelle 4, die den Gehalt an Amino- und Gesamtstickstoff im Blutungssaft wiedergibt, zu ersehen ist.

Der Aminostickstoff erreicht seinen höchsten Wert am 2. Tag nach der Düngung, nimmt sodann unaufhörlich ab und erreicht ein Minimum am 15. Tage. Eine ununterbrochene Abnahme wird auch im Gesamtstickstoffgehalt mit dem Unterschiede beobachtet, daß hier das Maximum gleich am ersten Tage nach der Düngung erreicht wird und am 10. Tag wieder ein vorübergehendes Ansteigen des Gesamtstickstoffgehaltes feststellbar ist. Glutamin und Glutaminsäure sind weitaus am stärksten vertreten. Von den übrigen Aminosäuren kommen Asparaginsäure, Tyrosin, Valin, Leucin und das Glykokoll immer und Serin, Lysin, Threonin, Histidin, Alanin und die  $\gamma$ -Aminobuttersäure öfters vor.

Zu analogen Schlüssen kommen auch PETRIE und WOOD (35), da nach einer reichlichen Stickstoffdüngung, als Kopfdüngung gegeben, am Folgetage in den Blättern des Weidelgrases eine Zunahme an Amid, Aminosäuren und Eiweiß nachzuweisen war. Am 2. Tag nach der Düngung wurde nur noch eine schwache Zunahme an Eiweiß und Amid beobachtet, während der Gehalt an nicht eiweißartigen organischem Stickstoff weiter ansteigt. Am 3. Tag nach der Düngung wurden keine weiteren Veränderungen festgestellt.

Um zu untersuchen, ob das Wasser keinen Einfluß auf den Aminosäurezusammenhang des Blutungssaftes ausübt, bestimmten wir die Aminosäuren sowohl im Blutungssaft ungedüngter Trockenkontrollen als auch im Blutungssaft ungedüngter, aber gewässerter Rebstöcke (Wasserkontrolle). Die Ergebnisse (Tabelle 4) lassen keinen wesentlichen Unterschied erkennen. In der Größenordnung von 7–9 bleibt die Aminosäurezahl ebenfalls mehr oder weniger beständig. Am 15. Tag nach

Tabelle 3  
Aminosäuregehalt im Blutungssaft der Rebe

Versuchs- variante	Identifizierte Aminosäuren											Identifizierte Aminosäuren	Nichtidenti- fizierte Stoffe		
	Aspara- ginsäure	Gluta- minsäure	Serin	Glykoll	Lysin	Glutamin	Aspara- gin	Tyrosin	Valin	Leucin	Threonin			Histidin	Arginin
1. Tag nach der Düngung (9. V. 1958)															
Wasser	+	+	+			++	+	+	+					8	3
Trocken	+	+				++	+	+	+					7	2
N	+			+		++	+	+	+					8	2
P	+	+		+		++	+	+	+				+	9	1
K	+	+	+	+		+++	+	+	+				+	9	5
NP	+	+	+	+		++	+	+	+	+				8	4
NK	+	+	+	+		++	+	+	+	+	+			10	4
PK	+	+	+	+		++	+	+	+	+		+		10	4
NPK	+	+				++	+	+	+	+				7	2
2. Tag nach der Düngung (19. V. 1958)															
Wasser	+	++	+	+		++	+	+	+	+	+			9	1
Trocken	+	+				++	+	+	+	+	+			3	
N	+	++				+++	+	+	+					6	
P	+	+				++	+	+	+				+	7	1
K	+	+				++	+	+	+	+			+	8	1
NP	+	+++			+	+++	+	+	+	+	+		+	10	
NK	+	++		+		++	+	+	+	+			+	9	1
PK	+	++		+		++	+	+	+	+	+	+	+	11	1
NPK	+	+		+		+++	+	+	+	+			+	9	1
5. Tag nach der Düngung (13. V. 1958)															
Wasser	+	+		+		++	+	+	+	+			+	9	1
Trocken	+	+				++	+	+	+	+				7	1
N	+	+	+	+		++	+	+	+	+				9	1
P		+				+		+						3	1
K	+	+	+	+		++	+	+	+	+		+		10	
NP	+	+		+		++	+	+	+	+	+			9	
NK	+	+	+	+		++	+	+	+	+	+	+		12	2
PK	+	+		+		++	+	+	+	+				8	
NPK	+	+				+		+	+	+				6	
10. Tag nach der Düngung (18. V. 1958)															
Wasser	+	+		+		+	+	+	+			+		9	
Trocken	+	+		+		++	+	+	+	+		+		9	
N	+	+		+		+	+	+	+	+				7	1
P	+	+		+		+	+	+	+	+				8	1
K	+	+		+		++	+	+	+	+				8	1
NP	+	+		+		++	+	+	+	+			+	9	1
NK	+	+		+		++	+	+	+	+				8	2
PK	+	+		+		+	+	+	+	+		+	+	10	
NPK	+	+				+	+	+	+	+				7	1
15. Tag nach der Düngung (23. V. 1958)															
Wasser	+	+					+							3	1
Trocken	+	+		+		+	+	+	+	+				8	
N	+	+				++	+	+	+	+				7	
P	+	+				+		+	+	+				4	
K	+	+				++		+	+	+				6	
NP	+	+							+	+				4	
NK	+	+				+	+	+	+	+				7	
PK	+	+					+	+	+	+				5	
NPK	+	+				+	+	+	+	+				7	

Tabelle 4

Gesamtstickstoff- und Aminostickstoffgehalt im Blutungssaft der Rebe (in  $\mu\text{g}/1 \text{ ml}$ )  
9. Mai bis 23. Mai 1958

Variante	Aminostickstoff					Gesamtstickstoff				
	1. Tag	2. Tag	5. Tag	10. Tag	15. Tag	1. Tag	2. Tag	5. Tag	10. Tag	15. Tag
Wasser	25	39	20	14	14	—	119	70	60	38
Trocken	28	56	28	14	14	238	204	96	107	100
N	36	112	28	28	28	268	159	127	169	79
P	28	50	34	14	14	267	193	116	104	41
K	48	78	20	17	14	—	166	90	169	54
NP	34	64	28	28	14	266	221	86	139	38
NK	42	56	39	17	14	281	258	154	153	38
PK	36	56	39	17	14	260	222	97	75	38
NPK	34	48	28	20	14	—	168	120	100	72

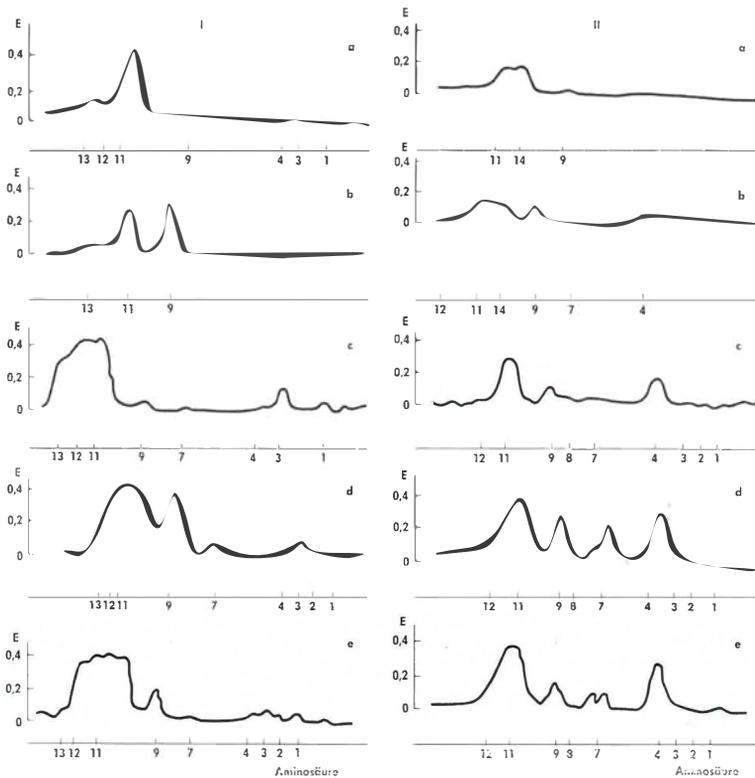


Abb. 3: Zahl der Aminosäuren im Blutungssaft der Rebe unter dem Einfluß der Düngung (densitometrische Messung). I: Düngung zu Beginn der Blüte (2. 4. 1963); a: 1. Tag, b: 2. Tag, c: 5. Tag, d: 10. Tag, e: 15. Tag nach der Düngung; II: Düngung vor der Blüte (13. 5. 1963); a: 1. Tag, b: 2. Tag, c: 5. Tag, d: 10. Tag, e: 15. Tag nach der Düngung; 1: Leucin, 2: Phenylalanin; 3: Valin; 4:  $\gamma$ -Aminobuttersäure; 7: Alanin; 8: Threonin, 9: Glutaminsäure; 11: Glutamin; 12: Asparagin; 13: Lysin; 14: Asparaginsäure

der Wassergabe wird jedoch bei der Wasserkontrolle eine bedeutende Abnahme der Aminosäuren bemerkbar.

Die Frage des spezifischen Wassereinflusses auf den Aminosäurebestand des Blutungssaftes wurde auch 1963 angegangen, ohne aber wesentliche Unterschiede im Aminosäurebestand des Blutungssaftes der Versuchs- und Kontrollrebstöcke festzustellen. In einigen Fällen wurde eine größere Menge an Aminosäuren im Blutungssaft der Trockenkontrolle, in anderen mehr in der Wasserkontrolle nachgewiesen. Bis zu einem gewissen Grade ändert sich auch die Aminosäurezahl, vor allem wenn Serin, Tyrosin, Threonin,  $\gamma$ -Aminobuttersäure, Histidin und Glutaminsäure auftreten. Mithin lassen die bisherigen Ergebnisse keinen Einfluß des Wassers bei der Düngung auf den Aminosäurebestand des Blutungssaftes erkennen.

Tabelle 5  
Aminosäuregehalt im Blutungssaft der gedüngten Reben

Nachweis	Aminosäuren	Während des intensivsten Saftflusses (2. IV.)*)					vor der Blüte (13. V.)*)				
		1	2	5	10	15	1	2	5	10	15
		Ninhydrin und Isatin									
100 $\mu$ l	Leucin	+		+	+	+		+	+	+	
	Phenylalanin				+	+		+	+	+	
	Valin	+		+	+	+		+	+	+	
	$\gamma$ -Aminobuttersäure	+		+	+	+		+	+	+	+
	Prolin	+		+	+	+			+	+	+
	Alanin			+	+	+		+	+	+	+
	Threonin								+	+	+
	Glutaminsäure	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Serin-Glycin										
	Asparaginsäure							+	+		
	Glutamin	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	Arginin		+								+
	Asparagin	+		+	+	+		+	+	+	+
	Lysin	+	+	+	+	+					
	insgesamt		8	4	9	10	10	3	6	10	10
200–300 $\mu$ l	Alanin		+								
	Phenylalanin			+							
	Prolin		+								
	Threonin					+					
	Serin-Glycerin					+					
insgesamt		8	6	10	12	10	3	6	10	10	10
Elektrophorese	Asparaginsäure		–	+	–	–			+	+	+
	Arginin		+	+	–	–			+	+	+
insgesamt		8	6	12	12	10	3	6	12	12	12
Spezif. Reaktion auf Arginin		–	+	+	–	–			+	+	+
Zahl der Aminosäuren		8	6	12	12	10	3	6	12	12	12

\*) Die Angaben 1, 2, 5 . . . bezeichnen die Zahl der Tage nach der Düngung.

Tabelle 6

Gesamtstickstoffgehalt des Blutungssaftes in mg/100 ml

Variante	Tage nach der N-Düngung				
	1	2	5	10	15
mit Bewässerung	1,87	1,18	7,54	12,10	9,28
ohne Bewässerung	2,80	3,19	7,55	11,25	8,03

b) Untersuchungen 1963 unter mit Polyäthylenfolien überspannten unbeheizten Gewächshäusern.

Die Untersuchungsergebnisse über den Aminosäuregehalt des Blutungssaftes gedüngter Reben während der stärksten Saftstömung (3. 4. – 17. 4.) und vor der Blüte (14. 5. – 28. 5.) sind in Tabelle 5 wiedergegeben, und auf Abb. 3 sind die Aminosäuren densitometrisch dargestellt. Aus den Densitogrammen ist zu ersehen, daß Glutamin, Glutaminsäure,  $\gamma$ -Aminobuttersäure, Prolin und Alanin vorherrschen, gefolgt von Lysin, Valin und Asparagin. Am geringsten sind Threonin, Phenylalanin und Leucin vertreten. Während der stärksten Saftströmung ist  $\gamma$ -Aminobuttersäure in geringeren Mengen vorhanden, nimmt aber vor der Blüte deutlich zu. Gegen den 5. bis 10. Tag nach der Düngung ist ein Ansteigen des Aminosäuregehaltes und des Gesamt- und Aminostickstoffes (Tabelle 6) wahrzunehmen.

c) Untersuchungen 1963 im Freiland.

Diese Versuche wurden nach einem analogen Schema (wie oben beschrieben) angelegt, mit dem Unterschied, daß sie unter natürlichen Bedingungen durchgeführt wurden. Hierdurch sollte geprüft werden, inwieweit Temperatur und Bodenfeuchtigkeit einen Einfluß auf den Aminosäuregehalt des Blutungssaftes ausüben. Abb. 4

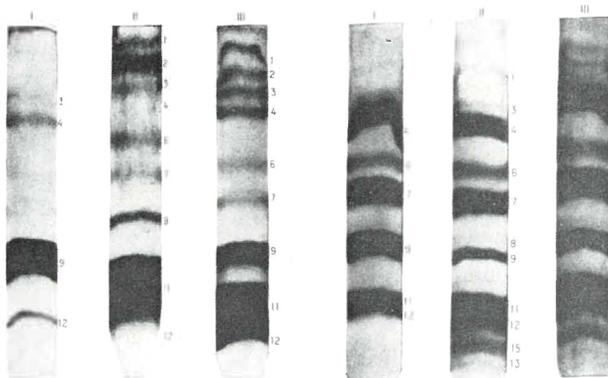


Abb. 4

Abb. 5

Abb. 4: Freie Aminosäuren im Blutungssaft nach einer Düngung während der intensivsten Blutung (20. 4. 1963); I: 1. Tag; II: 2. Tag; III: 10. Tag; 1: Leucin; 2: Phenylalanin; 3: Valin; 4:  $\gamma$ -Aminobuttersäure; 6: Prolin; 7: Alanin; 9: Glutaminsäure; 11: Glutamin; 12: Asparagin

Abb. 5: Freie Aminosäuren im Blutungssaft nach einer Düngung vor der Blüte (20. 5. 1963); I: 1. Tag; II: 2. Tag; III: 10. Tag; 1: Leucin; 2: Phenylalanin; 3: Valin; 4:  $\gamma$ -Aminobuttersäure; 6: Prolin; 7: Alanin; 8: Threonin; 9: Glutaminsäure; 11: Glutamin; 12: Asparagin; 13: Lysin; 15: Histidin

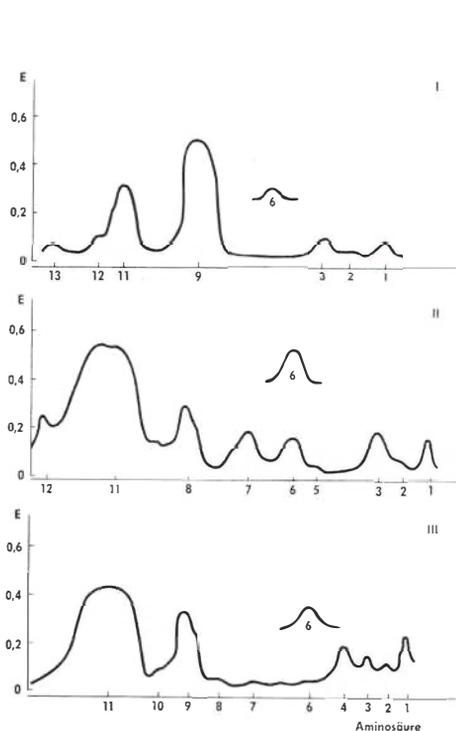


Abb. 6

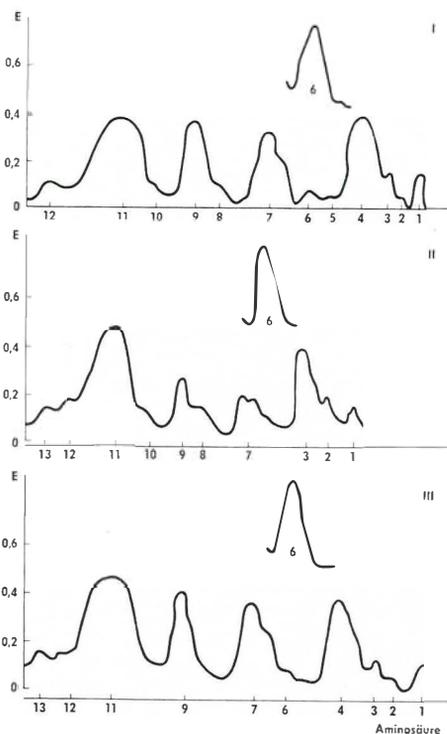


Abb. 7

Abb. 6: Densitometrische Messungen der Aminosäuren im Blutungssaft nach einer Düngung während der intensivsten Saftbewegung (20. 4. 1963); I: 1. Tag; II: 2. Tag; III: 10. Tag; 1: Leucin; 2: Phenylalanin; 3: Valin; 4:  $\gamma$ -Aminobuttersäure; 5: Tyrosin; 6: Prolin; 7: Alanin; 8: Threonin; 9: Glutaminsäure; 10: Serin + Glyzin; 11: Glutamin; 12: Asparagin; 13: Lysin

Abb. 7: Densitometrische Messungen der Aminosäuren im Blutungssaft nach einer Düngung vor der Blüte (20. 5. 1963); I: 1. Tag; II: 2. Tag; III: 10. Tag; 1: Leucin; 2: Phenylalanin; 3: Valin; 4:  $\gamma$ -Aminobuttersäure; 5: Tyrosin; 6: Prolin; 7: Alanin; 8: Threonin; 9: Glutaminsäure; 10: Serin + Glyzin; 11: Glutamin; 12: Asparagin; 13: Lysin

zeigt die Chromatogramme der Aminosäuren bei Nitratstickstoffdüngung im Blutungssaft während der stärksten Saftbewegung und Abb. 5 die Chromatogramme vor der Blütezeit. Abb. 6 und 7 geben die Diagramme der densitometrischen Messungen der Aminosäuren an denselben Chromatogrammen wieder.

Wie die Ergebnisse zeigen, wird nach der Einbringung von Nitratstickstoff während der intensivsten Blutungsperiode eine Zunahme an Aminosäuren am 2. und 10. Tag nach der Düngung festgestellt. Wird Nitratstickstoff vor der Blüte gegeben, steigt die Zahl der Aminosäuren ebenfalls an. Wiederum sind Glutamin und Glutaminsäure vorherrschend, ebenso auch  $\gamma$ -Aminobuttersäure, Alanin und Prolin (insbesondere vor der Blüte).

In der Aminosäurezusammensetzung des Blutungssaftes besteht zwischen den im Gewächshaus und den im Freiland wachsenden Reben kein wesentlicher Unterschied, obgleich die unterschiedliche Art der Anzucht zu Veränderungen in den Luft- und Bodentemperaturen sowie im Bodenfeuchtigkeitsgehalt geführt hatten.

Die aufgetretenen Unterschiede sind vermutlich auf den Vegetationsverlauf (Blutungsintensität, Knospenaustrieb, Triebwachstum und Blüte) unter dem Einfluß des Wärmefaktors zurückzuführen.

## 2. Tägliche und saisonmäßige Aminosäureveränderungen bei der Rebe.

Im Gegensatz zu früheren Untersuchungen (19, 20) wurden die täglichen Veränderungen in der Zusammensetzung des Blutungssaftes nicht in Abständen von 8, sondern hier von 6 Stunden gemessen, und zwar von 22.00 bis 4.00 Uhr, 4.00 bis 10.00 Uhr, 10.00 bis 16.00 Uhr und von 16.00 bis 22.00 Uhr. Die Ergebnisse dieser Untersuchungsreihe sind auf Abb. 8 (Chromatogramme) und auf Abb. 9 (densitometrische Messungen) wiedergegeben. Die höchste Zahl von Aminosäuren tritt zwischen 4.00 und 10.00 Uhr auf. Aus den densitometrischen Messungen ist zu schließen, daß auch der mengenmäßige Gehalt an Aminosäuren in den frühen Morgenstunden am höchsten ist. Hoch ist auch die Zahl und die Men-

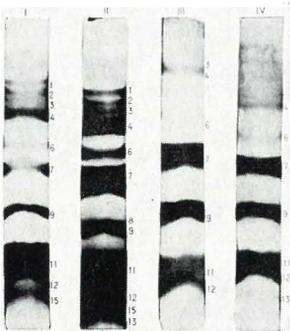


Abb. 8

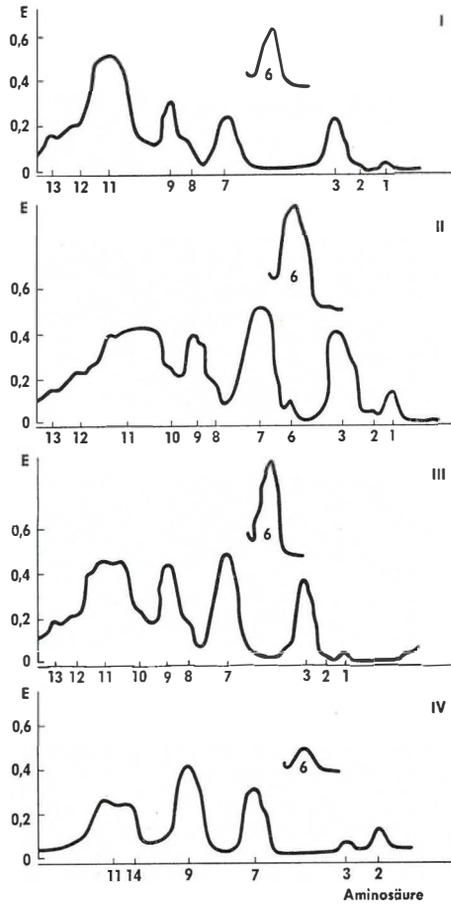


Abb. 9

Abb. 8: Dynamik der freien Aminosäuren im Blutungssaft im Laufe eines Tages (26. 4. — 27. 4. 1963); I: 22.00 — 4.00 Uhr; II: 4.00 — 10.00 Uhr; III: 10.00 — 16.00 Uhr; IV: 16.00 — 22.00 Uhr; 1: Leucin; 2: Phenylalanin; 3: Valin; 4:  $\gamma$ -Aminobuttersäure; 6: Prolin; 7: Alanin; 8: Threonin; 9: Glutaminsäure; 11: Glutamin; 12: Asparagin; 13: Lysin; 15: Histidin

Abb. 9: Densitometrische Messungen der Aminosäuren im Blutungssaft im Laufe eines Tages (26. 4. bis 27. 4. 1963); I: 22.00 — 4.00 Uhr; II: 4.00 — 10.00 Uhr; III: 10.00 — 16.00 Uhr; IV: 16.00 — 22.00 Uhr; 1: Leucin; 2: Phenylalanin; 3: Valin; 6: Prolin; 7: Alanin; 8: Threonin; 9: Glutaminsäure; 10: Serin + Glyzin; 11: Glutamin; 12: Asparagin; 13: Lysin; 14: Asparaginsäure

ge an Aminosäuren zwischen 10.00 und 16.00 Uhr. Danach nimmt die Zahl der Aminosäuren in den Nachmittagsstunden ab und erreicht ein Minimum gegen 22.00 Uhr. In den Nachtstunden (22.00–4.00 Uhr) wird eine geringe Zunahme an Aminosäuren beobachtet, wobei auch Asparaginsäure auftritt.

Von den identifizierten Aminosäuren sind Glutamin, Glutaminsäure, Alanin, Prolin, Asparagin und Valin am stärksten vorhanden.

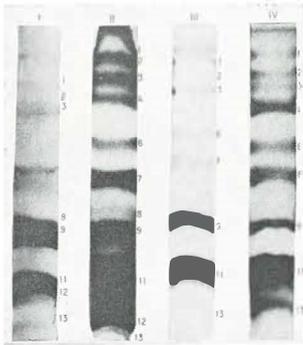


Abb. 10

Abb. 10: Freie Aminosäuren im Blutungssaft in verschiedenen Vegetationsstadien der Rebe; I: Beginn der Blutung (9. 4. 1963); II: Intensivste Blutung (22. 4. 1963); III: Länge der Sommertriebe 40–50 cm (13. 5. 1963); IV: Vollblüte (10. 6. 1963); 1: Leucin; 2: Phenylalanin; 3: Valin; 4:  $\gamma$ -Aminobuttersäure; 6: Prolin; 7: Alanin; 8: Threonin; 9: Glutaminsäure; 11: Glutamin; 12: Asparagin; 13: Lysin

Abb. 11: Änderungen im Aminosäuregehalt des Blutungssaftes in Abhängigkeit vom Wachstumsstadium der Rebe (densitometrische Messung); I: Beginn der Blutung; II: intensivste Blutung; III: Länge der Sommertriebe 40–50 cm; IV: Vollblüte; 1: Leucin; 2: Phenylalanin; 3: Valin; 5: Tyrosin; 6: Prolin; 7: Alanin; 8: Threonin; 9: Glutaminsäure; 10: Serin + Glyzin; 11: Glutamin; 12: Asparagin; 13: Lysin; 14: Asparaginsäure

Die saisonbedingten Veränderungen im Aminosäuregehalt gehen aus den Abb. 10 (Chromatogramme) und Abb. 11 (densitometrische Messungen) hervor. Ein Aminosäuremaximum tritt zur Zeit der stärksten Saftbewegung und in der Blütezeit auf.

Unter den identifizierten Stoffen weisen Glutamin, Glutaminsäure und Alanin die größte Menge auf. Einen bedeutenden Platz nehmen zu Beginn der Blutung Asparagin und Lysin, später Prolin und Valin ein.

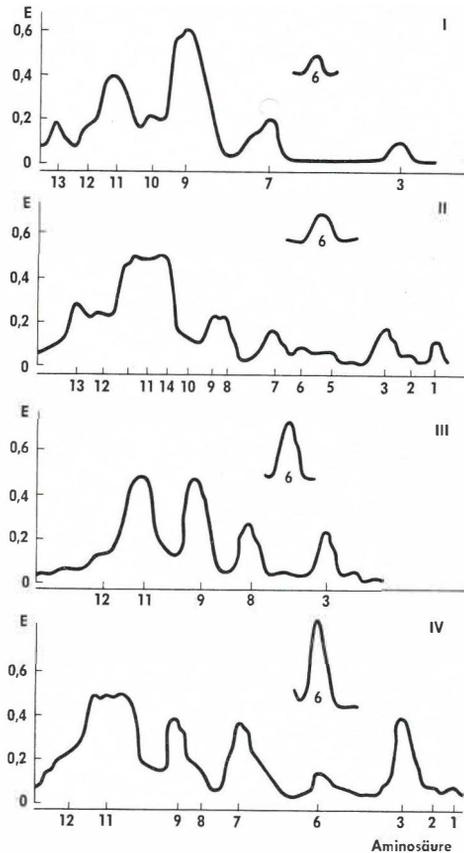


Abb. 11

### Diskussion

In den Wurzeln der Rebe findet in der zweiten Sommerhälfte und im Herbst eine Anhäufung von Nährstoffen in großen Mengen statt. Im Frühjahr, beispielsweise bis zur Blüte, erfolgt eine intensive Verlagerung der Nährstoffe zu den oberirdischen Teilen der Pflanzen. Wie unsere Untersuchungen (1) zeigten, findet die Translokation der Kohlenhydrate von den Blättern zur Wurzel und umgekehrt von den Wurzeln zu den oberirdischen Trieben mit großer Intensität statt. Die apikal gerichtete Translokation ist in hohem Grade von der Tätigkeit des Wurzelsystems abhängig. Nach Beseitigung aller oberirdischen Organe setzt das Wurzelsystem seine Tätigkeit auf Kosten der Vorratsstoffe, die in der vorangegangenen Vegetationsperiode aufgespeichert wurden, für geraume Zeit weiter fort. Versuche von A. S. MERSHANJAN (29) und K. D. STOEV (19, 20) zeigten, daß das Wurzelsystem der Rebepflanze die auf zwei Knospen zurückgeschnittenen Zapfen auf einige Monate hinaus mit Saft versorgt, in dem Zucker, Aminosäuren, organische Säuren, physiologisch wirkende Stoffe u. a. m. enthalten sind. Diese Befunde sprechen gemeinsam mit den vorliegenden Analysen des Blutungssaftes für eine bedeutende Syntheseleistung des Wurzelsystems der Rebe.

Besondere Beachtung verdient das Auftreten von Glutamin und Glutaminsäure, welche in allen Versuchsvarianten im Blutungssaft in größter Menge vorkommen.

Sowohl 1958 als auch bei der 5 Jahre später vorgenommenen Düngung (Tab. 3, Tab. 5, Abb. 3–7) waren Glutamin und Glutaminsäure im Blutungssaft vorherrschend. Daraus kann gefolgert werden, daß Glutamin und Glutaminsäure für die Synthese und den Umsatz der Aminosäuren in den Wurzeln der Rebe von sehr großer Bedeutung sind. Offenbar kommt ihnen bei der Überführung des Stickstoffes aus anorganischer in organische Form eine vorrangige Bedeutung zu.

Nach Angaben von W. L. KRETOWITSCH (36, 37, 38, 39), WARBURG (40), SUDZUKI (41) u. a. erscheint die Glutaminsäure als einer der beweglichsten Metaboliten in den Pflanzen. Sie unterliegt einer sehr raschen Oxidation, der Synthetisierung aus Ammoniak und Ketosäure (36) und schließt sich schnell in die Reaktion der Umaminierung ein. Sie dient zugleich als Donator für Aminogruppen, so daß Asparagin und Glutamin gebildet werden können.

KRETOWITSCH und JAKOWLEWA (36) haben überzeugend gezeigt, daß im Pflanzenorganismus eine Aminierung der  $\alpha$ -Ketoglutar säure durch Ammoniak stattfindet, wodurch eine intensive Synthetisierung von Glutaminsäure erfolgt. Sie haben auch nachgewiesen (39), daß die Glutaminsäure der Amidierung durch das Ammonium, der Decarboxilierung mit Bildung von  $\gamma$ -Aminobuttersäure unterliegt sowie an den Reaktionen der Umaminierung beteiligt ist. Die grundlegendste Rolle in der progressiven Metamorphose des Stickstoffes und des Aminosäureaustausches kommt nach Ansicht von PLESCHKOW, SCHMIREWA und IWANKO (42) der Glutaminsäure und ihren Folgeprodukten zu. Mittels der Umaminierungsreaktion zwischen der Glutamin- und Asparaginsäure und der Phenyl-Brenztraubensäure findet die Synthese des Phenylalanins (43) statt.

Leicht an den Vorgängen der fermentativen Umwandlung teilnehmend, erscheint die Glutaminsäure als die Quelle zur Bildung des Glykokolls (37). Die Biosynthese des Valins und Isoleucins in den reifenden Weizenähren ist mit dem Vorhandensein von Glutaminsäure und Alanin verbunden (44). Wie von W. L. KRETOWITSCH am Beispiel ihrer leichten Bildung aus dem kohlenauerer Gas der Aminobuttersäure gezeigt (45, 39), wird sie leicht aus anderen Aminosäuren gebildet.

Die neuesten Untersuchungen von S. W. DURMSCHIDZE (46) geben uns eine Vorstellung von dem Umsatz der Glutaminsäure bei der Rebe. Danach werden 60% der den oberirdischen Teilen und den Wurzeln der Rebe zugeführten  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure innerhalb von 30 Minuten in andere Aminosäuren, in organische Säuren und teilweise in Zucker (nur in den Trieben) verwandelt. Der radioaktive Kohlenstoff der Glutaminsäure ist vor allem an der Bildung von Leucin, Methionin, Phenylalanin, Äpfelsäure, Bernsteinsäure und Saccharose (nur in den Trieben) beteiligt.

Abgesehen von der großen Beweglichkeit der Glutaminsäure, fällt offensichtlich beim Umsatz der Stickstoffe im Wurzelsystem der Rebe eine wesentliche Rolle dem Glutamin zu. Dafür spricht zumindest der Umstand, daß in allen durchgeführten Versuchen und in allen Stadien der Untersuchungen das Glutamin im Blutungssaft mengenmäßig überwiegt.

Nach Angaben von KRETOWITSCH und JAKOWLEWA (36) spielt bei der Assimilation des Ammoniaks seitens der Pflanzen und seinem Einschluß in die verschiedenen organischen Stickstoffverbindungen eine erstrangige Rolle, nicht nur die unter der Einwirkung der Glutamindehydrase aus  $\alpha$ -Ketoglutarat und Ammonium synthetisierte Glutaminsäure, sondern auch das aus Glutaminsäure und Ammonium unter Teilnahme der Glutaminsynthetase außerordentlich schnell synthetisierte Glutamin. Außerordentlich bedeutsam ist, daß das Glutamin die Rolle der wichtigsten Quelle der bei der Umaminierungsreaktion mit Ketosäuren verwendeten Ammoniakgruppen spielt.

Zwischen der physiologischen Rolle des Asparagins und des Glutamins besteht nach PRJANISCHNIKOW (47) kein wesentlicher Unterschied. Nach den späteren Untersuchungen von VICKERY (48, 49) spielen jedoch beide Amide im Eiweißumsatz der Pflanzen eine bis zu einem gewissen Grade unterschiedliche Rolle, indem das Asparagin enger mit dem Abbau von Eiweiß bei Dunkelheit und mit dem Inaktivierungsprozess von Ammoniak verbunden ist, wogegen Glutamin an der Synthese von Eiweiß unter der Einwirkung des Lichtes beteiligt ist. Dieser Befund wird von anderen Autoren (50, 51, 52) bestätigt. Auch KRETOWITSCH und EVSTIGNEEWA (48) gelangten in umfangreichen Versuchsreihen zum gleichen Resultat (48, 49, 38, 39, 50), wonach Glutamin leichter in den Pflanzen synthetisiert wird, beweglicher im Stoffwechsel ist, schneller in Eiweißstoffe eingebaut wird und mengenmäßig stärker vertreten ist als Asparagin. So enthält bei Verwendung von  $^{15}\text{N}$ -Ammoniumnitrat als N-Quelle Glutamin fast das 4fache an Isotopenstickstoff als Asparagin. Des weiteren ist die  $^{15}\text{N}$ -Aktivität der Amidgruppen wesentlich höher als die der Aminogruppen. Nach Ansicht von KRETOWITSCH und EVSTIGNEEWA ist dies ein Hinweis dafür, daß der Einschluß des Ammoniaks in die Aminogruppe weniger energisch als in die Amidgruppe verläuft.

Wie KRETOWITSCH (50) vermerkt, stehen diese Ergebnisse in guter Übereinstimmung mit der Tatsache, daß die Zufuhr von Ammoniumionen in die lebenden Gewebe verschiedener Pflanzen vor allem die Bildung einer bedeutenden Menge von Glutamin bewirkt.

Unsere Untersuchungen zeigten ebenfalls, daß das Glutamin im Blutungssaft der Rebe stets in größeren Mengen auftritt als das Asparagin. Dieser Umstand dürfte als Beweis dafür gelten, daß unter normalen Wachstumsbedingungen das Glutamin in den Wurzeln der Rebe leichter gebildet wird und im Stoffwechsel der Rebe sehr aktiv ist.

Auch das Alanin spielt bei der Eiweißsynthese (51) und den biosynthetischen Prozessen der Pflanzen eine bedeutende Rolle (52). Nach Angaben von KRETOWITSCH

und GALJAS (45) tritt nach der Assimilation der Ammoniumsalze durch die Pflanze bei Umsetzungsvorgängen der anorganischen Stickstoffform in die organische neben Glutaminsäure, Glutamin, Asparaginsäure und Asparagin auch Alanin auf. BACKER und THOMPSON (53) zeigten, daß zugleich mit dem Glutamin das Alanin als die wichtigste freie Aminosäure in Chlorella erscheint. Nach Angaben von KULAWEA, SILINA und KURSANOW (54) wurden nach einer Blattdüngung mit  $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$  bei Kürbis viele Aminosäuren in den Kürbiswurzeln durch aktives C markiert, insbesondere Alanin, Glutaminsäure, Glutamin und Asparaginsäure.

Auch nach unseren Beobachtungen ist Alanin je nach den Untersuchungsterminen des Blutungssaftes in größeren Mengen vorhanden. Obgleich zur Zeit noch keine Klarheit darüber besteht, ob die Synthese des Alanins direkt über eine Aminierung der Brenztraubensäure oder indirekt über Glutamin oder anderer Aminosäuren erfolgt, kann als sicher gelten, daß im Assimilationsprozeß der Ammoniumsalze das  $\alpha$ -Alanin eine bedeutende Rolle spielt.

Wesentliche Aufschlüsse über den Metabolismus des Alanins in den Sommertrieben und den Wurzeln der Rebe vermitteln uns die Untersuchungen von S. W. DURMISCHIDZE (46). Bei Zufuhr von Alanin- $1\text{-}^{14}\text{C}$  in die Gewebe der Rebe geht der radioaktive Kohlenstoff in andere Aminosäuren, in Zucker (vorwiegend in den Sommertrieben) und in organische Säuren (vorwiegend in den Wurzeln) über. Unter den Aminosäuren wird dabei aktives Alanin- $1\text{-}^{14}\text{C}$  zum Aufbau von Asparaginsäure, Glutaminsäure, Prolin, Phenylalanin und Methionin verwendet. In den Wurzeln ist die Radioaktivität des Methionins über ein Drittel der Gesamtaktivität aller Aminosäuren. Der radioaktive Kohlenstoff des Alanins wurde ebenfalls in Glukose, Fructose, Bernsteinsäure und Glykolsäure (nur in den Sommertrieben) nachgewiesen. Den Alaninumsatz in den Sommertrieben der Rebe beeinflusst die Außentemperatur. Nach Angaben von DURMISCHIDZE wurde bei  $6^\circ\text{C}$  der radioaktive Kohlenstoff nur in die Aminosäuren eingebaut, wogegen bei  $21^\circ\text{C}$  eine große Menge des markierten Kohlenstoffes außer in Aminosäuren auch in Zucker festgestellt wurde.

Von den übrigen Aminosäuren verdient noch  $\gamma$ -Aminobuttersäure eine Erwähnung. Ihr Gehalt im Blutungssaft der Rebe hängt von einer N-Düngung, vom Tagesrhythmus und vom Vegetationszeitpunkt ab, so daß sie eine bestimmte Rolle beim Stickstoffumsatz in den Rebwurzeln spielen dürfte. Nach Ansicht von KRETOWITSCH und GALJAS (36) hängt die Abnahme des  $\gamma$ -Aminobuttersäuregehaltes mit der Synthese der Asparaginsäure und die Zunahme mit der Synthetisierung der Glutaminsäure und des Glutamins zusammen. Nach anderen Angaben von KRETOWITSCH und KOGGAN (4) führt die Zufuhr der Ketonanalogen des Valins und Isoleucins in die Weizenähren zur Synthese der  $\gamma$ -Aminobuttersäure. PLESCHKOW und FAUDEN (55) erhielten bei Gerste (Sorte B-2118) durch N-Mangel eine schroffe Abnahme des Aminosäuregehaltes, insbesondere an Asparagin- und Glutaminsäure, Serin, Asparagin und Glutamin, während P-Mangel eine Abnahme an Glutaminsäure und eine Anhäufung von Glutamin und Pipekolinsäure verursachte. Bei K-Mangel wurde dagegen eine merkbare Abnahme der Dicarbonsäuren und eine Verminderung der Amide, insbesondere des Asparagins, beobachtet. Nach PLESCHKOW, SCHMIREWA und IWANKO (56) nimmt der Aminosäuregehalt der Blätter und Wurzeln bereits 24 Stunden nach Ausschluß des Stickstoffes aus der Nährlösung merklich ab, vor allem jene Aminosäuren, die durch direkte Aminierung der organischen Säuren entstehen. Nach länger anhaltendem Stickstoffausschluß ist in den Blättern und Wurzeln ein schroffer Abfall an allen Aminosäuren und Eiweiß erkennbar.

Ein kurzfristiger, 3 bis 7 Tage andauernder Ausschluß des Phosphors und des Kaliums aus dem Nährsubstrat führen zu einem Anstieg an freien Aminosäuren in

den Pflanzen. Erst bei starkem P- oder K-Mangel nimmt der Aminosäuregehalt der Pflanzen erheblich ab. Nach KURSANOW (54) wird durch P-Mangel ein schroffer Abfall der sonst vorherrschenden Aminosäuren Alanin und  $\gamma$ -Aminobuttersäure hervorgerufen. Mit der gleichzeitigen Unterdrückung dieser Aminosäuren wird die Anhäufung einer Reihe anderer Verbindungen, vor allem von Arginin und Glutamin bewirkt.

Bei einer Ammoniak- und Nitraternährung werden nach BEKHMUCHAMEDOWA (57) in den Wurzeln des Maises rund 80% des Mineralstickstoffes in organische Stoffe umgesetzt. Dabei ist die Zahl der Aminosäuren unabhängig von der Art der N-Quelle, doch ist der Gehalt an Aminosäuren bei einer Ammoniakernährung höher. Von den im Blutungssaft des Maises vorkommenden Aminosäuren überwiegt das Alanin. Auch KALINEWITSCH und MOTSCHALOWA (58) wiesen einen Einfluß der Düngungsart, der Nährstoffform, der unterschiedlichen Einbringung auf die Synthese von freien Aminosäuren in den Wurzeln sowie ihrer Translokation in die Sproßteile der Kartoffel nach.

In den 1958 an der Rebe durchgeführten Untersuchungen ist ein spezifischer Einfluß der Düngung auf den Aminosäuregehalt des Blutungssaftes nicht festzustellen. Trotzdem ist darauf hinzuweisen, daß die Zahl der Aminosäuren nach einer Düngung mit K, NP, NK, PK und NPK zunimmt. Beispielsweise steigt am ersten Tage nach der Düngung die Zahl der Aminosäuren bei Verabreichung von K, NK und PK wesentlich an. Am zweiten Tage nach der Düngung tritt eine bedeutende Zunahme an verschiedenen Aminosäuren nach Einbringung von NPK ein. Am fünften Tage erfolgt die Zunahme in der NK- und am zehnten Tage in der NP-Variante. Noch schwieriger ist es, einen spezifischen Einfluß der Düngerart auf die Synthese der einzelnen Aminosäuren nachzuweisen. Wenn wir als Beispiel das Glutamin und die Glutaminsäure nehmen, deren Gehalt bedeutenden Änderungen unterworfen ist, so erfolgt die höchste Zunahme an Glutamin am ersten Tage nach einer K-Düngung und am zweiten Tage nach N-, NP- und NPK-Gaben. Der höchste Glutaminsäuregehalt wurde im Blutungssaft der mit NP gedüngten Rebpflanzen festgestellt.

In den später (1963) angestellten Versuchen bewirkte die Einbringung von Ammoniumnitrat eine beachtliche Steigerung des Glutamingehaltes am zweiten und zehnten Tag nach der Düngung. Bei der Glutaminsäure wird das Maximum am ersten Tage nach der Düngung beobachtet. Eine wesentliche Steigerung ist auch bei Prolin, Alanin und der  $\gamma$ -Aminobuttersäure feststellbar. Die Einbringung von Ammoniumnitrat bewirkt mithin vornehmlich eine mengenmäßige Änderung jener freien Aminosäuren, die gegenüber Ammoniak im Nährsubstrat am empfindlichsten sind.

Wesentlichen Änderungen ist der Aminosäuregehalt auch während der verschiedenen Vegetationsstadien unterworfen. Zu Beginn der Saftbewegung werden nur sieben Aminosäuren, und zwar Valin, Prolin, Alanin, Glutaminsäure, Serin + Glyzin, Glutamin, Asparagin und Lysin nachgewiesen. Mit erhöhter Blutungsintensität, wenn gleichzeitig der Knospenaustrieb und das Wachstum neuer Wurzeln einsetzt, nimmt die Zahl der Aminosäuren um Phenylalanin, Leucin, Tyrosin, Threonin und Asparaginsäure zu. Es müssen sich folglich vom Beginn der Saftbewegung bis zur intensivsten Saftströmung irgendwelche Prozesse vollzogen haben, die eine derartige Veränderung im Aminosäurebestand hervorriefen. Nach früheren Untersuchungen (1) findet zur gleichen Zeit in den Rebwurzeln eine sehr intensive Hydrolyse der Stärke und ihre Translokation in die oberirdischen Pflanzenteile statt. Offensicht-

lich wird ein Teil des dabei gebildeten Zuckers glykolytisch in den Wurzeln abgebaut und zur Aminosäuresynthese verwendet.

Zur Zeit der intensivsten Saftbewegung tritt auch die  $\gamma$ -Aminobuttersäure auf, der gegenwärtig eine große Beachtung geschenkt wird, zumal festgestellt wurde, daß ihr neben dem Glutamin und der Glutaminsäure im Assimilationsprozeß des Ammoniums und der Synthese der verschiedenen Aminosäuren wie auch anderer Stickstoffverbindungen eine erstrangige Bedeutung zukommt (39, 41).

In dem darauffolgenden Entwicklungsstadium der Rebe (Triebblänge 40–50 cm und Vollblüte) wird eine weitere Zunahme des Glutamins, der Glutaminsäure, des Alanins und Prolins beobachtet. Die saisonmäßigen Veränderungen der Aminosäuren in den Pflanzen wurden von einer Reihe von Autoren studiert. PLESCHKOW und FAUDEN (55) haben gefunden, daß mit zunehmendem Altern bei der Gerste der Gesamtgehalt an freien Aminosäuren, insbesondere Asparaginsäure, merklich abnimmt, während der Gehalt an Asparagin und  $\gamma$ -Aminobuttersäure verhältnismäßig zunimmt. Im Blutungssaft 26–28 Tage alter Kürbispflanzen fand KURSANOW (7, 54) 18 Aminosäuren. PLESCHKOW, SCHMIREWA und IWANKO (42) haben auch in den Blättern von Bohnenpflanzen und in Maiswurzeln eine stete, vom Wachstumsverlauf abhängige Veränderung an freien Aminosäuren festgestellt. Sehr labil verhielten sich Asparagin- und Glutaminsäure, Alanin, Serin und Glycin. Wie bereits erwähnt, wurden in den Untersuchungen von STOEV (19, 20) und DURMISCHINZE bedeutende Veränderungen im Aminosäuregehalt in Abhängigkeit zum jeweiligen Vegetationsstadium der Rebe festgestellt.

Seit langem ist ein bestimmter Tagesrhythmus der Blutung beobachtet worden. In den Versuchen von MOKRONOSSOW (59) bei Kartoffeln und von K. D. STOEV (19, 20) bei Reben wurden des weiteren Tagesschwankungen in der Aminosäurezusammensetzung des Blutungssaftes gefunden. Diese Rhythmik wird als Ausdruck einer phylo- und ontogenetischen Anpassung der Pflanzen an die periodischen Veränderungen der Umweltbedingungen angesehen (60). Nach Ansicht anderer Autoren (61, 62) hängt die Blutungsrhythmik aber mit Veränderungen in der Atmungsintensität des Wurzelsystems zusammen. So hat z. B. TRUBEKOWA (63) festgestellt, daß Pflanzen, die einen Blutungsrhythmus aufweisen, auch eine entsprechende Atmungs-rhythmik des Wurzelsystems erkennen lassen. Umgekehrt wird bei Pflanzen, die keine bestimmte Blutungsrhythmik aufweisen, auch keine Atmungs-rhythmik der Wurzeln beobachtet. Alle 15–30 Minuten erfolgt nach GUNAR und Mitarbeiter (64) eine Veränderung in der Blutungsintensität. Dieser Umstand läßt den Schluß zu, daß in der Tätigkeit des Wurzelsystems eine gewisse Pulsation besteht. Nach Ansicht dieser Autoren ist die Pulsation besonders in jenen Fällen eindeutig, in denen die Pflanze keinen rhythmischen Saftfluß im Verlaufe eines Tages aufweist.

Bei der Untersuchung des zu verschiedenen Tagesstunden gesammelten Blutungssaftes wurde beobachtet, daß die höchste Aminosäurezahl und der höchste mengenmäßige Gehalt an Aminosäuren bereits um 4.00 Uhr morgens auftritt und das Maximum gegen 16.00 Uhr erreicht wird. Zugleich mit den einfachen Aminosäuren (Glutaminsäure, Alanin, Glutamin) fanden wir in großen Mengen auch Prolin, Valin und Leucin. Nach 4.00 Uhr sind nur noch die primären Aminosäuren in genügenden Mengen feststellbar, während die sekundären, wie Valin, Prolin merklich abnehmen. Im Vergleich zu den Nachmittagsstunden wird in den Nachtstunden von 22.00 Uhr bis 4.00 Uhr von neuem eine Zunahme des Valins, Glutamins und des Prolins beobachtet. Aller Wahrscheinlichkeit nach dürfte dies darauf zurückzuführen sein, daß die synthetisierende Tätigkeit des Wurzelsystems etwa um 4.00 Uhr

morgens einsetzt. Das Maximum des Aminosäuregehaltes lag zwischen 4.00 Uhr morgens bis 16.00 Uhr nachmittags (12 Aminosäuren). Im Blutungssaft der Nachmittagsstunden wurde kein Phenylalanin, Threonin, Lysin und Asparagin nachgewiesen.

Es ist interessant, daß während der intensivsten Saftströmung weder die Zahl noch die Menge an freien Aminosäuren irgendeinem diurnalen Rhythmus unterworfen sind.

### Zusammenfassung

1. Das Wurzelsystem der Weinrebe besitzt das Vermögen, Amide und Aminosäuren zu synthetisieren. Im Blutungssaft von Reben ohne Sommertriebe und Blätter wurde im Laufe dreier Monate eine unterschiedliche Aminosäurezahl festgestellt, die Tagesschwankungen unterliegt, vom Vegetationsstadium abhängig ist und durch die Düngung beeinflusst wird. Unter den identifizierten Aminosäuren und Amidn kamen im Blutungssaft stets Glutamin, Glutaminsäure, Valin, Alanin, Prolin, Asparagin und Lysin vor. In Einzelfällen traten auch  $\gamma$ -Aminobuttersäure, Leucin, Glykokoll, Serin, Threonin, Histidin und Phenylalanin auf. In größten Mengen wurden jedoch in allen Fällen Glutamin und Glutaminsäure nachgewiesen, was uns zur Annahme berechtigte, daß sie für die Synthese und den Umsatz der Aminosäuren in den Rebwurzeln von großer Bedeutung sind. Offenbar kommt ihnen eine erstrangige Bedeutung bei der Überführung des Stickstoffes von anorganischer in organische Form sowie bei der Translokation in die oberirdischen Organe der Pflanzen zu.
2. Unter dem Einfluß der Düngung wird die Syntheseleistung der Rebwurzeln erhöht, wofür die Zunahme an Aminosäuren, ihr mengenmäßiger Gehalt sowie der Gehalt an Gesamt- und Aminostickstoff im Blutungssaft sprechen. Die höchste Aminosäurezahl wird zwischen dem 2. und 5. Tag nach der Düngung beobachtet, um danach abzunehmen. Besonders schroff verringert sich der Aminosäurebestand am 10. Tage nach der Düngung, als ob zu dieser Zeit ein Abklingen in der Aufnahme und in der Umsetzung der Mineralstoffe eintritt. Besser ausgeprägt war diese Erscheinung in den 1959 angestellten Versuchen und weniger deutlich wurde sie während der 1963 durchgeführten Versuche beobachtet.
3. Der Nachweis einer spezifischen Äußerung der Synthesefunktionen des Wurzelsystems unter dem Einfluß der Düngung ist schwierig. Noch schwieriger ist es, einen spezifischen Einfluß der Düngerart auf die Synthese der einzelnen Aminosäuren festzustellen. Es wurde nur beobachtet, daß die Aminosäurezahl vor allem nach einer Düngung mit N, K, P, NK, PK und NPK merklich zunimmt, weshalb diese Frage einer weiteren Bearbeitung bedarf.
4. Eine unzulängliche Klärung erhielt auch die Frage über den Einfluß des Wassers und der Temperatur auf die Syntheseleistung der Wurzeln.

### Literaturverzeichnis

1. STOEV, K. D.: Physiologische Grundlagen der Umsetzung der Kohlenhydrate in den Rebpflanzen. Jb. Univ. Sofia 26, 545—624 (1947/48).
2. SCHMUK, A., A. SMIRNOW und G. ILJIN: Nikotinbildung in auf Tabak gepropften Pflanzen. Votr. Akad. Wiss. UdSSR 32, 363—368 (1941).
3. ILJIN, G. S.: Alkaloidsynthese in isolierten Tabakedelreisern. Votr. Akad. Wiss. UdSSR 59, 1325—1328 (1948).

4. — — : Über die Gesetzmäßigkeiten der Alkaloidbildung in gefropften Tabakpflanzen. Probleme der Biochemie in der Biologie Mitschurins, Sammelbd. 1, 169—187 (1949).
5. LASCHUK, G. I.: Bedeutung einzelner Teile des Wurzelsystems für die Synthese von Alkaloiden bei den Nicotiana-Arten. Vortr. Akad. Wiss. UdSSR 64, 405—408 (1949). — Veränderungen in der Dominanz des Merkmals Alkaloidität bei den zwischenartigen Hybriden von Nicotiana. Vortr. Akad. Wiss. UdSSR 70, 265—268 (1950).
6. MOTHES, K. A.: Ann. Rev. Plant Physiol. 6 (1955).
7. KURSANOW, A. L., O. F. TUEWA und A. G. WERESTAGIN: Der Kohlenhydrat-Phosphor-Umsatz und Aminosäuresynthese in Kürbiswurzeln (*Cucurbita pepo*). Pflanzenphysiol. 1, 12—20 (1954).
8. — — : Kreislauf der organischen Stoffe in den Pflanzen und Tätigkeit des Wurzelsystems. Probleme d. Bot. 1, 129—153 (1954).
9. — — : Das Pflanzenwurzelsystem als Stoffwechselorgan. Mitt. Wiss. UdSSR 6, 689—705 (1957).
10. ПОТАПОВ, N. G.: Die Wurzel als Organ der Synthese höherer organischer Verbindungen. Vortr. Kongr. Allunion Bot. Ges. 2, 100—103 (1957).
11. — — und E. GSEH: Die Gesetzmäßigkeiten der Blutung und der Stickstoffumwandlung in der Wurzel. Acta Bot. Acad. Sci. Hung. (Budapest) 1/2, 147—157 (1955).
12. SABININ, D. I.: Über die Bedeutung des Wurzelsystems in den Lebensvorgängen der Pflanzen. Akad. Wiss. UdSSR, S. 48 (1949).
13. — — : Physiologische Grundlagen der Pflanzenernährung. Akad. Wiss. UdSSR, S. 512 (1955).
14. WOLFGANG, H. und K. MOTHES: Papierchromatographische Untersuchungen an pflanzlichen Blutungssäften. Naturwiss. 40, 606 (1953).
15. REUTER, G. und H. WOLFGANG: Vergleichende Untersuchungen über den Charakter der Stickstoffverbindungen von Baumblutungssäften bei Betulaceen und anderen Holzarten. Flora 142, 146—155 (1954).
16. ТУРТСХИН, F. W., M. A. ГУМИСКАЈА und E. T. ПИСЧЕВСКАЈА: Über die Schnelligkeit der Eiweiß- und Chlorophyllerneuerung bei höheren Pflanzen. Mitt. Akad. Wiss. UdSSR, Schriftenr. Biol. 6, 66—78 (1953). — Markierte Atome bei Untersuchungen der Pflanzenernährung und beim Düngereinsatz. Akad. Wiss. UdSSR, 47—58 (1955).
17. PLESCHKOW, B. P., T. W. SCHMIREWA und S. IWANKO: Über die Intensität des Aminosäureumsatzes in den Pflanzen. Biochemie 24, 408—413 (1959).
18. KURSANOW, A. L.: Wechselbeziehungen der physiologischen Prozesse der Pflanzen. Akad. Wiss. UdSSR, S. 44 (1960).
19. STOEV, K., P. MAMAROV und I. B. BENCEV: Chromatographische Analyse der Zucker und freien Aminosäuren im aufsteigenden und absteigenden Saftstrom der Rebe. Wiss. Arb. Landwirtschaft. Hochschule „Georgi Dimitroff“ 8, 371—406 (1959).
20. — — : Chromatographische Analyse der Zucker und freien Aminosäuren im Blutungssaft der Weinrebe.
21. DURMISCHIDZE, S. W. und O. T. HATSCHIDZE: Die freien Aminosäuren in der Weinrebe. Vortr. IX. Intern. Kongr. Bot., Montreal 8, 19—29 (1959).
22. — — und — — : Biosynthese der Aminosäuren in den Wurzeln der Weinrebe. Mitt. Akad. Grus. SSR 24 (5), 533—540 (1960).
23. STOEV, K. D., P. T. MAMAROV und I. B. BENCEV: Zucker und freie Aminosäuren zur Zeit der Reifung und der Ruhe der Rebe. Pflanzenphysiol. 7, 145—150 (1960).
24. — — , — — und — — : Einfluß der Düngung auf den aufsteigenden Strom der Rebe. Vortr. Akad. Wiss. UdSSR 125, 1367—1370 (1959).
25. TSCHKUASSELLI, T. JA. und K. M. TARASSASCHWILI: Aneurin- und Riboflavidynamik im Blutungssaft der Weinrebe. Wiss. Arb. Tbilissi Bot. Inst. 20, 182—185 (1959).
26. HATSCHIDZE, W. S.: Vitamingruppen B in der Weintraube und der Rebe. Wiss. Arb. Inst. f. Gartenbau, Weinbau u. Weinbereitung Akad. Landwirtschaft. Grus. SSR 11, 455 (1957).
27. DURMISCHIDZE, S. W.: Gerbstoffe und Anthozyane der Rebe und der Weine. Akad. Wiss. UdSSR, 325 (1955).
28. TAWADZE, P.: Intensität der Blutungssaftabsonderung der Rebe und die Zusammensetzung seiner Mineralstoffe während des jährlichen Entwicklungszyklus. Wiss. Arb. Inst. f. Weinbau und Weinbereitung Akad. Wiss. Grus. SSR 3, 121—123 (1946).
29. MERSHANJAN, A. S.: Weinbau, Moskau, Selchosgiz, 388 S. (1939).
30. GUILLON, J. M.: Etude générale de la vigne, Paris (1905).
31. MANZONI, L.: Riv. Viticolt. e Enol. 6, 67—68 (1953).
32. MAMAROV, P. T.: Physiologische Veränderungen im Edelreis der Rebe unter dem Einfluß der Unterlage. Wiss. Arb. Inst. f. Weinbau und Weinbereitung Pleven 2, 251—259 (1959).
33. CRAMER, F.: Papierchromatographie. Springer Verl., Berlin, 3. Aufl. (1954).
34. HOLS, I. M. und MACEK: Papirova chromatografia, Praha (1954).

35. PETRIE, A. and I. WOOD: Studies on the nitrogen metabolism of plants. I. The relation between the content of proteins, amino acids and water in the leaves. *Ann. Bot.* 2, 33 (1938).
36. KRETOWITSCH, W. L. und W. I. JAKOWLEWA: Synthese der Glutaminsäuren aus dem Alpha-Ketoglutarat in den Pflanzen. *Vortr. Akad. Wiss. UdSSR* 116, 455—458 (1957).
37. — — : Biosynthese der Dicarbon-Aminosäuren und die fermentative Umwandlung der Amide in den Pflanzen. *Mitt. Akad. Wiss. UdSSR, Schriftenr. Biol.* 23, 129—143 (1958).
38. — — , Z. G. EWSTIGNEEVA, K. B. ASSEEWA und I. SAWKINA: Über die Stickstoffe im Blutungs-saft von Kürbis. *Pflanzenphysiol.* 6, 13—20 (1959).
39. — — und W. I. JAKOWLEWA: Biosynthese der Glutaminsäure und des Glutamins der Erbsen- und Weizenkeimlinge. *Pflanzenphysiol.* 6, 165—170 (1959).
40. WARBURG, O., H. KLOFSCH und G. KIPPAHL: Glutaminsäure-Decarboxylase in Chlorella. *Naturwiss.* 44, 235 (1957).
41. SUZUKI, T., A. MAEKAWA und T. HASEGAWA: Formation of  $\alpha$ -glutamic acid from  $\gamma$ -aminobutyric acid by plant enzyme. I. Interconversion of  $\alpha$ -ketoglutaric- $\gamma$ -amin butyric transaminase and  $\alpha$ -glutamic acid decarboxylase preparation in plants. *Bull. Agric. Chem. Soc. Japan* 22, 39—46 (1958).
42. PLESCHKOW, B. P., T. W. SCHMIREWA und S. IWANKO: Über die Intensität des Aminosäureumsatzes in den Pflanzen. *Biochemie* 24, 408—413 (1959).
43. KRETOWITSCH, W. L. und S. W. USPEKAJA: Die Phenylalanin-Synthese aus Phenylbrenztraubensäure in Homogenaten aus Erbsenkeimlingen. *Biochemie* 23, 248—253 (1958).
44. — — und Z. S. KOCAN: Valin- und Isoleuzin-Biosynthese in anreifenden Weizenähren. *Biochemie* 24, 717—722 (1959).
45. — — und Z. GALJAS: Aminosäuresynthese aus Oxalessigsäure und Brenztraubensäure in Gerstenkeimlingen. *Vortr. Akad. Wiss. UdSSR* 130, 1144—1147 (1960).
46. DURMISHIDZE, S. W.: Intermediary metabolism of glycine, alanine and glutamic acid in plants. *Acad. Sci. Georg. SSR* (1964).
47. PRJANISCHNIKOW, D. N.: Ausgewählte Werke. II. Der Stickstoff im Pflanzenleben und im Ackerbau. Moskau, Selhosgiz, 520 S. (1959).
48. VICKERY, H. B., G. W. PUCHER, A. I. WAKEMAN and C. S. LEAVENWORTH: *Bull. Conn. Agr. Expt. Stat.* 339, 757
49. — — , — — , — — , and — — : *Bull. Conn. Agric. Expt. Stat.* 495, 5 (1946).
50. STEWARD, F. C. and H. E. STREET: *Ann. Rev. Biochem.* 16, 41—71 (1947).
51. — — and S. PRESTON: *Plant Physiol.* 15, 23 (1940).
52. — — and J. F. THOMSON: *Ann. Rev. Plant Physiol.* 1, 233 (1950).
53. KRETOWITSCH, W. L. und Z. G. EWSTIGNEEWA: Eiweiß-Synthese aus dem Asparagin und Glutamin in Weizenkeimlingen. *Vortr. Akad. Wiss. UdSSR* 93, 879—881 (1953).
54. KRETOWITSCH, W. L., Z. G. EWSTIGNEEWA und E. G. PLISCHESKAJA: Biosynthese der Amide in den Pflanzen aus markiertem Ammoniak. *Vortr. Akad. Wiss. UdSSR* 109, 1001—1004 (1956).
55. — — : *Biochemie der autotrophen Stickstoffassimilation der Pflanzen. Mitt. Akad. Wiss. UdSSR, Schriftenr. Biol.* 27, 668—684 (1962).
56. — — und A. A. BUNDEL: Die Alaninbildung in den Pflanzen durch direkte Aminierung der Brenztraubensäure. *Vortr. Akad. Wiss. UdSSR* 74, 107—110 (1959).
57. SCHILOW, E. A. und A. A. JASSNIKOW: Über die Teilnahme des Alanins an den biosynthetischen Prozessen der Pflanzen. *Vortr. Akad. Wiss. UdSSR* 124, 459—461 (1959).
58. BAKER, I. E. and J. E. THOMPSON: *Proc. IX. Internat. Bot. Congr. Montreal* 14 (1959).
59. KULAEWA, O. N., E. N. SILINA und A. L. KURSANOW: Wege der primären Aufnahme des Ammoniumstickstoffes in den Kürbiswurzeln. *Pflanzenphysiol.* 4, 520—528 (1957).
60. PLESCHKOW, B. P. und L. FAUDEN: Aminosäuregehalt und -bestand der Eiweiße in Gerstenblättern in Abhängigkeit von der Mineraldüngung. *Mitt. Akad. Landwirtsch. Timirjasew. Moskau* 5, 95—112 (1959).
61. — — , T. B. SCHMIREWA und S. IWANKO: Veränderungen im Gehalt an freien Aminosäuren in Maisblättern und -wurzeln in Abhängigkeit von der Pflanzenernährung. *Pflanzenphysiol.* 6, 668—678 (1959).
62. BEKMUCHAMEDOWA, N. B.: Synthetische Tätigkeit des Maiswurzelsystems bei Ammoniak- und Nitraternährung. *Pflanzenphysiol.* 8, 75—78 (1961).
63. KALINKEWITSCH, A. F. und A. D. MOTSCHALOWA: Einfluß der Mineralernährung auf die Zufuhr freier Aminosäuren in die Kartoffelstengel. *Pflanzenphysiol.* 8, 582—586 (1961).
64. MOKRONOSOW, A. T., L. B. IWANOWA und P. W. ZOLNIKOWA: Aminosäuresynthese in den Kartoffelwurzeln zu verschiedenen Tagesstunden und bei verschiedenen Photoperioden. *Vortr. Kongr. Allunion Ges. f. Bot.* 2, 105—107 (1957).

65. BARANEZKIJ, O.: Über die Periodizität der „Blutung“ bei Graspflanzen und die Ursachen dieser Periodizität (nach GUNAR) *Z. f. Biol.* (1872).
66. GROSSENBACHER, K. A.: Diurnal fluctuation in root pressure. *Plant Physiol.* 13, (1938) (nach GUNAR).
67. TRUBEZKOWA, O. M. und I. T. SCHIDLOWSKAJA: Studium der Tätigkeitsperiodizität des Wurzelsystems im Tagesverlauf. *Wiss. Arb. Inst. f. Pflanzenphysiol. Akad. Wiss. UdSSR* 7, 273—290 (1951).
68. — — : Die periodische Tätigkeit des Wurzelsystems im Verlaufe des Tages und der „Blutungs“-Mechanismus der Pflanzen. *Votr. Kongr. Allunion Ges. f. Bot.* 2 (1957).
69. GUNAR, I. I., E. E. KRASINA und A. E. PETROV-SPIRIDONOW: Rhythmik in der Aufnahme und Absonderungstätigkeit der Wurzeln. *Mitt Akad. Landwirtsch. Timirjasew. Moskau* 4, 181—206 (1957).

Eingegangen am 5. 7. 1965

Prof. Dr. K. D. STOEV  
Akad. Landw.-Wissenschaften  
Bul. 'Dragan Zankow' 6  
Sofia  
Bulgarien