

Institut für Obst-, Gemüse- und Weinbau, Universität Hohenheim

## Untersuchungen zum Gaswechsel der Rebe II. Einfluß langanhaltender Bodentrockenheit auf die Leistungsfähigkeit verschiedener Rebsorten

von

G. ALLEWELDT und E. RÜHL

### Investigations on gas exchange in grapevine

#### II. Influence of extended soil drought on performance of several grapevine varieties

**S u m m a r y .** — The effects of different water supply on photosynthesis and transpiration of various own-rooted and grafted grapevine varieties were investigated. A water shortage — 45 % and 30 % of the soil water capacity — reduced the rate of net photosynthesis on the average of all varieties tested to 52—67 % of the rate measured at a high water supply — 80 % of the soil water capacity. The rate of transpiration was reduced to 43—55 %, the dry matter production to 34—49 % and the dry matter production per unit of transpired water — coefficient of transpiration — to 60—79 %, respectively. A varietal response to drought conditions could be observed, Riesling being the most tolerant variety.

### Einleitung

Die hemmende Wirkung von Wassermangel auf das Wachstum von Reben wurde bereits von MÜLLER-THURGAU (1894) beschrieben; neuere Untersuchungen liegen u. a. von ALLEWELDT (1963/64, 1967), SHIMOMURA (1967), BUTTROSE (1974), ALLEWELDT und HOFÄCKER (1975), CHRISTENSEN (1975), HOFÄCKER (1977) und BALZHÄUSER (1979) vor. KLENK *et al.* (1948), GEISLER (1957 a, b) und EL-BARBOUKI *et al.* (1978) beobachteten bei Trockenheit Sortenunterschiede im vegetativen Wachstum, und JUNG (1954), SIEGEL (1954), ZIMMERMANN (1955) sowie GEISLER (1957 a, b) stellten bei Pfropfreben eine stärkere Wachstumshemmung durch Wassermangel fest als bei wurzelechten Reben.

Auch die Photosynthese wird, wie von MÜLLER-THURGAU (1894) und SCHANDERL (1930) beobachtet, durch Wassermangel gehemmt, was auch durch neuere Arbeiten u. a. von BURCKHARDT und GOEDECKE (1961), GEISLER (1963), KRIEDEMANN und SMART (1971), HOFÄCKER (1976) sowie LANGE und MEYER (1979) bestätigt wird.

Über den Einfluß von Wassermangel auf die Transpiration der Rebe liegen widersprüchliche Ergebnisse vor: Während u. a. MÜLLER-THURGAU (1892), GEISLER (1961), BUTTROSE (1974) sowie LANGE und MEYER (1979) eine deutliche Hemmung registrierten, stellten PASTENA (1977) und NAKANO *et al.* (1979) keine Beeinflussung der Transpirationsrate durch Wassermangel fest.

Die bisher an Reben durchgeführten Untersuchungen beschränken sich auf die Messung eines oder nur weniger Parameter bei reduzierter Wasserversorgung; die Wirkung von Wassermangel auf Wachstum und Ertrag ganzer Pflanzen verschiedener Rebsorten wurde bisher noch nicht untersucht; außerdem fehlt eine Quantifizierung des Unterlageneinflusses auf das Verhalten des Edelreises bei Trockenheit sowie die Ermittlung der Transpirationskoeffizienten von Pfropfreben.

In der vorliegenden Arbeit wird an wurzelechten und gepfropften Reben der Einfluß langandauernden Wassermangels auf Photosynthese, Transpiration und Substanzproduktion untersucht. Damit soll versucht werden, einerseits der Praxis Anhaltspunkte für die Sortenwahl an trockenen Standorten, andererseits der Züchtung eine möglichst wirksame Methode zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit von Edelreis- und Unterlagsorten bei Wassermangel an die Hand zu geben.

### Material und Methoden

Im März 1979 und 1980 wurden in einem Sand-Torf-Gemisch Reben der Sorten Riesling Klon 90, Müller-Thurgau, Trollinger und Kober 5 BB (nur 1979) angezogen; 1980 zusätzlich auch Pfropfreben von Riesling, Müller-Thurgau und Trollinger auf der Unterlage Kober 5 BB. Die einzelnen Pflanzen wurden nach 6 Wochen in 2,5-l-TEKU-Töpfe umgetopft. Die Düngung erfolgte im zweiwöchigen Rhythmus; insgesamt erhielt 1979 jede Pflanze: 0,6 g N, 0,07 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,68 g K<sub>2</sub>O, 0,07 g MgO und 0,012 g Fe (Chelat); 1980: 0,67 g N, 0,74 g K<sub>2</sub>O, 0,06 g MgO und 0,008 g Fe (Chelat). Zusätzlich zu den im 10tägigen Rhythmus durchgeführten Pilzbekämpfungen wurden in beiden Jahren mehrere Spinnmilbenbekämpfungen vorgenommen.

Um eine möglichst konstante Bodenfeuchte zu gewährleisten, wurde in Zusammenarbeit mit der technischen Zentrale der Universität Hohenheim eine automatische, gravimetrisch arbeitende Feuchtesteuerung entwickelt (RÜHL 1981).

Die Feuchtvariante entsprach in beiden Versuchsjahren 80 % der Wasserkapazität (WK), die Trockenvariante wurde 1979 auf 30 % WK und 1980 auf 45 % WK eingestellt.

Die Messung der Nettophotosyntheserate (NPR) erfolgte in Anlehnung an SAUTTER (1971), wobei halboffene Küvetten aus Plexiglas (KRIEDEMANN und SMART 1971) in einem Pflanzenaufwuchsschrank installiert und klimatisiert wurden (HOFÄCKER 1976). Zur Messung der Transpirationsrate (TR) wurde vor den CO<sub>2</sub>-URAS-2T der Firma Hartmann & Braun ein Wasserdampf-URAS-2T des gleichen Herstellers geschaltet, so daß Photosynthese und Transpiration in einem Arbeitsgang gemessen werden konnten.

Während der Gaswechselformung standen die Pflanzen bei 25 °C, 50 % relativer Luftfeuchte und 35 klx in einem Pflanzenaufwuchsschrank. Die Messung erfolgte nach vorheriger Adaptation der Pflanzen gleichzeitig an 4 Blättern mittlerer Insertion. Weitere Einzelheiten sind der Mitteilung von ALLEWELDT *et al.* (1982) zu entnehmen.

Als Maß für die Leistungsfähigkeit einer Pflanze wurde nach ŠESTAK *et al.* (1971) die Nettoassimilationsleistung (E) benutzt. Sie errechnet sich als:

$$E = \frac{(W_2 - W_1)}{(t_2 - t_1)} \times \frac{(A_2^{\alpha-1} - A_1^{\alpha-1})}{(A_2^\alpha - A_1^\alpha)} \times \frac{\alpha}{\alpha - 1}$$

mit W1 und W2	Gesamtrockenmasse zum Zeitpunkt 1 bzw. 2 in mg,
A1 und A2	Blattfläche zum Zeitpunkt 1 bzw. 2 in dm <sup>2</sup> ,
t2 - t1	Zeit zwischen dem 1. und 2. Zeitpunkt in d,
α	ergibt sich aus der Regression zwischen W und A <sup>α</sup> .

## Ergebnisse

## 1. Die Nettophotosynthese- und Transpirationsrate

Zur Feststellung der Leistungsfähigkeit einer Blattflächeneinheit wurden in beiden Versuchsjahren die NPR der verschiedenen Sorten ermittelt. Bei einem Bodenwassergehalt von 80 % WK traten 1979 zwischen den NPR der untersuchten Genotypen nur geringe Unterschiede auf, lediglich die NPR von Kober 5 BB war mit 14,5 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>·h etwas geringer als die der anderen Genotypen (Tabelle 1). Im Jahr 1980 war die NPR von Trollinger sowohl in der gepfropften als auch der ungepfropften Variante geringer als die von Riesling und Müller-Thurgau, wobei die NPR der Pfropfreben im Mittel 0,7 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>·h geringer war (statistisch nicht signifikant) als die der wurzelechten Variante.

Tabelle 1

Einfluß der Wasserkapazität auf die Nettophotosyntheserate gepfropfter (5 BB) und ungepfropfter (we) Reben (Mittelwerte aus je 3 Meßterminen)

Influence of water capacity on the net photosynthesis rate of grafted (5 BB) and own-rooted (we) grapevines (mean values from 3 measuring dates)

Sorte	Unterlage	Nettophotosyntheserate in mg CO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> ·h			
		1979		1980	
		Wasserkapazität		Wasserkapazität	
		80 %	30 %	80 %	45 %
Riesling	we	16,0	10,4	15,3	8,1
	5 BB	—	—	14,8	8,5
Müller-Thurgau	we	17,9	10,3	15,1	9,1
	5 BB	—	—	14,5	3,8
Trollinger	we	17,6	9,1	12,5	10,9
	5 BB	—	—	11,4	7,3
Kober 5 BB	we	14,5	2,5	—	—

1979: GD (P 0,05) = 2,9 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>·h.

1980: GD (P 0,05) = 2,8 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>·h.

Eine Verminderung des Bodenwassergehaltes auf 30 % und 45 % WK im Jahre 1979 bzw. 1980 führte bei allen untersuchten Sorten zu einer Einschränkung der NPR um durchschnittlich 8,4 (1979), um 5,3 (wurzelecht) resp. um 7,1 (gepfropft) mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>·h (1980). So war bei den wurzelechten Reben die NPR von Kober 5 BB (nur 1979 festgestellt) mit 2,5 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>·h wesentlich geringer als die der anderen Genotypen, die sich nur wenig voneinander unterschieden. Die 1980 ebenfalls untersuchten Pfropfreben hatten außer bei Riesling stets eine deutlich geringere NPR als die entsprechenden Wurzelreben, und die NPR von Müller-Thurgau war mit 3,8 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>·h wesentlich geringer als die von Trollinger (7,3 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>·h) oder Riesling (8,5 mg CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>·h). Bei einem Vergleich der einzelnen Meßtermine (nicht gesondert dargestellt) konnte bei den Pfropfreben nach einer anfangs starken Hemmung der NPR im Laufe des Versuchs eine geringe Erholung festgestellt werden. Bei den wurzelechten Reben war weder die anfängliche Hemmung noch die spätere Anpassung an die Trockenheit feststellbar.

Parallel zur Photosynthesemessung wurden in beiden Versuchsjahren die TR bestimmt. Bei einem Bodenwassergehalt von 80 % WK lagen die TR 1979 zwischen 1,08 und 1,37 g H<sub>2</sub>O/dm<sup>2</sup>·h und damit etwas niedriger als 1980, wo sie zwischen 1,12 und

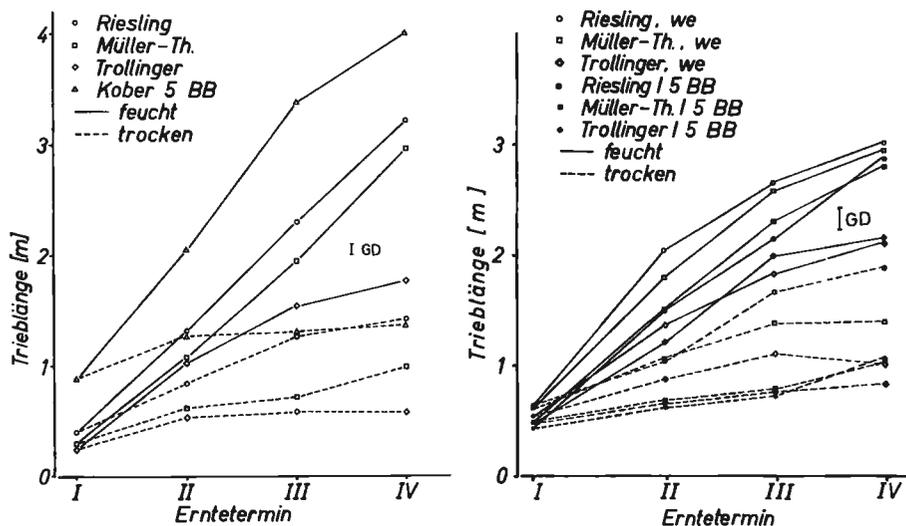


Abb. 1: Einfluß der Bodenfeuchte auf das Trieb­längenwachstum gepfropfter (5 BB) und ungepfropfter (we) Reben; links 1979, rechts 1980.

Influence of soil moisture on the shoot growth of grafted (5 BB) and own-rooted (we) grapevines, 1979 (left) and 1980 (right).

Tabelle 2

Einfluß der Wasserkapazität auf die Transpirationsrate gepfropfter (5 BB) und ungepfropfter (we) Reben (Mittelwerte aus je 3 Meßterminen)

Influence of water capacity on the transpiration rate of grafted (5 BB) and own-rooted (we) grapevines (mean values from 3 measuring dates)

Sorte	Unterlage	Transpirationsrate in g H <sub>2</sub> O/dm <sup>2</sup> ·d			
		1979		1980	
		Wasserkapazität 80 %	Wasserkapazität 30 %	Wasserkapazität 80 %	Wasserkapazität 45 %
Riesling	we	1,19	0,69	1,79	0,76
	5 BB	—	—	1,60	0,77
Müller-Thurgau	we	1,37	0,65	1,85	0,80
	5 BB	—	—	1,64	0,38
Trollinger	we	1,33	0,57	1,27	0,98
	5 BB	—	—	1,12	0,64
Kober 5 BB	we	1,08	0,18	—	—

1979: GD (P 0,05) = 0,19 g H<sub>2</sub>O/dm<sup>2</sup>·d.

1980: GD (P 0,05) = 0,27 g H<sub>2</sub>O/dm<sup>2</sup>·d.

1,85 g H<sub>2</sub>O/dm<sup>2</sup>·h lagen (Tabelle 2). Innerhalb der einzelnen Versuchsjahre war die TR von Kober 5 BB 1979 mit 1,08 g H<sub>2</sub>O/dm<sup>2</sup>·h und 1980 von Trollinger mit 1,27 bzw. 1,12 g H<sub>2</sub>O/dm<sup>2</sup>·h am niedrigsten.

Durch eine Verminderung des Bodenwassergehalts auf 30 % (1979) bzw. 45 % WK (1980) wurde die TR bei allen Genotypen reduziert: Im Mittel aller Sorten betrug die Reduktion 0,72 (1979), 0,79 (1980, wurzelecht) resp. 0,85 (1980, gepfropft) g H<sub>2</sub>O/dm<sup>2</sup>·h. Das Ausmaß der Transpirationsverminderung ist sortenspezifisch. So war bei den wurzelechten Reben die TR von Kober 5 BB mit 0,18 g H<sub>2</sub>O/dm<sup>2</sup>·h am geringsten, während sich die anderen Genotypen nur unwesentlich unterschieden. Die 1980 ebenfalls untersuchten Pfropfreben hatten, außer bei Riesling, stets geringere TR als die wurzelechten Pflanzen; die geringste TR besaß Müller-Thurgau mit 0,38 g H<sub>2</sub>O/dm<sup>2</sup>·h, die höchste Riesling mit 0,77 g H<sub>2</sub>O/dm<sup>2</sup>·h. Bei einem Vergleich der einzelnen Meßtermine (nicht gesondert dargestellt) zeigte sich, daß bei Pfropfreben nach einer anfänglich starken Hemmung der TR im Laufe des Versuchs sich die Pflanzen mehr und mehr erholten. Eine Anpassung dieser Art, wie auch die starke anfängliche Hemmung, war bei wurzelechten Reben nicht feststellbar.

Ein Vergleich der Wirkung von Trockenheit auf NPR und TR zeigte, daß durch Trockenheit die TR stets stärker eingeschränkt wurde als die NPR, d. h. daß die Menge an aufgenommenem CO<sub>2</sub> je Gramm transpirierten Wassers bei Trockenheit ansteigt.

## 2. Die Trieblänge

In beiden Versuchsjahren war das Triebwachstum bei ausreichender Wasserversorgung intensiver als bei Trockenheit (Abb. 1). Bei den wurzelecht wachsenden Vari-

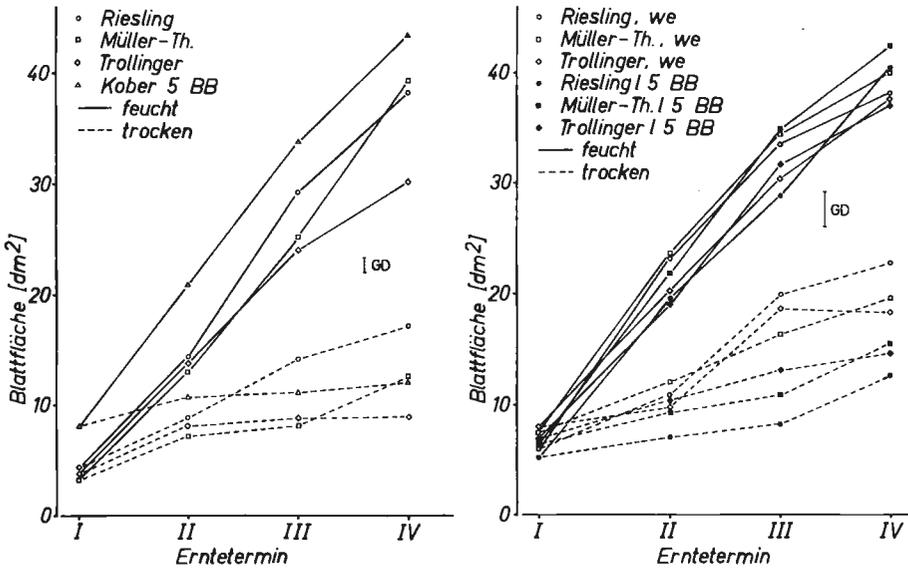


Abb. 2: Einfluß der Bodenfeuchte auf die Blattflächenentwicklung je Pflanze bei gepfropften (5 BB) und ungepfropften (we) Reben; links 1979, rechts 1980.

Influence of soil moisture on the development of leaf area/plant on grafted (5 BB) and own-rooted (we) grapevines, 1979 (left) and 1980 (right).

anten zeichnete sich Kober 5 BB durch ein besonders rasches Triebblängenwachstum aus, während Trollinger stets das schwächste Wachstum aufwies. Zwischen gepfropften und ungepfropften Reben bestanden im Triebwachstum keine Unterschiede.

Die durch Trockenheit bedingte Wachstumshemmung war im ersten Versuchsjahr bei einer Bodenfeuchte von 30 % WK ausgeprägter als im zweiten Versuchsjahr (45 % WK). Außerdem deutet sich an, daß die Wachstumshemmung bei Pfropfreben stärker war als bei wurzelecht wachsenden Pflanzen. Hinsichtlich der Sortenreaktion war die deutliche Wachstumshemmung von Kober 5 BB beachtenswert (1979), während die Hemmung bei Riesling am schwächsten war. Beachtenswert ist die Beobachtung, daß in der Trockenkultur von den wurzelechten *V.-vinifera*-Sorten die Rebsorte Riesling das stärkste Triebwachstum besaß.

### 3. Die Blattfläche

In beiden Versuchsjahren war die Gesamtblattfläche bei 80 % WK deutlich größer als bei Trockenheit (Abb. 2). Bei den wurzelechten Pflanzen zeichnete sich Kober 5 BB durch eine besonders große Blattfläche aus, während Trollinger in beiden Jahren die geringste Blattfläche aufwies. Unterschiede zwischen gepfropften und ungepfropften Reben waren nicht feststellbar.

Tabelle 3

Einfluß der Wasserkapazität auf den Gesamttrockensubstanzertrag gepfropfter (5 BB) und ungepfropfter (we) Reben

Influence of water capacity on the total yield of dry matter of grafted (5 BB) and own-rooted (we) grapevines

Sorte	Unterlage	Trockensubstanzertrag in g/Pflanze			
		1979		1980	
		Wasserkapazität 80 %	30 %	Wasserkapazität 80 %	45 %
Riesling	we	51,3	20,8	64,0	32,5
	5 BB	—	—	64,6	18,5
Müller-Thurgau	we	49,4	14,9	61,1	27,1
	5 BB	—	—	59,7	19,5
Trollinger	we	41,9	14,1	53,8	27,4
	5 BB	—	—	55,8	22,3
Kober 5 BB	we	62,4	16,5	—	—

1979: GD (P 0,05) = 2,0 g.

1980: GD (P 0,05) = 3,7 g.

Die durch Trockenheit bedingte Verringerung der Blattfläche war 1979 bei einer Bodenfeuchte von 30 % WK deutlicher als 1980 bei 45 % WK. Außerdem war die Reduktion der Blattfläche bei Pfropfreben wesentlich ausgeprägter als bei Wurzelreben. Bei einem Sortenvergleich fällt die starke Reduktion der Blattfläche von Kober 5 BB auf (1979), während sie bei Riesling am geringsten war.

### 4. Die Trockensubstanzproduktion

Als weiteres Maß des vegetativen Wachstums wurde in beiden Versuchsjahren die Trockensubstanzproduktion der Versuchspflanzen ermittelt. Bei ausreichender Was-

serversorgung (80 % WK) war 1979 (Tabelle 3) der Gesamttrockensubstanzertrag von Kober 5 BB mit 62,4 g am höchsten, gefolgt von Riesling mit 51,3 g, Müller-Thurgau mit 49,4 g und Trollinger mit 41,9 g. Der Wurzelanteil an der Gesamttrockenmasse war bei Riesling und Müller-Thurgau mit 17 bzw. 18 % am geringsten, bei Trollinger mit 36 % am höchsten.

Die 1980 untersuchten Pfropfreben verhielten sich bei ausreichender Wasserversorgung wie wurzelechte Reben. Riesling hatte mit 64,6 bzw. 64,0 g (gepfropft) den höchsten und Trollinger mit 55,8 bzw. 53,8 g (gepfropft) den geringsten Trockensubstanzertrag. Der Wurzelanteil an der Gesamttrockensubstanz betrug bei Pfropfreben 20 % und bei den wurzelechten Pflanzen 22 %.

Trockenheit verminderte die Gesamttrockensubstanz bei allen Genotypen sehr deutlich. Bei den wurzelecht wachsenden Pflanzen war die Reduktion bei Kober 5 BB (1979) mit 74 % am höchsten, bei Riesling mit 59 % (1979) bzw. 49 % (1980) am geringsten. Der Trockensubstanzertrag von Wurzelreben war mit 29,0 g deutlich höher als der von Pfropfreben mit 20,1 g. Bei den Pfropfreben war die Verminderung der Gesamttrockensubstanz mit 71 % bei Riesling am höchsten, gefolgt von Müller-Thurgau mit 67 % und Trollinger mit 60 %; dies entspricht der umgekehrten Reihenfolge wie sie bei den wurzelechten Reben auftrat und unterstreicht den großen Einfluß der Unterlage auf das vegetative Wachstum bei Trockenheit.

Tabelle 4

Einfluß der Wasserkapazität auf die Nettoassimilationsleistung gepfropfter (5 BB) und ungepfropfter (we) Reben

Influence of water capacity on the net assimilation rate of grafted (5 BB) and own-rooted (we) grapevines

Sorte	Unterlage	Nettoassimilationsleistung in mg/dm <sup>2</sup> · d			
		1979		1980	
		Wasserkapazität		Wasserkapazität	
		80 %	30 %	80 %	45 %
Riesling	we	34,0	21,5	33,8	22,9
	5 BB	—	—	34,9	19,2
Müller-Thurgau	we	34,7	20,1	29,7	18,5
	5 BB	—	—	29,0	15,7
Trollinger	we	34,0	19,2	25,9	18,9
	5 BB	—	—	28,0	18,0
Kober 5 BB	we	29,4	11,5	—	—

### 5. Die Nettoassimilationsleistung

Im Gegensatz zum Trockensubstanzertrag, der die Leistungsfähigkeit einer ganzen Pflanze beschreibt, stellt E ein Maß für die Leistung einer Blattflächeneinheit (hier 1 dm<sup>2</sup>) dar. Sie war im Versuchsjahr 1979 (Tabelle 4) bei ausreichender Wasserversorgung (80 % WK) bei Riesling, Müller-Thurgau und Trollinger annähernd gleich hoch und höher als bei Kober 5 BB. 1980 bewegte sich E etwa auf dem gleichen Niveau wie 1979, wobei zwischen der gepfropften und ungepfropften Variante keine oder nur geringe Unterschiede bestanden. Allerdings traten deutliche Sortenunterschiede auf; so hatte Riesling, gepfropft und ungepfropft, die höchste E, Trollinger dagegen jeweils die geringste.

Durch eine Reduktion des Bodenwassergehaltes auf 30 % (1979) bzw. 45 % WK (1980) wurde E stets deutlich vermindert. Bei den wurzelechten Reben war in beiden Versuchsjahren E von Riesling mit 21,5 bzw. 22,9 mg/dm<sup>2</sup>·d am höchsten und von Kober 5 BB (nur 1979 untersucht) mit 11,5 mg/dm<sup>2</sup>·d am geringsten. Die Reduktion von E war bei Pfropfreben mit durchschnittlich 14,0 mg/dm<sup>2</sup>·d größer als bei wurzelechten Pflanzen mit 9,7 mg/dm<sup>2</sup>·d, wobei auch bei den Pfropfreben Riesling mit 19,2 mg/dm<sup>2</sup>·d die höchste E aufwies und Müller-Thurgau mit 15,7 mg/dm<sup>2</sup>·d die geringste. Somit wurde bei Trockenheit auch bei E die geringere Leistungsfähigkeit von Pfropfreben und die hohe von Riesling deutlich.

Tabelle 5

Einfluß der Wasserkapazität auf den Transpirationskoeffizienten gepfropfter (5 BB) und ungepfropfter (we) Reben

Influence of water capacity on the transpiration coefficient of grafted (5 BB) and own-rooted (we) grapevines

Sorte	Unterlage	Transpirationskoeffizient in ml/g TS			
		1979		1980	
		Wasserkapazität		Wasserkapazität	
		80 %	30 %	80 %	45 %
Riesling	we	375	277	413	211
	5 BB	—	—	329	294
Müller-Thurgau	we	430	281	439	256
	5 BB	—	—	434	271
Trollinger	we	398	395	403	291
	5 BB	—	—	331	261
Kober 5 BB	we	325	273	—	—

## 6. Der Transpirationskoeffizient

Neben der Frage nach der Leistungsfähigkeit eines Genotyps bei Trockenheit ist für eine Pflanze am natürlichen Standort auch der Wasserverbrauch je Trockensubstanzeinheit von Bedeutung. Als ein Maß für die Wasserausnutzung wurde in beiden Versuchsjahren der Transpirationskoeffizient bestimmt (Tabelle 5). Bei einem Bodenwassergehalt von 80 % WK hatte bei den wurzelechten Reben Kober 5 BB mit 325 ml/g TS (nur 1979 untersucht) den niedrigsten Wert und damit die beste Wasserausnutzung, Müller-Thurgau mit 430 bzw. 439 ml/g TS dagegen den höchsten Transpirationskoeffizienten und somit die schlechteste Wasserausnutzung. In beiden Versuchsjahren unterschieden sich die Transpirationskoeffizienten außer bei Riesling nur unwesentlich.

Die Transpirationskoeffizienten der Pfropfreben waren im Mittel 13 % niedriger als die der Wurzelreben. Müller-Thurgau/Kober 5 BB besaß mit 434 ml/g TS wiederum die schlechteste Wasserausnutzung.

Durch eine Reduktion des Bodenwassergehaltes auf 30 % bzw. 45 % WK wurden die Transpirationskoeffizienten reduziert. Bei den wurzelechten Reben hatten 1979 Kober 5 BB mit 273 ml/g TS und 1980 Riesling mit 211 ml/g TS die niedrigsten Transpirationskoeffizienten. Beachtenswert ist, daß der Transpirationskoeffizient von Pfropfreben in der Trockenkultur etwas höher liegen kann als bei den wurzelechten Reben.

### Diskussion

Mit den vorliegenden Untersuchungen an wurzelecht wachsenden und gepfropften Rebsorten sollte zunächst der allgemeine Effekt einer verminderten Wasserversorgung auf Wachstum und Trockensubstanzbildung ermittelt und zugleich versucht werden, sortentypische Anpassungsreaktionen an Trockenheit zu erfassen. Die Befunde sind ferner unter dem Aspekt zu bewerten, daß der Traubenbehang, der sicher zu einer Modifizierung der Anpassungsreaktion an Trockenheit führen dürfte, hier zunächst ausgeschaltet wurde.

Um einen ersten Überblick über die Anpassungsreaktionen der Rebe an Trockenheit zu erhalten, sind in Tabelle 6 die Mittelwerte einiger Parameter des Gaswechsels und der Stoffproduktion der in beiden Versuchsjahren getesteten Rebsorten Riesling, Müller-Thurgau und Trollinger aufgeführt. Es wird dabei deutlich, daß der verschärfte Trockenstreß des ersten Versuchsjahres zu einer entsprechend stärkeren Hemmung der Trockensubstanzbildung geführt hat als im zweiten Versuchsjahr. Ferner wird ersichtlich, daß der Trockensubstanzertrag durch Trockenheit stärker gehemmt wird als die anderen Parameter. Vermutlich handelt es sich dabei um einen Summeneffekt aus der Reduktion der Nettophotosyntheserate bzw. der Nettoassimilationsleistung und der Verminderung der Blattfläche.

Tabelle 6

Relative Hemmung der Trockensubstanzbildung und der gemessenen Parameter durch eine verminderte Wasserversorgung · Angaben in % der jeweiligen Feuchtvariante und im Mittel der Sorten Riesling, Müller-Thurgau und Trollinger

Relative inhibition of dry matter production and of several parameters by decreased water supply · Data in % of the respective humid variant and on the average of the cvs. Riesling, Müller-Thurgau and Trollinger

Parameter	1979	1980	
	Wurzelecht	Wurzelecht	Gepfropft <sup>1)</sup>
Trockensubstanz/Pflanze	35	49	34
Nettophotosyntheserate	59	67	52
Transpirationsrate	49	55	43
Nettoassimilation	59	68	58
Transpirationskoeffizient	79	60	77

<sup>1)</sup> Unterlage Kober 5 BB.

Im ersten Versuchsjahr wurde auch die Unterlagssorte Kober 5 BB getestet, die dann im zweiten Versuchsjahr als Unterlage eingesetzt wurde. Sie zeigte als Versuchspflanze die stärkste Hemmung der Trockensubstanzbildung (26 % der Feuchtvariante), ebenso die stärkste Einschränkung der Nettophotosyntheserate (20 % der Feuchtvariante), der Transpirationsrate (17 % der Feuchtvariante) und der Nettoassimilationsleistung (39 % der Feuchtvariante). Diese hohe Sensibilität auf Trockenheit „übertrug“ sie als Unterlage auf die auf ihr gepfropften Rebsorten, die demzufolge bei Trockenheit eine schwächere Leistung aufwiesen (Tabelle 6). Eine verminderte Leistung der Pfropfrebe bei Trockenheit im Vergleich zur wurzelechten Pflanzung haben auch SIEGEL (1954), DECKER (1954), JUNG (1954), ZIMMERMANN (zitiert bei JUNG 1954), GEISLER (1957 b) und ALDINGER (1964) festgestellt.

Die im Vergleich zur Nettophotosyntheserate stärkere Einschränkung der Transpiration findet ihren Niederschlag auch im Transpirationskoeffizienten. Er läßt mit Werten von 79, 60 bzw. 77 % der jeweiligen Feuchtvariante erkennen, daß die Pflanzen bei Trockenheit weniger Wasser verbrauchen, um 1 g Trockensubstanz zu bilden, als bei ausreichender Wasserversorgung, ein Ergebnis, das auch von BUTTROSE (1974), HOFACKER (1977) und KUBEČKA (1979) bestätigt wird.

Eine interessante Beobachtung, deren Einzeldaten von RÜHL (1981) angegeben wurden, ist die Anpassung namentlich von Pfropfreben an eine verminderte Wasserversorgung. Bei diesen konnte unmittelbar nach dem Einsetzen der Trockenheit eine ausgeprägte Depression der Nettophotosyntheserate festgestellt werden; mit Fortdauer des Versuches „erholten“ sich die Pflanzen, so daß am Versuchsende gelegentlich Werte der Nettophotosyntheserate trocken kultivierter Pflanzen gemessen wurden, die denen der Feuchtvariante glichen. Diese Anpassungsreaktion scheint überdies sortenspezifisch zu sein. Über eine ähnliche Anpassung der Photosyntheseintensität an Trockenheit berichtete SIMONIS (1952) bei Messungen an *Vicia faba* und anderen Pflanzenarten.

In der bisherigen Betrachtung blieben die beobachteten Sortenreaktionen weitgehend unberücksichtigt. Festgestellt wurde bereits, daß die Unterlagssorte Kober 5 BB von allen Prüfsorten die stärkste Reaktion auf Trockenheit zeigte. Innerhalb der *V. vinifera*-Sorten schränkte die Sorte Müller-Thurgau ihre Trockensubstanzbildung mit Werten von 30 % (1979) und 44 % der Feuchtkultur (1980) am meisten ein, während die Rebsorte Riesling mit entsprechenden Werten von 41 bzw. 51 % der Feuchtkultur die schwächste Hemmung bei Trockenheit offenbarte (vgl. auch KLENK *et al.* 1948, JUNG 1954, ZIMMERMANN (s. JUNG 1954) und ALDINGER 1964). Diese Sortenreaktionen spiegelten sich in beiden Versuchsjahren mit korrespondierenden Werten der Nettoassimilationsleistung wider; d. h. daß diese Werte bei Riesling höher liegen als bei Müller-Thurgau. Das Verhalten der Rebsorte Trollinger war in beiden Versuchsjahren recht unterschiedlich: Im ersten Versuchsjahr (Wasserversorgung auf 30 % WK eingestellt) glich sie in ihrem Verhalten der Sorte Müller-Thurgau, im zweiten Versuchsjahr (45 % WK) eher dem Riesling.

Unter dem Aspekt einer möglichst hohen Ertragsleistung bzw. Trockensubstanzproduktion bei verminderter Wasserversorgung ist in diesen Versuchen die Rebsorte Riesling als trockenoleranteste und Kober 5 BB als trockenheitsempfindlichste Sorte anzusprechen. Es deuten sich aber auch Sortenreaktionen an, die in Abhängigkeit vom Grad des Trockenstress zu bewerten sind, wie z. B. bei der Rebsorte Trollinger. Weitere Untersuchungen sind jedoch zur Klärung dieser Frage erforderlich. Unerwähnt bleiben darf auch nicht der Hinweis, daß bei den in Gefäßversuchen durchgeführten Untersuchungen das sortentypisch unterschiedliche Wurzelwachstum, das für die Ausnutzung des Bodenwasservorrats unter Freilandbedingungen für das Trockenresistenzverhalten einer Sorte mitentscheidend sein kann, nicht voll zur Geltung kam. Eine unmittelbare Übertragung dieser Befunde auf entsprechende Reaktionen im Freiland ist daher nur bedingt möglich.

### Zusammenfassung

In zwei Versuchsjahren (1979 und 1980) wurde an Riesling, Müller-Thurgau und Trollinger, wurzelecht und gepfropft auf der Unterlage Kober 5 BB, sowie an wurzelechten Pflanzen von Kober 5 BB der Einfluß von reduzierter Wasserversorgung (30 % bzw. 45 % der Wasserkapazität) auf den Gaswechsel und das vegetative Wachstum untersucht.

Durch die Herabsetzung der Wasserversorgung auf 45 % bzw. 30 % der Wasserkapazität wird

1. die Nettophotosyntheserate von wurzelechten Pflanzen im Mittel um 33—41 % und bei Pfropfreben um 48 % reduziert, bei Trollinger mit 30 % am wenigsten, bei Kober 5 BB mit 80 % am stärksten;
2. die Transpirationsrate von wurzelechten Pflanzen durchschnittlich um 45 % bzw. 51 % und bei Pfropfreben um 57 % eingeschränkt, bei Trollinger mit 41 % am geringsten, bei Kober 5 BB mit 83 % am meisten;
3. der Trockensubstanzertrag bei wurzelechten Reben im Mittel um 51—65 % und bei Pfropfreben um 66 % reduziert; bei wurzelechten Reben ist die Reduktion der Substanzproduktion durch Trockenheit bei Riesling mit 39 % (1979) bzw. mit 49,5 % (1980) am geringsten und bei Kober 5 BB mit 73,5 % (1979) bzw. Müller-Thurgau mit 55,6 % (1980) am stärksten;
4. der Transpirationskoeffizient bei wurzelechten Reben um 31—40 % und bei Pfropfreben um 33 % vermindert; bei wurzelechten Reben ist die Verminderung mit 1,0 % (1979) bzw. mit 28,3 % (1980) bei Trollinger am geringsten und 1979 bei Müller-Thurgau mit 34,6 % bzw. 1980 bei Riesling mit 48,6 % am höchsten;
5. das Verhältnis von Nettophotosynthese zu Transpiration um durchschnittlich 16 % gesteigert;
6. die Triebblänge, Blattzahl und Blattfläche bei Pfropfreben stärker als bei wurzelechten Reben reduziert; diese Verminderung ist sortentypisch: Bei wurzelecht wachsenden Reben ist die Hemmung durch Trockenheit bei Riesling am geringsten und bei Kober 5 BB am stärksten.

### Literaturverzeichnis

- ALDINGER, G., 1964: Was können wir zur Vermeidung bzw. Verminderung von Trockenschäden tun? Rebe und Wein **17**, 244—245.
- ALLEWELDT, G., 1963/64: Die Umweltabhängigkeit des vegetativen Wachstums, der Wachstumsruhe und der Blütenbildung von Reben (*Vitis*-Species). *Vitis* **4**, 11—41; 152—175; 240—261.
- — —, 1967: Einfluß der Unterlagssorte bei gleichzeitiger Variation der Stickstoff- und Wasserversorgung auf das Wurzel- und Kalluswachstum von Rebstecklingen im Folgejahr. *Z. Acker- Pflanzenbau* **126**, 19—32.
- — —, EIBACH, R. und RÜHL, E., 1982: Untersuchungen zum Gaswechsel der Rebe. I. Einfluß von Temperatur, Blattalter und Tageszeit auf Nettophotosynthese und Transpiration. *Vitis* **21**, 93—100.
- — — und HOFÄCKER, W., 1975: Einfluß von Umweltfaktoren auf Austrieb, Blüte, Fruchtbarkeit und Triebwachstum bei der Rebe. *Vitis* **14**, 103—115.
- BALZHÄUSER, H., 1979: Untersuchungen über Tropfbewässerung in Hang- und Steillagen des Weinbaues. Diss. Univ. Bonn.
- BURCKHARDT, H. und GOEDECKE, H., 1961: Die Auswirkungen künstlicher Beregnung im Weinbau. *Weinberg und Keller* **8**, 255—281; 367—382.
- BUTTROSE, M. S., 1974: Fruitfulness in grape-vines: Effects of water stress. *Vitis* **12**, 299—305.
- CHRISTENSEN, P., 1975: Response of "Thompson Seedless" grape-vines to the timing of preharvest irrigation cut-off. *Amer. J. Enol. Viticult.* **26**, 188—194.
- DECKER, K., 1954: Pfropfreben und Trockenschäden. *Dt. Weinbau. Die Pfropfrebe* **9**, 231.
- EL-BARBOUKI, M. H., HEFNY, H. and BAGHDADI, G., 1978: Some effects of water stress on growth of grapevine *Vitis vinifera* L. *Acta Hort.* **84**, 199—214. [Abstr.: *Amer. J. Enol. Viticult.* **31**, 195.]
- GEISLER, G., 1957 a: Die Bedeutung des Wurzelsystems für die Züchtung düreresistenter Rebenunterlagssorten. *Vitis* **1**, 14—31.
- — —, 1957 b: Untersuchungen zum Verhalten interspezifischer *Vitis*-Kreuzungen gegen Trockenheit. *Vitis* **1**, 82—92.
- — —, 1961: Untersuchungen zum Pfropfeinfluß auf die Transpiration im Zusammenhang mit der Unterlagenzüchtung bei Reben. *Züchter* **31**, 8—14.

- —, 1963: Die CO<sub>2</sub>-Assimilationsrate wurzelechter und gepfropfter Weinreben (*Vitis*) unter dem Einfluß wechselnder Wasserversorgung. *Angew. Bot.* **37**, 270—280.
- HOFÄCKER, W., 1976: Untersuchungen über den Einfluß wechselnder Bodenfeuchte auf die Photosyntheseintensität und den Diffusionswiderstand bei Reblättern. *Vitis* **15**, 171—182.
- —, 1977: Untersuchungen zur Stoffproduktion der Rebe unter dem Einfluß wechselnder Bodenwasserversorgung. *Vitis* **16**, 162—173.
- JUNG, G., 1954: Pfropfreben und Trockenschäden. *Dt. Weinbau. Die Pfropfrebe* **9**, 122.
- KLENK, E., NAGY, J., RIEDE, P., 1948: Künstliche Beregnung von Rebkulturen. *Mitt. Württ. LVA. Wein-, Obstbau, Weinsberg*, H. 1.
- KRIEDEMANN, P. E. and SMART, R. E., 1971: Effects of irradiance, temperature and leaf water potential on photosynthesis of vine leaves. *Photosynthetica* **5**, 6—15.
- KUBEČKA, D., 1979: Einfluß der Feuchtigkeitsverhältnisse auf den Wasserverbrauch der Rebe während der Vegetation (slowak.). *Vinohrad (Bratislava)* **17**, 219—220. [Ref.: *Vitis* **19**, 174.]
- LANGE, L. O. und MEYER, A., 1979: Mittäglicher Stomatenschluß bei Aprikosen (*Prunus armeniaca*) und Wein (*Vitis vinifera*) im Freiland trotz guter Wasserversorgung. *Flora* **168**, 511—528.
- MÜLLER-THURGAU, H., 1892: Die Transpirationsgröße der Pflanzen als Maßstab ihrer Anbaufähigkeit. *Mitt. Thurgauische Naturforsch. Ges.*, H. **10**.
- —, 1894: Einwirkung anhaltender Trockenheit auf Reben und Obstbäume. *Beil. Weinbau Weinhandel* Nr. **32**.
- NAKANO, M., SUZUKI, M. and SHIMAMURA, K., 1979: Properties of soil moisture and growth of Muscat grape in a computer-controlled greenhouse for pomological studies (Jap.). *Sci. Rept. Fac. Agricult. Okayama Univ.*, No. **53**, 43—54. [Abstr.: *Hort. Abstr.*, **49**, 639.]
- PASTENA, B., 1977: Il coefficiente di traspirazione della vite. *Vignevini (Bologna)* **4** (5), 11—14.
- RÜHL, E.-H., 1981: Einfluß der Wasserversorgung auf Photosynthese, Transpiration und vegetatives Wachstum verschiedener Rebsorten. *Diss. Univ. Hohenheim*.
- SAUTTER, L., 1971: Einfluß der NPK-Düngung auf die Photosynthese der Rebe. *Diss. Univ. Hohenheim*.
- SCHANDERL, H., 1930: Untersuchungen über die Photosynthese einiger Rebsorten, speziell des Rieslings, unter natürlichen Verhältnissen. *Wiss. Arch. Landwirtschaft., Abt. A, Pflanzenbau*, **3**, 529—560.
- ŠESTÁK, Z., ČATSKÝ, J. and JARVIS, P. G., 1971: Plant photosynthetic production. *Manual of methods*. Dr. W. Junk N. V. Publishers, The Hague.
- SHIMOMURA, K., 1967: Effects of soil moisture on growth and nutrient absorption of grapes. *Acta Agron. Acad. Sci. Hung.* **16**, 209—216.
- SIEGEL, O., 1954: Wasserbedarf und Pfropfrebenbau. *Dt. Weinbau. Die Pfropfrebe* **9**, 175—176.
- SIMONIS, W., 1952: Untersuchungen zum Dürreeffekt. I. Mitt.: Morphologische Struktur, Wasserhaushalt, Atmung und Photosynthese feucht und trocken gezogener Pflanzen. *Planta* **40**, 313—332.
- ZIMMERMANN, J., 1955: Warum befriedigen die Unterlagen nicht? *Dt. Weinbaukal.* **6**, 51—54.

*Eingegangen am 14. 5. 1982*

Prof. Dr. G. ALLEWELDT  
Lehrstuhl für Weinbau  
Universität Hohenheim  
D 7000 Stuttgart 70