

Untersuchungen zur Stoffproduktion der Rebe unter dem Einfluß wechselnder Bodenwasserversorgung

von

W. HOFÄCKER

Investigations on the substance production of vines under the influence of changing soil water supply

S u m m a r y. — In pot trials, growth, formation of dry matter and the carbohydrate content of leaves, shoots and roots of the cultivars Aris and Müller-Thurgau as well as the yield of plants with and without grapes were investigated under the influence of changing soil water supply.

- 1) Decreasing soil water supply leads to a significant, variety-dependent diminution of the shoot growth and that of the cv. Aris from 3.2 cm/d to 0.7 cm/d and of the cv. Müller-Thurgau from 1.5 cm/d to 0.3 cm/d (vegetative growing plants) and from 1.6 cm/d to 0.2 cm/d (grape-bearing plants), respectively.
- 2) In contrast to the shoot growth the root growth is even partly stimulated by a reduced water supply, thus the shoot : root ratio being changed.
- 3) By decreasing water supply the dry weights of leaves and shoot axes of plants with grapes are more reduced than those of plants without grapes.
- 4) The formation of dry matter per unit water supply increases according to decreasing soil moisture.
- 5) Comparable to the formation of dry matter of the shoots, the yield of grapes is diminished with decreasing water supply from 59.1 g to 37.9 g/plant. However, the sugar content of the berries shows no significant differences related to the water supply, whereas the total acid is decreased from 12.3 g/l to 7.6 g/l.
- 6) The total carbohydrate production of grape-bearing plants is higher on all levels of the water supply than that of the vegetative growing plants. However, the carbohydrate quantities in the vegetative organs of grape-bearing plants diminish on all levels of the water supply.
- 7) The portion of glucose and fructose in the total carbohydrate content is significantly higher in leaves than in shoot axes and roots. The percentage of glucose and fructose in the total carbohydrate content of leaves increases by water deficiency in vegetative growing plants from 58 % to 73 % and in grape-bearing plants from 72 % to 92 %. The ratio glucose and fructose:starch is not significantly changed in shoot axes and roots either by water deficiency or by the presence of a grape.

The results are discussed in view of different responses of plants with and without grapes to water deficiency, with special regard to growth, substance formation and water utilization referring to photosynthesis.

1. Einleitung

Die Bedeutung der Bodenwasserversorgung für die Ertragsbildung und Ertragssicherung ist evident. In vorausgegangenen Arbeiten (HOFÄCKER 1976 a, b) wurde über den Fruchtansatz, das Beerenwachstum, den Ertrag, die Qualität sowie die Reaktion der Photosynthese bei wechselnder Bodenfeuchte berichtet. Anhand der nun vorliegenden Ergebnisse zur Stoffproduktion der Rebe soll die Frage beant-

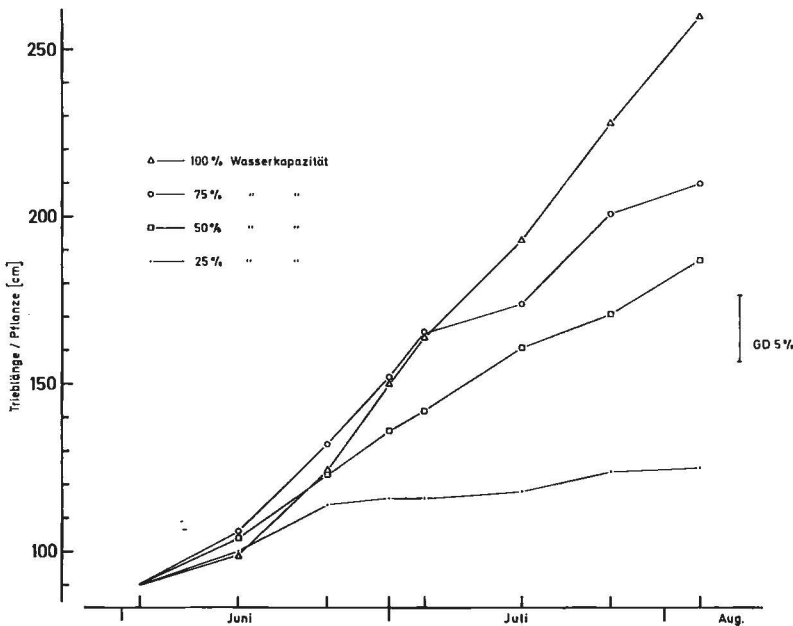


Abb.1: Das Triebwachstum der Rebsorte Aris in Abhängigkeit von der Wasserversorgung (1975)

Shoot growth of the cv. Aris in dependence upon water supply (1975)

wortet werden, inwieweit Wachstum, Trockensubstanzbildung und Kohlenhydratgehalt bei traubentragenden und vegetativ wachsenden Reben unter wechselnder Bodenwasserversorgung beeinflusst werden.

2. Material und Methoden

Die Versuche wurden an 1jährigen Stecklingen der Rebsorte Aris und an Grünstecklingen der Sorte Müller-Thurgau vorgenommen, die in einer Pflanzerdemischung aus Braunerde, Torf und Quarzsand (4 : 1 : 0,5) eingepflanzt waren und im Gewächshaus unter einheitlichen Bedingungen kultiviert wurden. Die Düngung mit 2 g Hakaphos/Pflanze erfolgte im 4wöchigen Turnus. Nach der Bestimmung der Bodenwasserkapazität (SCHLICHTING und BLUME 1966) wurde in 2- bis 3tägigem Abstand das Sollgewicht der einzelnen Kulturgefäße kontrolliert und durch Wassergaben unter Berücksichtigung des Zuwachses auf die festgelegten Bodenfeuchtestufen hin korrigiert. Zur Vereinfachung wurden zwischenzeitlich Standardwassermengen verabreicht. Über die Versuchszeit hinweg wurde das Trieb­längenwachstum gemessen, am Versuchsende die Trockensubstanzbildung von Blatt, Sproßachse (einschließlich Blattstiel), Wurzel und Traube ermittelt. Aufschluß¹⁾, Extraktion und Bestimmung der Kohlenhydrate aus Blatt, Sproßachse und Wurzel erfolgten in Anlehnung an eine Vorschrift der Boehringer GmbH (ANONYM 1972) sowie DIETZ und

¹⁾ Das Mahlen des Probematerials konnte dankenswerterweise bei der LA für Bienenkunde durchgeführt werden.

Tabelle 1

Trieb­längen­zu­wachs und tägliche Wachstumsrate der Rebsorten Aris und Müller-Thurgau in Abhängigkeit von der Wasserversorgung (1975)

Increase in shoot length and daily growth rate of the cvs. Aris and Müller-Thurgau in dependence upon water supply (1975)

Wasserver- sorgung % WK	Wasserver- brauch l/Pflanze	Triebzuwachs cm	
		\bar{x})	täglich
Aris ohne Trauben			
100	10,6	170,1	3,2
75	7,5	120,3	2,3
50	4,3	95,4	1,8
25	0,9	34,5	0,7
Müller-Thurgau ohne Trauben			
100	14,8	80,4	1,5
60	4,4	33,9	0,6
30	2,2	12,6	0,3
Müller-Thurgau mit Trauben			
100	16,2	84,6	1,6
60	5,0	20,9	0,4
30	2,1	9,3	0,2

) Untersuchungszeitraum: Aris: 2. 6 — 4. 8. 1975,
Müller-Thurgau: 28. 8. — 21. 10. 1975.

HELD (1974). Die Zucker- und Säurebestimmung des Mostes wurde nach HENNIG und JAKOB (1973) vorgenommen.

3. Ergebnisse

Wie aus Abb. 1 an der Sorte Aris zu erkennen ist, führt eine abnehmende Bodenwasserversorgung zu einer signifikanten Verminderung des Trieb­längen­wachstums; dies gilt sowohl für das Gesamttriebwachstum als auch für die täglichen Wachstumsraten, die von 3,2 cm bei 100 % Wasserkapazität (WK) bis auf 0,7 cm bei 25 % WK abnehmen (vgl. Tabelle 1). Die Wachstumsgeschwindigkeit der Pflanzen hat sich nach längstens 2 Wochen den vorliegenden Bodenfeuchtebedingungen angepaßt.

Gleiche Reaktionen des Trieb­längen­wachstums auf Wassermangel zeigt bei einer allgemein geringeren Wachstumsintensität auch die Sorte Müller-Thurgau: Die tägliche Triebzuwachsrate nimmt von 1,5 cm (vegetativ wachsende Pflanzen) bzw. 1,6 cm (traubentragende Pflanzen) bei einer WK von 100 % auf 0,3 cm bzw. 0,2 cm bei einer WK von 30 % ab (Tabelle 1). Verglichen mit der Sorte Aris, reagiert die Sorte Müller-Thurgau bereits bei geringem Wassermangel (60 % WK) mit einer stärkeren Wachstumsreduktion. Des weiteren ist auffallend, daß durch Wasser-

Tabelle 2

Signifikanz der Trockengewichte von Blatt, Sproßachse und Wurzel vegetativ wachsender Pflanzen der Rebsorte Aris in Abhängigkeit von der Wasserversorgung (1975)

Significance of the dry weights of leaves, shoot axes and roots of vegetative growing plants of the cv. Aris in dependence upon water supply (1975)

Wasser- versorgung % WK	75			50			25		
	B	S	W	B	S	W	B	S	W
100	—	—	—	+	+	—	+	+	+
75				+	+	—	+	+	+
50							+	+	+

B: Blatt
 S: Sproßachse
 W: Wurzel
 +: Differenz signifikant bei P = 1 %.

mangel das Trieb­längenwachstum traubentragender Pflanzen noch stärker gehemmt wird als das der vegetativ wachsenden Pflanzen.

Zu Versuchsende wurde das Trockengewicht von Blatt, Sproßachse, Wurzel und Traube ermittelt. Wie aus Abb. 2 und 3 ersichtlich ist, sind die Reaktionen des Sprosses auf Wassermangel wesentlich ausgeprägter als die der Wurzel. So verringert sich das Sproßtrockengewicht der Sorte Aris von 28,3 g bei 100 % WK auf 8,6 g bei 25 % WK. Für Müller-Thurgau (vegetativ wachsende Pflanzen) betrug die Trockensubstanzreduktion maximal 11,3 g (23,5 g bei 100 % WK und 12,2 g bei 30 % WK) und bei traubentragenden Pflanzen 17,4 g (34,6 g bei 100 % WK und 17,2 g bei 30 % WK). Die statistische Absicherung ist in den Tabellen 2 und 3 wiedergegeben.

Bei der Wurzel ist erst mit extremer Trockenheit (Aris 25 % WK, Müller-Thurgau 30 % WK) eine schwache Hemmung, hingegen bei geringerem Wassermangel (Aris 75 % und 50 % WK, Müller-Thurgau 60 % WK) sogar eine schwache Förderung der Trockensubstanzbildung zu erkennen. Die Depression des Wurzelwachstums bei starker Trockenheit kann auf eine

Abb. 2: Trockensubstanzbildung der Rebsorte Aris in Abhängigkeit von der Wasserversorgung (1975)

Formation of dry matter of the cv. Aris in dependence upon water supply (1975)

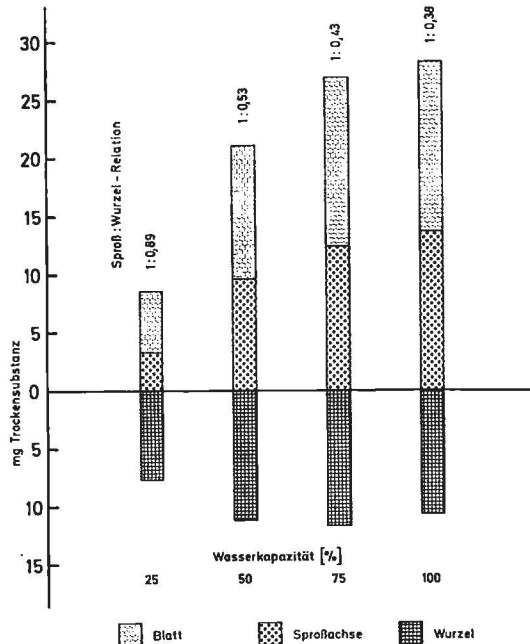


Tabelle 3

Signifikanz der Trockengewichte von Blatt, Sproßachse und Wurzel der Rebsorte Müller-Thurgau in Abhängigkeit von der Wasserversorgung (1975)
Significance of the dry weights of leaves, shoot axes and roots of the cv. Müller-Thurgau in dependence upon water supply (1975)

Wasser- versorgung % WK	100 veg.			60 tr.			60 veg.			30 tr.			30 veg.		
	B	S	W	B	S	W	B	S	W	B	S	W	B	S	W
100 tr.	—	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+	—	+	+	—
100 veg.				+	+	+	+	+	+	+	—	—	+	+	+
60 tr.							—	+	—				—	+	+
60 veg.										+	+	+	—	—	+
30 tr.													—	+	+

B: Blatt

S: Sproßachse

W: Wurzel

veg.: vegetativ wachsende Pflanzen

tr.: traubentragende Pflanzen

+: Differenz signifikant bei P = 1 %.

mangelnde Assimilat Zufuhr aus dem Sproß zurückgeführt werden (vgl. KUTSCHERA 1960), während bei maximaler Wasserversorgung (100 % WK) das Wurzelwachstum durch eine Sauerstoffverarmung beeinflusst sein könnte. Die Tatsache, daß eine Verminderung der Bodenwasserversorgung vom Sproß sehr rasch mit einer Wachstumsdepression beantwortet wird, weniger hingegen von der Wurzel, hat einen Anstieg der Sproß : Wurzel-Relation zur Folge, und zwar bei der Sorte Aris von 1 : 0,38 auf 1 : 0,89. Die Sorte Müller-Thurgau erreicht mit 1 : 0,57 (vegetativ wachsende

Tabelle 4

Trockensubstanzbildung in g je 1 l Wasser der Rebsorten Aris und Müller-Thurgau in Abhängigkeit von der Wasserversorgung (1975)

Formation of dry matter in g per 1 l water of the cvs. Aris and Müller-Thurgau in dependence upon water supply (1975)

Wasser- versorgung % WK	Blatt	Sproß- achse	Wurzel	veg. Pflanzen- anteil	Traube	Gesamt- pflanze
Aris						
100	1,4	1,3	1,0	3,7	—	3,7
75	1,9	1,6	1,6	5,1	—	5,1
50	2,9	2,0	2,6	7,5	—	7,5
25	5,7	3,5	8,3	17,5	—	17,5
Müller-Thurgau ohne Trauben						
100	0,6	1,0	0,3	1,9	—	1,9
60	1,2	2,4	2,1	5,7	—	5,7
30	1,7	3,9	3,1	8,7	—	8,7
Müller-Thurgau mit Trauben						
100	0,5	1,0	0,3	1,8	0,6	2,4
60	1,1	1,6	1,5	4,2	1,8	6,0
30	1,7	3,2	1,9	6,8	3,2	10,0

Pflanzen) bzw. 1 : 0,33 (traubentragende Pflanzen) bereits bei 60 % WK die engste Relation bei Ausgangswerten von 1 : 0,18 bzw. 1 : 0,14 (vgl. Abb. 1 und 2).

Von Interesse ist auch die Frage nach dem Wasserverbrauch (vgl. Tabelle 1) bzw. der Trockensubstanzproduktion je 1 l Wasser (Tabelle 4). Dabei zeigt sich, daß die Trockensubstanzbildung je 1 l Wasser mit sinkender Bodenfeuchte deutlich ansteigt, so z. B. bei der Sorte Aris von 3,7 g bei 100 % WK auf 17,5 g bei 25 % WK. Zum gleichen Ergebnis führten die Untersuchungen an vegetativ wachsenden und traubentragenden Pflanzen der Sorte Müller-Thurgau (Tabelle 4), wobei eine verbesserte Trockensubstanzbildung/l Wasser bei traubentragenden Pflanzen erkennbar ist.

Untersuchungen über den Kohlenhydratgehalt liegen lediglich für die Sorte Müller-Thurgau vor (Abb. 4). Sproßachse und Blatt vegetativ wachsender Pflanzen unterliegen bei abnehmender Bodenfeuchte einer Reduktion des Gesamtkohlenhydratgehaltes von 184,0 bzw. 192,3 mg/g TS bei 100 % WK auf 155,7 bzw. 94,1 mg/g TS bei 30 % WK, wobei beim Blatt alle 3 untersuchten Kohlenhydratfraktionen, bei der Sproßachse hingegen nur Glucose und Fructose betroffen sind. Gleichzeitig zeigen die Wurzeln dieser Pflanzen bei 60 % WK die höchsten Gesamtkohlenhydratgehalte

(301,1 mg/g TS), dagegen wurde bei 100 % WK 263,2 und bei 30 % WK 253,9 mg/g TS nachgewiesen. Während die Blätter traubentragender Pflanzen trotz unterschiedlicher Bodenwasserversorgung im Gesamtkohlenhydratgehalt keine Unterschiede aufweisen, ist bei der Wurzel mit abnehmender Bodenfeuchte eine Erhöhung von 159,5 bei 100 % WK auf 204,2 mg/g TS bei 30 % WK festzustellen. Die Sproßachse ist hier hinsichtlich ihrer Reaktionsweise zwischen Wurzel und Blatt einzuordnen.

Abb. 3: Trockensubstanzbildung der Rebsorte Müller-Thurgau in Abhängigkeit von der Wasserversorgung (1975)

Formation of dry matter of the cv. Müller-Thurgau in dependence upon water supply (1975)

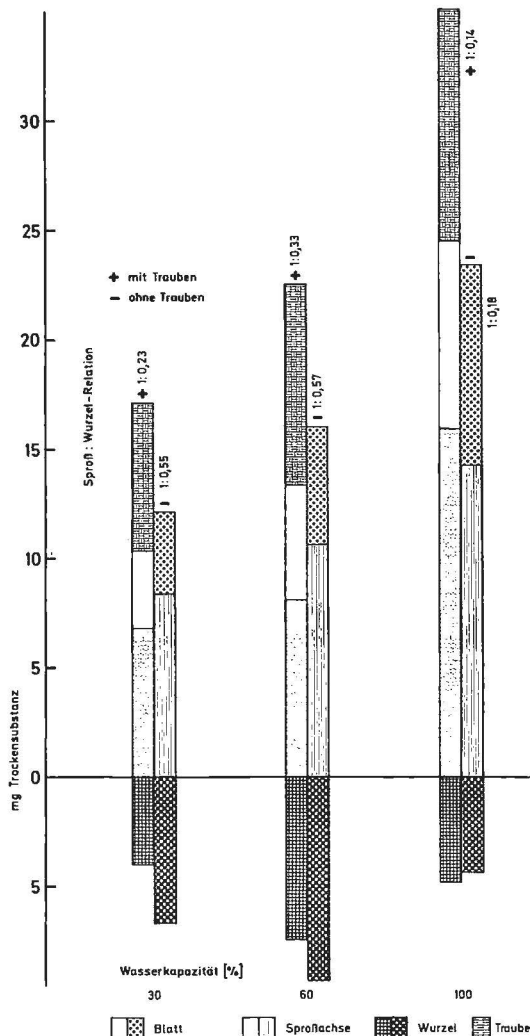
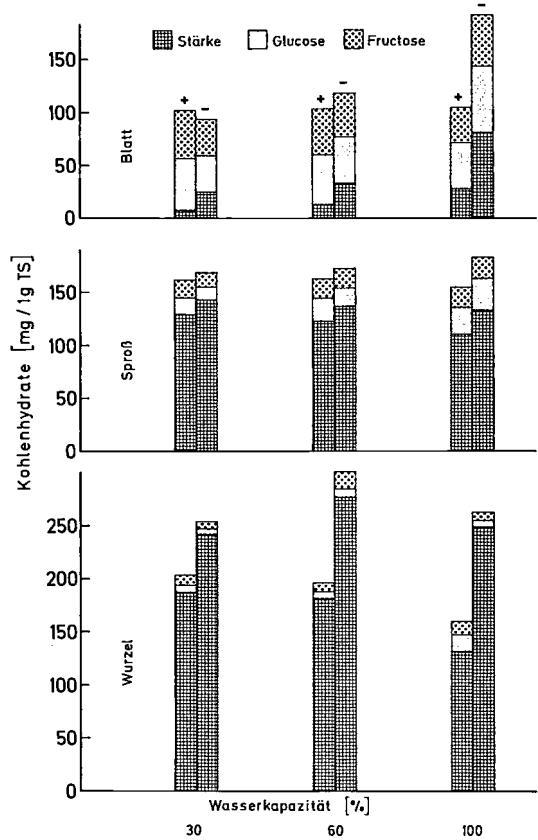


Abb. 4: Kohlenhydratgehalte von Blatt, Sproßachse und Wurzel der Rebsorte Müller-Thurgau in Abhängigkeit von der Wasserversorgung (1975)

Carbohydrate contents of leaves, shoot axes and roots of the cv. Müller-Thurgau in dependence upon water supply (1975)

Vegetativ wachsende Pflanzen weisen in der Regel einen erheblich höheren Gesamtkohlenhydratgehalt auf als traubentragende Pflanzen in ihren vegetativen Teilen. Er ist im wesentlichen auf einen höheren Stärkegehalt zurückzuführen, wodurch der Anteil an Glucose und Fructose vermindert ist. Weiterhin wird deutlich, daß der Stärkeanteil im Mittel aller Varianten vom Blatt zur Wurzel von ca. 26 % auf 81 % zunimmt.

Die ermittelten Trauben- und Mosterträge (Tabelle 5) der Sorte Müller-Thurgau sind mit abnehmender Bodenwasserversorgung rückläufig, und zwar von 59,1 g bzw. 28,0 ml bei 100 % WK auf 37,9 g bzw. 16,5 ml bei 30 % WK. Im Zuckergehalt der Beere sind keine deutlichen Unterschiede zu erkennen, hingegen ist bei der Gesamtsäure eine Reduktion von 13,9 auf 9,6 g/l festzustellen, wobei die Äpfelsäure mit einer Abnahme von 11,4 auf 6,3 g/l am stärksten betroffen ist.



4. Diskussion

Die dargelegten Reaktionen von Blatt, Sproßachse, Wurzel, der Traubenertrag und Kohlenhydratgehalt aller Reborgane zeigen eine ausgeprägte Abhängigkeit vom Faktor Bodenwasser, was mit Befunden von DVORÁK (1967), FIEDLER (1967), MOSTAFAWI (1969) bei Apfelbäumen sowie von ALLEWELDT (1963), ERLÉNWEIN (1965) und HOFÄCKER (1974) an Reben übereinstimmt. Eine Verminderung der Wasserversorgung hat an den untersuchten Rebsorten Aris und Müller-Thurgau eine Reduktion des Sproß-, teilweise auch des Wurzelwachstums sowie des Pflanzenertrages zur Folge. Die bereits früher getroffene Feststellung (HOFÄCKER 1974), wonach das Triebwachstum als guter und rasch wirksamer Indikator für die Bodenwasserversorgung und deren Veränderungen anzusehen ist, findet in den hier vorliegenden täglichen Wachstumsraten erneut ihre Bestätigung. DVORÁK (1967) und MOSTAFAWI (1969) ziehen aus ihren Untersuchungen den gleichen Schluß, wohingegen VEIHMAYER (1965) die

Tabelle 5

Der Trauben- und Mostertrag je Pflanze sowie der Zucker- und Säuregehalt des Mostes der Rebsorte Müller-Thurgau in Abhängigkeit von der Wasserversorgung (1975)
 Grape and must yield per plant as well as sugar and acid content in the must of the cv. Müller-Thurgau in dependence upon water supply (1975)

Wasser- versorgung % WK	Trauben- gewicht g/Pflanze	Mostmenge ml/Pflanze	Zucker- gehalt g/l	ges. titrierbare Säure g/l	Äpfelsäure g/l
100	59,1	28,0	183,5	13,9	11,4
60	51,5	26,0	188,3	13,7	10,0
30	37,9	16,5	200,8	9,6	6,3

Auffassung vertritt, daß das Bodenwasser trotz zunehmender Saugspannung bis zum permanenten Welkepunkt für die Pflanze gleichermaßen verfügbar sei und das Pflanzenwachstum unbeeinflusst lasse.

Während bei der Sorte Müller-Thurgau entsprechend dem Sproßwachstum auch die Trockensubstanzbildung von Sproß und Wurzel bereits auf eine geringe Einschränkung der Bodenfeuchte reagiert, ist bei der Sorte Aris erst unterhalb von 50 % WK eine deutliche Reaktion zu erkennen, was als Hinweis auf die höhere Trockenresistenz dieser Sorte gelten darf.

Die Reaktion der Rebe auf Wassermangel wird in hohem Maße durch die Anwesenheit von Trauben beeinflusst: Traubentragende Pflanzen weisen bei allen Bodenfeuchtestufen eine höhere Trockensubstanzbildung auf. Vergleicht man ausschließlich die vegetativen Pflanzenteile (Blatt, Sproßachse, Wurzel), so zeigt sich genau wie beim Triebwachstum eine scheinbare Überlegenheit vegetativ wachsender Pflanzen, bedingt durch das Fehlen eines wesentlichen Sinks, der Traube. Mithin treten hier deutlich gegenseitige Konkurrenzwirkungen zutage (HALE und WEAVER 1962, KOBLET 1969, CURRIE 1973). Im Hinblick auf trockenere Standorte bzw. Trockenperioden ist die Frage nach der Produktivität des Wasserverbrauchs nicht unerheblich. Die mitgeteilten Ergebnisse zeigen hierbei Sortenunterschiede: Aris benötigt weniger Wasser je g Trockensubstanz als Müller-Thurgau. Über ähnliche Sortenunterschiede berichten auch BRAVDO *et al.* (1972) und IANNINI *et al.* (1975). Es ist aber auch bekannt, daß ein hohes Wasserangebot einen höheren Verbrauch induziert (FIEDLER 1967), der zu einem erhöhten Wassergehalt von Sproß und Wurzel (vgl. HOFÄCKER 1976 b) sowie zu einer gesteigerten Transpiration führt. Eine höhere Transpirationsrate muß aber nicht zwangsläufig eine unproduktivere Wasserverwertung nach sich ziehen. So zeigen Pflanzen mit Trauben eine höhere Gesamttrockensubstanzbildung (Blatt, Sproßachse, Wurzel, Traube) je Einheit Wasser als Pflanzen ohne Trauben. Die größere Stomataweite traubentragender Pflanzen (vgl. HOFÄCKER 1976 b), der eine höhere Transpiration entspricht, dürfte die CO₂-Diffusion erleichtern und damit die Photosyntheseintensität erhöhen, wobei natürlich auch die Anwesenheit der Trauben und deren positiver Einfluß auf eine ungestörte Assimilatableitung nicht übersehen werden darf.

Mit 15—19 % Gesamtkohlenhydratgehalt i. d. TS ergeben sich beim Sproß Werte, die auch von EIFERT *et al.* (1961) sowie von REUTHER (1975) kurz vor bzw. zu Beginn der Winterruhe nachgewiesen werden. Bis auf eine Ausnahme (Variante 30 % WK, Blatt) zeigen alle Pflanzen ohne Früchte im Blatt, in der Sproßachse und in der Wurzel einen höheren Gesamtkohlenhydratgehalt als Pflanzen mit Früchten. CLAUSSEN (1975) fand in Blatt und Wurzel von Auberginen — allerdings unter ande-

ren Versuchsbedingungen — ähnliche Zusammenhänge zwischen reproduktiven und vegetativen Pflanzen. Hier kann eine Konkurrenz um Assimilate zwischen Frucht und vegetativen Organen angenommen werden.

Von besonderem Interesse ist der Einfluß der Wasserversorgung auf den Gesamtkohlenhydratgehalt und dabei auch auf den jeweiligen Anteil von Stärke, Glucose und Fructose. Bei vegetativ wachsenden Pflanzen nimmt der Kohlenhydratgehalt des Blattes mit zunehmendem Wassermangel ab, wobei gleichzeitig der Anteil von Glucose und Fructose von 58 % bei 100 % WK auf 73 % bei 30 % WK ansteigt. Auch aus einigen älteren Arbeiten (zit. bei WANNER 1958), zuletzt bei JEREMIAS (1966), geht hervor, daß Bodentrockenheit einen Einfluß auf die Kohlenhydratzusammensetzung ausübt, indem der Anteil niedermolekularer Verbindungen bei Wassermangel gefördert wird. Gegenüber dem Blatt ist in der Sproßachse und in der Wurzel der Anteil von Glucose und Fructose am Gesamtkohlenhydratgehalt wesentlich geringer (5—21 %); auch ist mit zunehmender Bodentrockenheit nur eine geringfügige (Sproßachse) oder keine Abnahme des Gesamtkohlenhydratgehaltes festzustellen. Während die bei der Sproßachse vegetativ wachsender Pflanzen ermittelten Gesamtkohlenhydratgehalte denen traubentragender Pflanzen ähneln, sind besonders beim Blatt, aber auch bei der Wurzel Unterschiede zu erkennen. Im Blatt nimmt der Gesamtkohlenhydratgehalt durch Wassermangel nicht ab, der Anteil an Glucose und Fructose steigt jedoch — wie bei den vegetativ wachsenden Pflanzen — von 72 % (100 % WK) auf 92 % (30 % WK) an. Demgegenüber erfährt der Gesamtkohlenhydratgehalt der Wurzel bei abnehmender Bodenfeuchte eine Zunahme, die hier jedoch auf einem Anstieg des Stärkeanteils beruht.

Das Gesamtbild des Kohlenhydratgehaltes zeigt, daß die Pflanze auch bei Trockenheit bemüht ist, die Speicherorgane — Sproßachse und Wurzel (vgl. WINKLER und WILLIAMS 1945, KLIOWER 1967) — mit Kohlenhydraten zu versorgen, und zwar bei vegetativ wachsenden Pflanzen auf Kosten der Blätter.

Neben dieser Anpassung der Rebe im Kohlenhydrathaushalt an die Wasserversorgung ist physiologisch die Beobachtung von großer Bedeutung, daß traubentragende Pflanzen in allen Stufen der Wasserversor-

Tabelle 6

Kohlenhydratproduktion von Blatt, Sproßachse, Wurzel und Traube in g je Pflanze bei der Rebsorte Müller-Thurgau in Abhängigkeit von der Wasserversorgung (1975)
Carbohydrate production of leaves, shoot axes, roots and grapes in g per plant of the cv. Müller-Thurgau in dependence upon water supply (1975)

Wasser- versorgung % WK	Blatt		Sproß- achse		Wurzel		veg. Pflanzen- anteil		Traube		Gesamt- pflanze	
	\bar{x}	rel.	\bar{x}	rel.	\bar{x}	rel.	\bar{x}	rel.	\bar{x}	rel.	\bar{x}	rel.
ohne Trauben												
100	1,7	100	2,6	100	1,2	100	5,5	100	—	—	5,5	100
60	0,6	35	1,8	70	2,8	233	5,2	95	—	—	5,2	95
30	0,4	23	1,4	54	1,7	142	3,5	64	—	—	3,5	64
mit Trauben												
100	0,8	100	2,5	100	0,8	100	4,1	100	5,1	100	9,2	100
60	0,5	63	1,3	52	1,5	188	3,3	80	4,8	94	8,1	88
30	0,4	50	1,1	44	0,8	100	2,3	56	3,3	65	5,6	61

gung eine höhere Kohlenhydratproduktion aufweisen als vegetativ wachsende Pflanzen (Tabelle 6). Diese Mehrproduktion von insgesamt 2,1 g/Pflanze (30 % WK) bis 3,7 g/Pflanze (100 % WK) geht z. T. zu Lasten der Kohlenhydratproduktion der vegetativen Pflanzenorgane, die bei traubentragenden Pflanzen bei nur 2,3—4,1 g Kohlenhydrate/Pflanze, bei vegetativ wachsenden Pflanzen aber bei 3,5—5,5 g Kohlenhydrate/Pflanze liegt. So ergibt sich die Feststellung, daß die Traube eine sehr hohe Attraktion für Kohlenhydrate besitzt, die sie auch bei Wassermangel nicht verliert, und daß die Anwesenheit einer Traube den Reservekohlenhydratgehalt der vegetativen Organe vermindert. Die Beobachtungen aus der Weinbaupraxis, daß hohe Erträge oder eine späte Lese zu Frost- oder Austriebsschäden im Folgejahr führen, finden in der Kohlenhydratbilanz traubentragender und vegetativ wachsender Pflanzen eine Erklärung.

Für vegetativ wachsende Pflanzen wurden bei den 3 untersuchten Bodenfeuchtestufen nur 60 %, 65 % bzw. 62 % der Kohlenhydratmengen errechnet, die von traubentragenden Pflanzen erzielt wurden, während die vergleichbaren Photosyntheseraten auf 76 %, 69 % bzw. 52 % reduziert waren (HOFÄCKER 1976 b). Hier kann vermutet werden, daß die Verwertung der gebildeten Photosynthetate einerseits durch Wassermangel, andererseits durch die Anwesenheit der Frucht beeinflusst worden ist. Diese Zusammenhänge müssen jedoch durch weitere Untersuchungen erhellt werden.

5. Zusammenfassung

In Gefäßversuchen an den Rebsorten Aris und Müller-Thurgau wurden das Wachstum, die Trockensubstanzbildung und der Kohlenhydratgehalt von Blatt, Sproß und Wurzel sowie der Ertrag von Pflanzen mit und ohne Trauben unter dem Einfluß wechselnder Bodenwasserversorgung untersucht.

1. Abnehmende Bodenwasserversorgung führt zu einer signifikanten, sortenabhängigen Verminderung des Triebwachstums, und zwar bei Aris von 3,2 cm/d auf 0,7 cm/d und bei Müller-Thurgau von 1,5 cm/d auf 0,3 cm/d (vegetativ wachsende Pflanzen) bzw. 1,6 cm/d auf 0,2 cm/d (traubentragende Pflanzen).
2. Im Gegensatz zum Sproßwachstum erfährt das Wurzelwachstum durch eine geringere Wasserversorgung teilweise sogar eine Förderung, wodurch sich die Sproß : Wurzel-Relation verändert.
3. Mit abnehmender Wasserversorgung reduzieren sich die Trockengewichte von Blatt und Sproßachse bei Pflanzen mit Trauben stärker als bei Pflanzen ohne Trauben.
4. Die Trockensubstanzbildung je verabreichte Einheit Wasser steigt mit sinkender Bodenfeuchte an.
5. Der Traubenertrag nimmt, vergleichbar der Trockensubstanzbildung des Sprosses, mit abnehmender Wasserversorgung von 59,1 g auf 37,9 g/Pflanze ab. Der Zuckergehalt der Beere hingegen läßt keine deutlichen Unterschiede in Beziehung zur Wasserversorgung erkennen, während die Gesamtsäure von 12,3 g/l auf 7,6 g/l vermindert ist.
6. Die Gesamtkohlenhydratproduktion traubentragender Pflanzen ist in allen Stufen der Wasserversorgung höher als jene vegetativ wachsender Pflanzen. Allerdings vermindern sich bei traubentragenden Pflanzen wiederum in allen Stufen der Wasserversorgung die Kohlenhydratmengen in den vegetativen Organen.
7. Der Anteil von Glucose und Fructose am Gesamtkohlenhydratgehalt ist im Blatt wesentlich höher als in der Sproßachse und in der Wurzel. Durch Wassermangel erhöht sich der prozentuale Anteil von Glucose und Fructose am Gesamtkohlen-

hydratgehalt des Blattes bei vegetativ wachsenden Pflanzen von 58 % auf 73 % und bei traubentragenden Pflanzen von 72 % auf 92 %. Das Verhältnis Glucose und Fructose : Stärke wird in den Sproßachsen und in der Wurzel weder durch Wassermangel noch durch die Anwesenheit einer Traube wesentlich verändert.

Die Ergebnisse werden im Hinblick auf unterschiedliche Reaktionen von Pflanzen mit und ohne Trauben auf Wassermangel diskutiert, besonders unter den Aspekten des Wachstums, der Substanzbildung und der Wasserverwertung in bezug auf die Photosynthese.

6. Literaturverzeichnis

- ALLEWELDT, G., 1963: Die Umweltabhängigkeit des vegetativen Wachstums, der Wachstumsruhe und der Blütenbildung von Reben (*Vitis*-Species). *Vitis* 4, 11—41.
- ANONYM, 1972: Enzymatische Analysen für die Lebensmittelchemie. Boehringer GmbH, Mannheim.
- BRAVDO, B., LAVEE, S. and SAMISH, R. M., 1972: Analysis of water consumption of various grapevine cultivars. *Vitis* 10, 279—291.
- CLAUSSEN, W., 1975: Untersuchungen über den Einfluß der Frucht auf die Netto-Photosyntheseraten und den Saccharose- und Stärke-Stoffwechsel der Blätter und Wurzeln von Auberginen (*Solanum melongena* L.). Diss. TU Berlin.
- CURRLE, O., 1973: Einfluß der Triebrichtung auf Wachstum, Blütenbildung und Assimilattranslokation bei Reben. Diss. Univ. Hohenheim.
- DIETZ, F. und HELD, TH., 1974: Der Reservestärkehaushalt des Apfelbaumes und dessen korrelative Beziehung zur generativen und vegetativen Leistung — dargestellt an der Sorte „Boskoop“. *Der Erwerbsobstbau* 16, 117—119, 140—143.
- DVORÁK, J., 1967: Topfversuche über den Einfluß verschiedenen Bodenwassergehaltes auf Apfelbäume. Tagungsber. Dt. Akad. Landwirtschaftswiss. Berlin Nr. 93, 73—82.
- EIPERT, J., PÁNCZÉL, M. und EIFERT, A., 1961: Änderung des Stärke- und Zuckergehaltes der Rebe während der Ruheperiode. *Vitis* 2, 257—265.
- ERLENWEIN, H., 1965: Einfluß von KHMfaktoren auf das Wachstum von *Vitis*-Arten und -Sorten. *Vitis* 5, 94—109.
- FIEDLER, W., 1967: Untersuchungen über die Wirkung variiertes Wasser- und Nährstoffversorgung auf Apfelbäume in Gefäßen. Tagungsber. Dt. Akad. Landwirtschaftswiss. Berlin Nr. 93, 63—71.
- HALE, C. R. and WEAVER, R. J., 1962: The effect of developmental stage on direction of translocation of photosynthate in *Vitis vinifera*. *Hilgardia* 33, 89—131.
- HENNIG, K. und JAKOB, L., 1973: Untersuchungsmethoden für Wein und ähnliche Getränke. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- HOFÄCKER, W., 1974: Einfluß von Umweltfaktoren auf Ertrag und Mostqualität der Rebe. — Ein Beitrag zur methodischen Ermittlung der optimalen Standortbedingungen im Weinbau. Diss. Univ. Hohenheim.
- — —, 1976 a: Untersuchungen über den Einfluß wechselnder Bodenfeuchte auf Fruchtbarkeit, Beerenwachstum, Ertrag und Mostgewicht bei Reben. *Wein-Wiss.* 31, 1—8.
- — —, 1976 b: Untersuchungen über den Einfluß wechselnder Bodenwasserversorgung auf die Photosyntheseintensität und den Diffusionswiderstand bei Rebblättern. *Vitis* 15, 171—182.
- IANNINI, B., POPPI, M., RIDOMI, A. und PEZZA, L., 1975: Das Verhalten einiger Unterlagsreben im Hinblick auf charakteristische biometrische und physiologische Merkmale (ital.). *Riv. Viticolt. Enol. (Conegliano)* 28, 362—373, 413—422.
- JEREMIAS, R., 1966: Der Einfluß der Bodentrockenheit auf den Zuckergehalt vegetativer Pflanzenteile. *Z. Pflanzenphysiol.* 65, 237—239.
- KLIEWER, M. W., 1967: Annual cyclic changes in the concentration of sugars and organic acids in "Thompson Seedless" grapevines. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 91, 203—212.
- KOBLET, W., 1969: Wanderung von Assimilaten in Rebtrieben und Einfluß der Blattfläche auf Ertrag und Qualität der Reben. *Wein-Wiss.* 24, 277—319.
- KUTSCHERA, L., 1960: Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerkräuter und Kulturpflanzen. DLG-Verlag, Frankfurt.
- MOSTAFAWI, M., 1969: Zur Wirkung terminlich unterschiedlicher Wassergaben auf die vegetative und generative Leistung der Apfelsorten „Cox Orangen Renette“ und „Golden Delicious“. Diss. Univ. Hohenheim.

- REUTHER, G., 1975: Physiologische Kriterien der Klimaresistenz als sortenspezifische Merkmale. *Angew. Bot.* 49, 75—91.
- SCHLICHTING, E. und BLUME, H. P., 1966: *Bodenkundliches Praktikum*. Verlag Paul Parey, Hamburg.
- VEIHMEYER, F. J., 1965: Soil moisture. In: RUHLAND, W. (Hrsg.): *Handbuch der Pflanzenphysiologie* III, 64—123. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- WANNER, H., 1958: Die Speicherung von Kohlenhydraten im Blatt. In: RUHLAND, W. (Hrsg.): *Handbuch der Pflanzenphysiologie* VI, 841—854. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- WINKLER, A. J. and WILLIAMS, W. O., 1945: Starch and sugars of *Vitis vinifera*. *Plant Physiol.* 20, 412—432.

Eingegangen am 18. 5. 1977

Dr. W. HOFÄCKER
Institut für Obst-, Gemüse- und Weinbau
Universität Hohenheim
Postfach 106
D-7000 Stuttgart 70