

Aus dem Forschungs-Institut für Rebenzüchtung Geilweilerhof und dem Institut für Obstbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.

Einfluß von Klimafaktoren auf das Wachstum von Vitis-Arten und -Sorten*)

VON

H. ERLLENWEIN

Einleitung

Eine artspezifische Struktur des Wurzelsystems ist mehrfach beschrieben worden (THIEL 1870, SACHS 1878, ENGLER 1903, BÜSGEN 1905, WÄCHTER 1916, KVÁRÁZKHELIA 1931, FRISCHENSCHLAGER 1935, HILKENBÄUMER 1942, KUTSCHERA 1960, ROGER und BOOTH 1960 u. a.). Hierbei wird von BÜSGEN (1901, 1905) die Wurzel der dikotylen Holzpflanzen in einen extensiven Typ mit langen Wurzeln und großer Reichweite und in einen intensiven Typ mit stark verzweigten Wurzeln eingeteilt. Diese extremen Wurzeltypen sind auch an älteren Pflanzen von GUILLON (1909), KEMMER (1956), GEISLER (1957) u. a. nachgewiesen worden. Bei Reben wies GOETHE (1896) darauf hin, daß sich die Wurzelsysteme amerikanischer Wildreben und europäischer Kulturformen unterscheiden. Später fand GEISLER (1957, 1959) bei Sämlingen aus interspezifischen Kreuzungen neben intensiven und extensiven Bewurzelungstypen auch alle Übergangsformen.

Von verschiedenen Autoren wird vermutet, daß das extensive Wurzelsystem als Merkmal besonderer Trockenheitsresistenz aufzufassen ist (BÜSGEN 1905, GEISLER 1957). So wurden verschiedentlich sehr tiefgehende Wurzeln von Reben unter trockenen Bedingungen beobachtet (KRÖMER 1918, BABO und MACH 1923). Es kann erwartet werden, daß Sorten mit extensivem Wurzeltyp hierzu besonders befähigt sind. Andererseits sind Sorten mit einem intensiven Wurzeltyp und der damit verbundenen großen Absorptionsfläche in flacheren Bodenschichten befähigt, die gebotenen Nährstoffvorräte des Bodens vollkommener auszunutzen zu können, wodurch sie unter günstigen Feuchtigkeitsbedingungen für eine hohe Ertragsleistung prädestiniert erscheinen.

Zu den Außenkomponenten, die das Wurzelwachstum direkt beeinflussen, wären vornehmlich die Faktoren Wasser- und Sauerstoffversorgung der Wurzel, Temperatur des Bodens und sein Nährstoffgehalt zu nennen. Darüber hinaus dürfte eine enge Wechselbeziehung zwischen Sproß und Wurzel bestehen, so daß eine Änderung in der Intensität des Sproßwachstums auch indirekt das Wachstum der Wurzel modifiziert.

Der Wasser- und Sauerstoffgehalt bestimmt in weiten Grenzen die Wachstumsintensität der Wurzeln. Hierbei stimuliert der positive Hydrotropismus der Wurzeln vermutlich bei allen Arten das Längenwachstum. Allerdings spielt hierbei, wie GEISLER (1957) annimmt, die Sauerstoffbedürftigkeit der Rebenwurzeln eine wichtige Rolle (vergl. LUNDEGÅRDH 1954), da der Sauerstoffgehalt des Bodens in tieferen Bodenschichten naturgemäß abnimmt. Die Fähigkeit der Pflan-

*) Erster Teil einer Inaugural-Dissertation an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.

ze, ihren Wasserbedarf aus tieferen Bodenschichten zu decken, dürfte für den Rebenanbau am Hang von besonderer Bedeutung sein. Bei einer günstigen Wasserversorgung (ausreichender Sauerstoffgehalt des Bodens, mittlerer CO₂-Gehalt) ist vielfach neben einer positiven Wirkung auf das Wurzelwachstum eine noch stärkere Förderung des Sproßwachstums beobachtet worden (MÜLLER-THURGAU 1899, ZAWODNY 1896, TUCKER und v. SEELHORST 1898, DEGRULLI und RAVAZ 1905, KUTSCHERA 1960).

Ein hoher Bodenwassergehalt oder stauende Nässe (geringe Sauerstoffversorgung) aber führen zu einer schwächeren Ausbildung der gesamten Wurzelsysteme (WÄCHTER 1916, WEAVER 1919, RUSSEL 1952).

Bei der künstlichen Beregnung ist zu beobachten, daß die Wurzeln nicht in tiefere Bodenschichten eindringen, weshalb eine Trockenheit nach der Bewässerung sehr leicht zu starken Ertragsdepressionen und Trockenschäden führen kann (KVARAZKHELIA 1931).

Als weiterer Umweltfaktor übt die Temperatur einen Einfluß auf das Wurzelwachstum aus, wobei die Temperaturansprüche der Wurzel offenbar niedriger liegen als die des Sprosses. Das bedeutet, daß die Wurzel bei mehrjährigen Arten im Spätherbst noch wachsen kann, wenn die Temperatur für das Sproßwachstum bereits unter dem Wachstumsminimum liegt. Die hierbei festgestellten Sortenreaktionen verdienen im Pflanzenanbau Beachtung (SACHS 1878, ASKENASY 1890, KOSOWITSCH 1904, KÖNEKAMP 1953). Daneben wurden bei Weizen, Gerste und Roggen bei niedriger Temperatur wenige große, starke Wurzeln festgestellt, die bis zur Ernte ihre weiße Farbe und ein gesundes Aussehen bewahrten. Mit zunehmender Temperatur blieben die Wurzeln dünner und bei 30° C nahmen sie eine intensiv braune Farbe an (BIALOBLOCKI 1871). Somit wird das Wurzelsystem um so einfacher konstruiert, je niedriger die Temperatur des Bodens ist und um so komplizierter, je wärmer der Boden ist (HELLRIEGEL 1883).

Das wahrscheinliche Vorliegen unterschiedlicher Temperaturansprüche bei Reben ist für den Pfropfrebenanbau von Interesse. Als sichtbarer Ausdruck der Wiederaufnahme des Wurzelwachstums im zeitigen Frühjahr ist nämlich die Blutung anzusehen, die ihrerseits den Knospenaustrieb des Reises beeinflusst. Es kann angenommen werden, daß eine zeitliche Übereinstimmung zwischen beiden Komponenten für jede Pfropfsymbiose als optimal anzusprechen ist. Andererseits aber wird eine sehr zeitig einsetzende Blutung möglicherweise zu einem zwangsläufig früheren Knospenaustrieb führen, während das Unterbleiben einer Blutung bei bereits beginnendem Austrieb zu Störungen in der Wasser- und Nährstoffversorgung der Knospe führen könnte.

In den vorliegenden Untersuchungen geht es vornehmlich darum, den jahreszeitlichen Verlauf des Wurzelwachstums zu erfassen, eventuelle Sortenunterschiede aufzudecken und die Beeinflussung des Wurzelwachstums durch die Klimakomponenten Tageslänge, Temperatur und Wasser kennenzulernen. Die vorgenommene Sortenwahl erfolgte unter dem Gesichtspunkt, möglichst extreme Reaktionstypen zu überprüfen.

Material und Methoden

Als Pflanzenmaterial dienten 2-Augenstecklinge aus Klonbeständen, wobei nachfolgende Rebensorten in die Versuche aufgenommen wurden:

a) *V. vinifera*: Riesling Klon 90, Silvaner

- b) interspezifische Neuzucht: Siegfried (Moselriesling \times [*V. riparia* \times *V. vinifera* var. Gamay] F₂)
- c) amerikanische Wildform: *V. riparia* Klon G1
- d) Unterlagsrebe: Kober 5 BB (*V. berlandieri* \times *V. riparia*)

In der Regel wurden nur 2jährige Topfreben verwendet. Während der Vorbereitungszeit standen sie in Tontöpfen (10 cm hoch und 10 cm oberer Durchmesser), die mit einer Sand-Torf-Kompostmischung gefüllt waren. Das Umtopfen erfolgte nach einem Rückschnitt der Triebe auf 1 bis 2 Knospen und einer starken Einkürzung und Waschung der Wurzeln. Als Versuchsgefäße dienten Mitscherlichgefäße (6,2 l), die mit nährstofffreiem Sand gefüllt wurden. Für Versuche mit kontrollierter Wassersättigung standen 3-l-Einmachgläser zur Verfügung, die ebenfalls mit Quarzsand gefüllt und entweder im Gewächshaus oder in Konstanträumen aufgestellt wurden. In anderen Untersuchungsreihen wurden die Reben in Rebenspezialtöpfe (17,5 cm hoch und 12 cm oberer Durchmesser) gepflanzt, wobei als Füllung ein lehmhaltiger Sand verwendet wurde. Zur Messung der Wachstumsgeschwindigkeit von Wurzeln wurden aus Plexigumrohren der Fa. Röhm & Haas Zylinder von 50 cm Länge und einem lichten Durchmesser von 10 cm hergestellt.

Bei den in Gewächshäusern durchgeführten Versuchen konnte eine Temperatur von mindestens 18° C eingehalten werden. Bei intensiver Sonneneinstrahlung stieg die Temperatur kurzfristig auf ca. 35° C. Die Verkürzung der natürlichen Tageslänge erfolgte mittels lichtdichter Vorhänge. Die Zusatzbeleuchtung der Pflanzen zur Verlängerung der Lichtperiode oder zur Unterbrechung der Dunkelphase erfolgte mit Osram HNI de Luxe Leuchtstofflampen, die eine Lichtintensität von etwa 1500 Lx in einer Entfernung von 40 cm lieferten. Eine Reihe von Versuchen wurde in licht- und temperaturregulierbaren Konstanträumen durchgeführt. Die Beleuchtung erfolgte mit 40 W Philips Warmton de Luxe Leuchtstoffröhren und Philips 250 W HPL-Lampen, wobei in einem Abstand von 50 cm eine Lichtintensität von etwa 10 000 Lx gemessen werden konnte. Die Temperaturregulierbarkeit lag bei einer Genauigkeit von $\pm 1^{\circ}$ C und die Luftfeuchtigkeit zwischen 70 und 95%.

Zur Nährstoffversorgung der in Quarzsand wachsenden Pflanzen wurde eine aus NH_4NO_3 , K_2SO_4 und $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O}$ hergestellte Standardlösung verwendet. Die Grunddüngung von 1 g CaCO_3 und 0,5 g MgSO_4 sowie etwas Eisen-3-chlorid je Mitscherlichgefäß wurde bei der Füllung sofort beigemischt. Die übrigen Versuche wurden je nach Bedarf mit einer HaKaPhos-Lösung (5 g auf 10 l Wasser) gedüngt. Bei Versuchen in Mitscherlichgefäßen wurde auf Durchlauf gegossen, während bei den in geschlossenen Gläsern durchgeführten Experimenten eine bestimmte Bodenwasserkapazität eingehalten wurde.

Das Triebwachstum wurde durch Wuchslänge und Blattzahl sowie durch das Frisch- und Trockengewicht des Sprosses bestimmt. Die Wurzeln wurden nach vorsichtigem Ausschütteln und Waschen über einem Sieb von 1 mm Maschenweite bonitiert und das Trockengewicht festgestellt. Vorversuche haben ergeben, daß bei Verwendung von Sand-Torf-Kompostmischungen eine einwandfreie Trennung der Wurzeln nicht möglich war. Die Ermittlung der Wachstumsgeschwindigkeit (WG) von Wurzeln erfolgte in durchsichtigen Zylindern. Die an der Zylinderwand entlangwachsenden Wurzeln wurden jeweils um 8 Uhr und 18 Uhr gemessen und aus dem Durchschnitt von mindestens 15 Parallelmessungen je Variante der Zuwachs bestimmt.

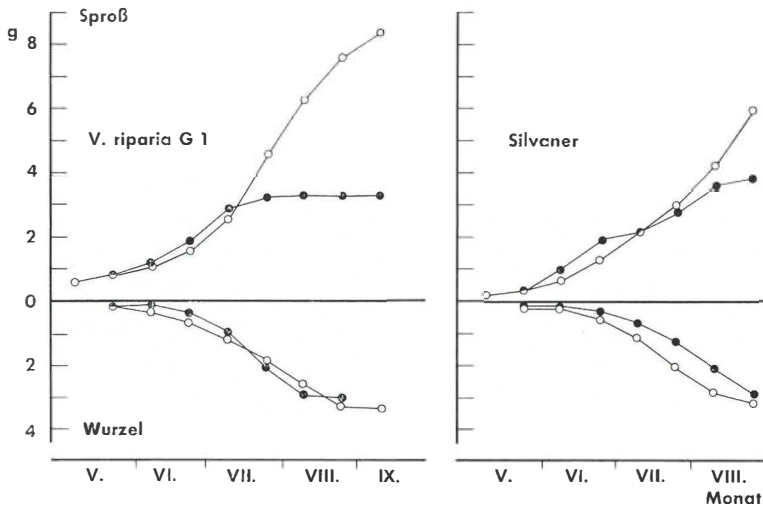


Abb. 1: Trockengewicht von Sproß und Wurzel der Sorten Riparia G 1 und Silvaner im Normaltag (o—o) und Kurztag (●—●).

Ergebnisse

1. Der Verlauf des Sproß- und Wurzelwachstums während der Vegetationszeit.

Um das Sproß- und Wurzelwachstum von Silvaner und Riparia G1 zu beobachten, wurden zweijährige Pflanzen im zeitigen Frühjahr (1. 4. 1963) zurückgeschnitten, umgetopft und in einem Warmhaus zum Austrieb gebracht. Die Wurzeln wurden zur leichteren Bestimmung des Zuwachses bis auf 5 sproßbürtige Wurzeln entfernt und auf ca. 3 cm zurückgeschnitten.

Es zeigte sich, daß der Austrieb der Knospe zeitiger als die Wiederaufnahme des Wurzelwachstums bzw. der Neubildung von Adventivwurzeln erfolgte (Abb. 1). Hierdurch ergab sich zunächst ein sehr weites Sproß : Wurzel-Verhältnis von z. B. 32 : 1 am 25. April bei Riparia G1. Sobald das Wurzelwachstum einsetzte, änderte sich dieses Bild sehr rasch. Durch die nun zunehmende Intensität des Wurzelwachstums erfolgte eine fortlaufende Einengung des Sproß : Wurzel-Verhältnisses. Am 8. 8. wurde das engste Verhältnis bei Riparia G1 mit 2,05 : 1 und bei Silvaner mit 1,40 : 1 erreicht. Sodann trat eine relative Hemmung des Wurzelwachstums ein und somit erneut eine Erweiterung des Sproß : Wurzel-Verhältnisses. Mithin ist das Sproß : Wurzel-Verhältnis nicht konstant, sondern im Laufe der Vegetationszeit Veränderungen unterworfen.

Das Sproß : Wurzel-Verhältnis wird zusätzlich durch die Photoperiode beeinflusst. Bei den seit dem 20. 5. 1963 im 11stündigen Kurztag wachsenden Pflanzen erfolgte eine sortenspezifisch unterschiedliche photoperiodische Hemmung des Sproßlängenwachstums, die sich aber nicht auf die Wurzel übertrug. Hierdurch wurde bei annähernd gleichbleibendem Wurzelwachstum im Normaltag und Kurztag das Sproß : Wurzel-Verhältnis entsprechend der photoperiodischen Sensibilität der Sorten verändert. So erfuhr die kurztagempfindliche amerikanische Wildform Riparia G1 durch die Einwirkung eines 11stündigen Kurztages eine wesentlich stärkere Einengung des Sproß : Wurzel-Verhältnisses als die europäische Kultursorte. Umgekehrt

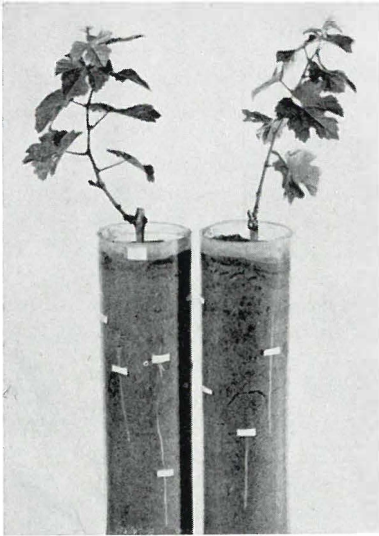


Abb. 2: Plexigumzylinder zur Beobachtung der Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln.

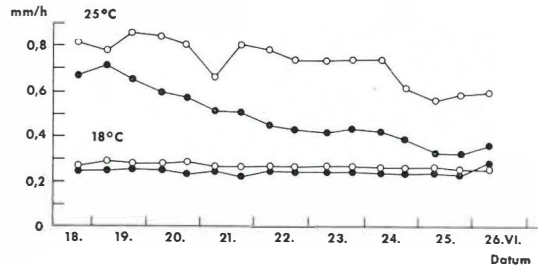


Abb. 3: Einfluß von Langtag (o—o, Kurztag + Störlicht) und Kurztag (●—●) bei verschiedener Temperatur auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Rieslingwurzeln.

war bei der ersteren im Normaltag (sommerlicher Langtag) das Triebwachstum stärker gefördert als bei der letzteren, so daß sich Riparia G1 im Normaltag durch ein extrem weites Verhältnis auszeichnete.

2. Die Wachstumsgeschwindigkeit der Rebenwurzel.

Vorversuche mit der Sorte Riesling 90 haben ergeben, daß die direkte Belichtung der Wurzeln keinen Einfluß auf die Wachstumsgeschwindigkeit (WG) ausübte. Deshalb war es möglich, das Wachstum der Wurzeln, die entlang einer durchsichtigen Plexiglaswand wuchsen, zu verfolgen (Abb. 2).

Bei der Messung von Rieslingwurzeln in Konstanträumen bei verschieden hoher Temperatur war eine enge Wechselbeziehung zwischen Tageslänge und Temperatur festzustellen, wobei niedrige Temperatur und Kurztag die Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzel verminderten. Die Kurztagwirkung war bei hoher Temperatur (25° C) signifikanter als bei niedriger: Verminderung der WG von 0,73 mm/h im photoperiodischen Langtag (= Kurztag + Störlicht) auf 0,49 mm/h im Kurztag (Abb. 3). Bei niedriger Temperatur sind indes die Unterschiede zwischen Langtag und Kurztag nahezu völlig aufgehoben (WG: 0,27 mm/h bzw. 0,25 mm/h). Aufgrund dieser engen Wechselbeziehung ist umgekehrt der Temperatureinfluß im Langtag höher als im Kurztag. So wurde im Langtag die WG durch Herabsetzung der Temperatur von 25° C auf 18° C von 0,73 mm/h auf 0,27 mm/h (=37%) vermindert. Hingegen führte die gleiche Temperaturänderung im Kurztag nur zu einer Reduktion von 0,49 auf 0,25 mm/h (= 51%). Der Temperatureinfluß war in diesem Versuch ausgeprägter als der Tageslängeneffekt. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Sorte Riesling zu den photoperiodisch wenig sensiblen Sorten zählt.

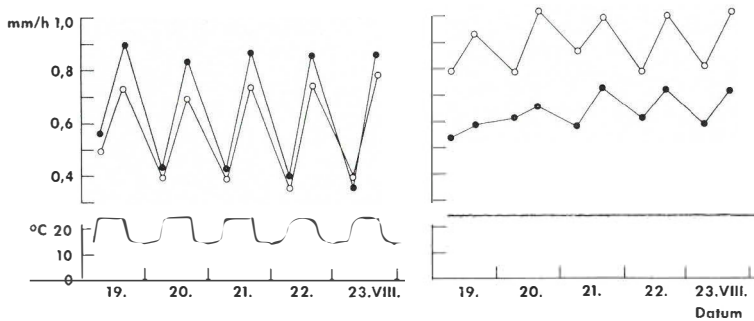


Abb. 4: Einfluß von Langtag (o—o), Kurztag + Störlicht) und Kurztag (●—●) bei verschiedener Temperatur auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Rieslingwurzeln. Links 24/15° C, rechts 24° C.

Um den Temperatureinfluß noch näher zu analysieren, wurden Versuchspflanzen in der Zeit vom 12. 8. bis 23. 8. 1963 unter verschiedener Photoperiode in Konstanträumen bei 24° C Dauertemperatur und 24/15° C Wechseltemperatur (von 8 bis 18 Uhr bei 24° C und von 18 bis 8 Uhr bei 15° C, Nachttemperatur unterstrichen) gemessen. Auch in diesem Versuch begannen die Messungen erst nach einer 15tägigen Gewöhnung der Pflanzen an die veränderten Umweltbedingungen.

Die hohe Temperaturabhängigkeit des Wurzelwachstums ist durch den Einfluß des täglichen Temperaturwechsels von 24° C auf 15° C sehr deutlich zu erkennen, denn die Wachstumsgeschwindigkeit folgte streng dem Temperaturverlauf (Abb. 4). Ob die bei konstanter Temperatur beobachteten Tag-Nachtschwankungen der WG zufallsgebunden sind oder einem endogenen Rhythmus folgen, konnte nicht beantwortet werden.

Die enge Temperatur-Tageslängen-Interaktion, die bei konstant hoher Temperatur zu einer signifikanten Kurztaghemmung führte (vergl. Abb. 3 und Abb. 4), wurde offensichtlich durch Wechseltemperatur aufgehoben. Wie auf Abb. 4 zu sehen ist, war die WG der Wurzeln während der 10stündigen Einwirkung hoher Temperatur sogar geringfügig höher als im Langtag. Noch deutlicher wird das unterschiedliche photoperiodische Verhalten bei konstant hoher und Wechseltemperatur, wenn die Durchschnittswerte der WG der Wurzeln während der Lichtphase — in beiden Fällen 24° C — verglichen werden. Bei konstant hoher Temperatur betrug sie $0,63 \pm 0,07$ mm/h und bei Wechseltemperatur $0,84 \pm 0,07$ mm/h. Der Unterschied ist fehlerkritisch gesichert.

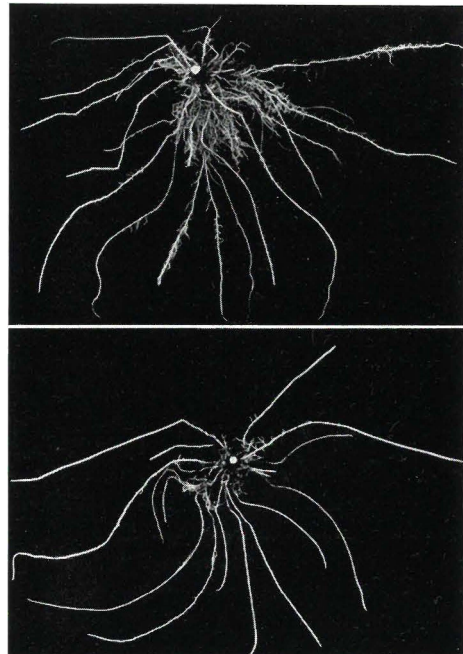


Abb. 5: Einfluß der Temperatur auf die Ausbildung der Rieslingwurzeln im Langtag. Oben: bei 25° C, unten: bei 15° C. Die Wurzelenaufnahmen stammen aus einem im Mai durchgeführten Versuch.

Neben dem Einfluß der Temperatur auf die WG der Wurzeln führte sie zu einer Veränderung im Wurzeltyp (Abb. 5). Bei 25° C Dauertemperatur wurden zahlreiche Faserwurzeln angelegt, während sie bei 15° C Dauertemperatur fast völlig fehlten. Das bedeutet, daß hohe Temperaturen die Ausbildung eines intensiven Wurzeltyps förderten, niedrige Temperaturen aber zu einem extensiven Wurzelwachstum Anlaß gaben. Dieser Temperatureinfluß ließ sich auch unter Kurztagbedingungen bei der Sorte Riesling 90 nachweisen.

Die Wurzeltrockensubstanz wurde kaum verändert, denn bei niedrigen Temperaturen zeichneten sich die kräftigeren Hauptwurzeln durch eine höhere Trockenmasse aus.

3. Einfluß der Tageslänge auf das Wurzelwachstum.

Untersuchungen über den Einfluß der Tageslänge bei Reben wurden bisher von HACKBARTH und SCHERZ (1935), HUSFELD (1936) und ALLEWELDT (1959, 1960, 1961, 1963) durchgeführt. Dabei ergab sich als auffallendstes Symptom eine Hemmung des Triebhöhenwachstums durch einen photoperiodischen Kurztag. Diese Hemmung ist sortenspezifisch, wie auch in den nachfolgenden Experimenten bestätigt werden konnte. So zeigte die Sorte Siegfried nur eine geringe Kurztagempfindlichkeit, während Kober 5BB mit einer mittleren und Riparia G1 mit einer relativ sehr starken Hemmung im 12stündigen Kurztag reagierten (Tab. 1). Es sei ergänzend darauf hingewiesen, daß der Zeitpunkt der Versuchsanstellung für den Grad der photoperiodischen Hemmung von großer Bedeutung ist. So führte eine Tageslängenveränderung im Spätsommer, also zu einer Zeit, in welcher die Pflanzen auch unter natürlichen Umweltbedingungen das Triebwachstum verringern, zu einer sehr raschen photoperiodischen Reaktion. Dadurch kann es in diesem wachstumsphysiologischen Alter zu einem Reaktionsausgleich zwischen den europäischen Kultursorten und den amerikanischen Wildarten in der Weise kommen, daß beide Sortengruppen gleichstark auf eine verkürzte Tageslänge reagieren.

Das Wurzelwachstum wurde, wie bereits auf Abb. 1 angedeutet, nicht in gleichem Umfange durch die Tageslänge modifiziert wie das Sproßwachstum. Erst wenn letzteres photoperiodisch extrem gefördert (Langtag) oder gehemmt (Kurztag) wurde, war eine meßbare Reaktion des Wurzelwachstums zu beobachten (Tab. 2 und Abb. 6).

Tabelle 1
Einfluß der Tageslänge auf das Wurzelwachstum von Reben

Sorte	Tageslänge	Wuchslängen- zunahme in cm		Trockensubstanzgewichte in g und %						Sproß Wurzel
		\bar{x}	$\pm m$	Sproß			Wurzel			
				\bar{x}	$\pm m$	rel.	\bar{x}	$\pm m$	rel.	
Siegfried	Normaltag	96	4,8	5,14	0,5	100	1,32	0,09	100	3,9
	Kurztag	79	4,7	4,29	0,3	84	0,94	0,16	71	4,6
Kober 5 BB	Normaltag	145	5,2	8,21	0,5	100	1,92	0,17	100	4,3
	Kurztag	95	5,5	3,64	0,4	43	1,02	0,21	53	3,6
Riparia G 1	Normaltag	119	4,7	6,22	0,6	100	1,68	0,15	100	4,1
	Kurztag	19	2,1	1,22	0,2	20	1,03	0,10	61	1,2

Versuchsdauer: 51 Tage (24. 4. — 14. 6. 1962); Tageslänge: Kurztag: 7.00—19.00 Uhr (= 12 Stunden).

Das höchste Wurzelgewicht wurde von den im Normaltag wachsenden Reben erzielt, dicht gefolgt (in diesem Versuch nicht signifikant unterschiedlich) von der Kurztag-Variante. Die geringste Wurzelmasse wurde von den mit Kurztag + Störlicht behandelten Reben ausgebildet. So führte also die starke Hemmung des Triebwachstums keineswegs zu einer entsprechenden Reduktion der Wurzelmasse, während auf der anderen Seite die durch den photoperiodischen Langtag hervorgerufene Stimulation des Triebwachstums nicht mit einer zunächst zu erwartenden Förderung der Wurzel verbunden war.

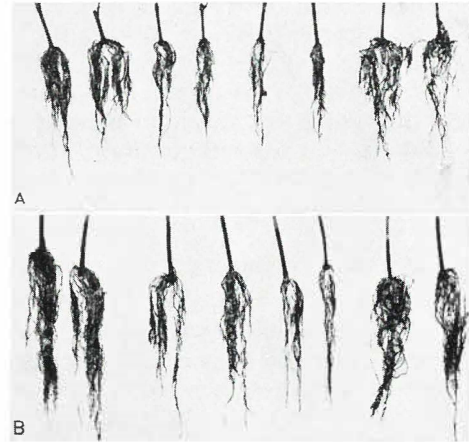


Abb. 6: Einfluß der Photoperiode auf das Wurzelwachstum von Riesling 90 (A) und Kober 5 BB (B). Von links nach rechts (jeweils zwei Wurzeln): Normaltag; Störlicht (Kurztag + Störlicht, 11 Stunden); 14 Stunden; Kurztag von 11 Stunden.

Tabelle 2

Einfluß der Photoperiode auf das Wurzelwachstum von Reben

Sorte	Tageslänge	Wuchslängen- zunahme		Trockensubstanzgewichte in g				Sproß Wurzel
		\bar{x}	$\pm m$	Sproß		Wurzel		
		\bar{x}	$\pm m$	\bar{x}	$\pm m$	\bar{x}	$\pm m$	
Riesling	Normaltag	35	11,0	2,8	0,20	1,41	0,10	2,0
	Störlicht	78	8,0	1,8	0,19	0,39	0,06	4,6
	14 Stunden	69	14,0	3,2	0,26	0,71	0,06	4,5
	Kurztag	7	1,1	1,8	0,16	1,06	0,09	1,7
Siegfried	Normaltag	52	4,2	3,6	0,26	1,53	0,14	2,4
	Störlicht	112	4,1	2,8	0,14	0,49	0,15	5,6
	14 Stunden	93	4,4	3,9	0,30	0,78	0,17	5,0
	Kurztag	13	3,4	2,6	0,26	1,50	0,25	1,7
Kober 5 BB	Normaltag	72	9,0	5,6	0,39	3,24	0,15	1,7
	Störlicht	91	14,0	4,2	0,36	0,67	0,12	6,3
	14 Stunden	97	12,0	4,9	0,41	1,32	0,27	3,7
	Kurztag	15	2,1	3,7	0,37	2,70	0,39	1,4
Riparia G 1	Normaltag	39	5,4	2,8	0,19	1,41	0,10	2,0
	Störlicht	76	8,5	2,4	0,25	0,56	0,12	4,3
	14 Stunden	85	13,0	2,8	0,20	0,53	0,15	5,3
	Kurztag	9	2,0	1,8	0,20	1,23	0,25	1,5
GD 5%		14,1		0,52		0,79		

Versuchsdauer: 63 Tage (20. 7. — 21. 9. 1961); Tageslänge: Störlicht: 7.00—18.00 Uhr + 0.30—1.30 Uhr (= 12 Stunden), 14 Stunden: 7.00—21.00 Uhr, Kurztag: 7.00—19.00 Uhr (= 12 Stunden).

Diese Reaktionen finden ihren Niederschlag im Sproß : Wurzel-Verhältnis, welches im Mittel der 4 Sorten (Tab. 2) im Normaltag 2,0, im 12stündigen Kurztag 1,6 und im photoperiodischen Langtag (Störlicht) 5,2 betrug.

Aufgrund dieser Befunde kann vermutet werden, daß die verminderte Intensität des Wurzelwachstums im Langtag auf die Verwendung der Assimilate zum Aufbau des Sprosses zurückzuführen ist. Andererseits ist zu vermuten, daß die photosynthetische Aktivität der Blätter von im Kurztag wachsenden Pflanzen zu einer Assimilatabwanderung in die Wurzel führt (ALLEWELDT 1964 b).

4. Einfluß einer Temperatur-Photoperiode-Wechselwirkung auf das Wurzelwachstum.

Die auf Seite 000 bis 000 besprochenen Ergebnisse weisen auf eine enge Wechselbeziehung zwischen Photoperiode und Temperatur hin, wie sie bereits mehrfach an anderen Holzpflanzen von DAUBENMIRE (1947), WELLENSIEK, DOORENBOS und DE ZEEUW (1954), DOWNS und BORTHWICK (1956), NITSCH (1957 b), WENT (1957), ZEEVAART (1963) u. a. festgestellt wurde. Es war daher naheliegend, Versuche in temperaturregulierbaren Konstanträumen durchzuführen, von denen in Tab. 3 ein charakteristisches Beispiel wiedergegeben worden ist. Danach trat die Kurztag-Reaktion bei höheren Temperaturen sehr viel extremer in Erscheinung als bei niedrigen Temperaturen oder bei einer Thermoperiode mit kühlen Nachttemperaturen. So wurde die Trieblänge der Sorte Siegfried bei konstanter Temperatur durch Kurztag um 83% und bei einer Thermoperiode von 24/15° C (15° C Nachttemperatur) um nur 41% vermindert. Die Ursache hierfür liegt in der tageslängenabhängigen Temperaturwirkung. Die Thermoperiode mit kühlen Nachttemperaturen reduziert das Triebängenwachstum nur im Langtag, nicht aber im Kurztag, wo die photoperiodische Hemmung dominiert. Auch das Sproßgewicht folgt der gleichen Gesetzmäßigkeit. Hier wurde das Maximum bei konstant hoher Temperatur und Langtag erreicht. Bei Wechseltemperatur waren die Tageslängendifferenzen aufgehoben. Ebenso wie Siegfried reagierten die Sorten Riesling 90 und Riparia G1.

Trotz der deutlich erkennbaren Sproßreaktionen auf Photo- und Thermoperiode wurde das Wurzeltrockengewicht nur bei hoher Temperatur und Kurztag geringfügig stimuliert.

Tabelle 3

Wurzelwachstum von Siegfried im LT (Störlicht) und KT (11 Stunden) bei verschiedener Temperatur

Temperatur	Tageslänge	Wuchslängen-zunahme in cm und %			Trockensubstanzgewichte in Gramm und %									
					Sproß			Wurzel			Gesamt			Sproß Wurzel
		\bar{x}	$\pm m$	rel.	\bar{x}	$\pm m$	rel.	\bar{x}	$\pm m$	rel.	\bar{x}	$\pm m$	rel.	
24° C	Störlicht	71,5	5,25	100	3,14	0,15	100	0,53	0,03	100	3,67	100	5,9	
	Kurztag	12,1	3,50	17	1,85	0,36	59	0,67	0,06	126	2,52	69	2,8	
24/15° C	Störlicht	31,7	4,82	100	1,89	0,23	100	0,45	0,06	100	2,34	100	4,2	
	Kurztag	21,8	3,77	69	1,78	0,36	94	0,50	0,06	111	2,28	98	3,6	

Versuchsdauer: 47 Tage (19. 7. — 4. 9. 1963); Düngung: 0,12 g N; 0,17 g K₂O; 0,09 g P₂O₅ je Pflanze; Wasserversorgung: 80% der Wasserkapazität; Thermoperiode: 24° C von 7.00—18.00 Uhr und 15° C von 18.00—7.00 Uhr; Photoperiode: Störlicht: 7.00—17.00 Uhr + 24.00—1.00 Uhr (= 11 Stunden) und Kurztag: 7.00—18.00 Uhr (= 11 Stunden).

Die unterschiedliche Reaktionsweise von Sproß und Wurzel auf Photo- und Thermoperiode führte zu einer Einengung des Sproß: Wurzel-Verhältnisses unter beiden Temperaturbedingungen durch Kurztage.

5. Wechselwirkung zwischen Temperatur und Wasserversorgung auf das Wurzelwachstum.

Die Wachstumsgeschwindigkeit von Wurzeln und das Verhältnis zwischen Sproß und Wurzel werden durch den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens in Abhängigkeit von den Temperaturbedingungen mehr oder weniger stark modifiziert (TUCKER und v. SEELHORST 1898 bei Hafer, POLLE 1910 bei Weizen und Gerste, GIST und MOTT 1957 bei verschiedenen Kleearten, KAUSCH und EHRIG 1959 u. a.). Auch bei Reben ließ sich eine von der Temperatur abhängige Wirkung der Wasserversorgung auf das Trieb- und Wurzelwachstum beobachten, wie aus den auf Abb. 7 dargestellten Versuchsergebnissen hervorgeht.

Erneut ist festzustellen, daß das Sproßwachstum durch Variation der Temperatur- und Wasserverhältnisse wesentlich stärker verändert wird als das Wurzelwachstum. Bei 24° C und 80% Wasserkapazität (WK) waren Wuchslänge und Trockensubstanz des Triebes am größten, sie nahmen in der Reihenfolge 24/15° C und 80% WK, 24° C und 40% WK, 24/15° C und 40% WK ab. Der fördernde Einfluß der Wasserversorgung verminderte sich bei Kober 5BB durch hohe Temperaturen (24° C) im Vergleich zur Thermoperiode. Demnach konnte unter den gewählten Versuchsbedingungen durch den Faktor Wasser eine höhere Wirkung auf Sproßlänge und -trockensubstanz erzielt werden als durch die Temperatur.

Hinsichtlich der Wurzelrockenmasse war lediglich bei der Unterlage Kober 5BB eine schwache Förderung durch Trockenhalten bei konstant hoher Temperatur nachzuweisen. Die gleiche Tendenz war zwar bei der Sorte Riesling 90 ebenfalls zu erkennen, jedoch statistisch nicht signifikant. Das Sproß : Wurzel-Verhältnis wurde durch eine verbesserte Wasserversorgung von im Mittel 3,4 : 1 bei 40% WK auf 7,0 : 1 bei 80% WK erhöht. Besonders deutlich trat diese Erweiterung bei Riesling unter konstant hohen Temperaturbedingungen mit Werten von 3,8 bzw. 9,0 ein. Eine Einengung des Sproß : Wurzel-Verhältnisses war bei der Sorte Riesling 90 durch die Einwirkung niedriger Nachttemperatur im Vergleich zu hohen Temperaturen fest-

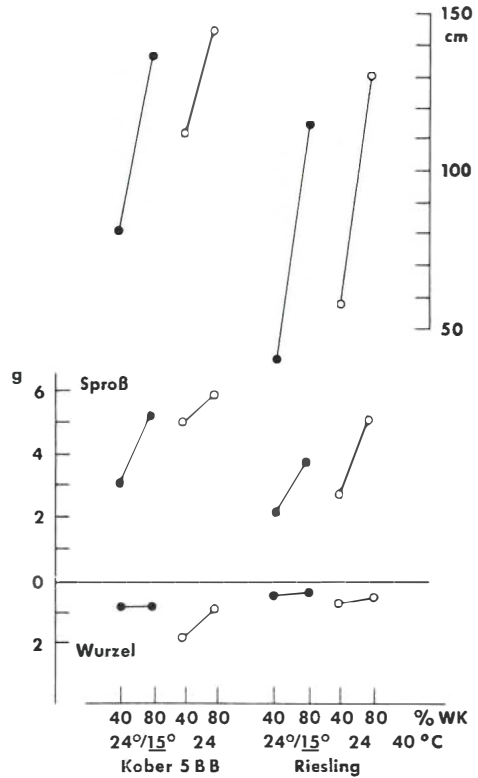


Abb. 7: Einfluß der Temperatur (°C) und Wasserversorgung (WK) auf Sproß- und Wurzelwachstum der Sorten Kober 5 BB und Riesling 90. ●—●: Wechseltemperatur, o—o: konstante Temperatur.

zustellen. Auf das gleiche Verhalten wurde bereits bei der Sorte Siegfried hingewiesen (Tab. 3), welche mit Riesling nahe verwandt ist.

Aus den mitgeteilten Befunden, wie sie in Abb. 7 zusammengestellt sind, läßt sich abschließend feststellen, daß die größte Trockensubstanzproduktion von Kober 5BB bei einer Thermoperiode von 24/15° C und von Riesling bei konstant hohen Temperaturen von 24° C erreicht wird, wenn die Wasserversorgung in beiden Fällen auf 80% WK eingestellt wurde.

Diskussion

Eine gute Ertragsleistung von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen ist nur dann zu erwarten, wenn im Hinblick auf die gegebenen Standortfaktoren Boden und Klima eine entsprechende Wahl der an diese Milieukomponenten angepaßten Sorten erfolgt ist und wenn gleichzeitig über die erforderliche Pflege hinaus die Ernährungs- und Wasseransprüche durch eine optimale Düngung, Be- und Entwässerung befriedigt sind. Auf Grund dieser Gegebenheiten hat die Analyse der umweltabhängigen Merkmalsausprägung für den praktischen Anbau Bedeutung.

Aus den vorliegenden Untersuchungen geht hervor, daß das Sproßwachstum durch die Umwelt im allgemeinen stärker modifiziert wird als das der Wurzel. Dieses Ergebnis dürfte zum Teil auf die besonderen Verhältnisse eines Gefäßversuches zurückzuführen sein, da ein ungestörtes Wachstum der Wurzel in den relativ kleinen Gefäßen kaum gegeben ist. So ist auch das Längenwachstum der Wurzel in einem Gefäß, insbesondere bei veränderter Wasserversorgung, nur bedingt mit den Reaktionen im Freiland vergleichbar. Andererseits haben aber die Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf das Wurzelwachstum sehr wohl gezeigt, daß die spezifischen Merkmale einer intensiven und extensiven Wurzelstruktur im Gefäßversuch zu erfassen sind. Im Hinblick darauf, daß für die ökologische Streubreite und Leistungsfähigkeit landwirtschaftlicher Kulturpflanzen weder ein ausgesprochen intensives noch ein extensives Wurzelsystem als besonders vorteilhaft anzusehen ist, sondern vielmehr der Grad der Anpassungsfähigkeit der Wurzel an gegebene Umweltfaktoren, gewinnen die genannten Beobachtungen eine praktische Aussagekraft.

Von den Klimakomponenten übt der Faktor Licht einen besonderen Einfluß auf das Sproß- und Wurzelwachstum aus. So wird das Sproßwachstum im Langtag einseitig gefördert und das Wurzelwachstum gehemmt. Im Kurztag aber wird das Sproßlängenwachstum weitgehend unterdrückt und das Wurzelwachstum nur wenig verändert. Dieser Befund steht im Einklang mit Beobachtungen von KRAMER (1957) an *Pinus strobus*. Weinbaulich von großem Interesse war die Beobachtung, daß die photoperiodischen Reaktionen in quantitativem Sinne sortenspezifisch sind (HACKBARTH und SCHERZ 1935, HUSFELD 1936, ALLEWELDT 1963). Hierbei zeichneten sich die amerikanischen Wildformen, insbesondere die als Unterlage verwendete *V. riparia*, durch eine hohe photoperiodische Sensibilität aus. Dies bedeutet, daß sie im Langtag (über 13 bis 14 Stunden Licht je Tag) ein üppiges Sproßwachstum und eine relativ geringe Ausbildung der Wurzel zeigten. Dagegen war das Triebwachstum im Kurztag weitaus schwächer, das Wurzelwachstum aber stärker als bei den europäischen Kulturformen (*V. vinifera*). Das unterschiedliche photoperiodische Verhalten von amerikanischen und europäischen Arten und die hierdurch bedingte Veränderung im Sproß:Wurzel-Verhältnis veranlaßte HACKBARTH und SCHERZ (1935), die amerikanischen Spezies als Kurztagpflanzen und die europäischen als fast tagneutral zu bezeichnen. Die von den genannten Autoren mitgeteilten Werte der Sproß:Wur-

zel-Relation weichen allerdings quantitativ von den vorliegenden Befunden ab, was aber im wesentlichen auf methodische Prinzipien zurückzuführen ist. Während HACKBARTH und SCHERZ (1935) ihre Untersuchungen in Frühbeetkästen durchführten, stand den Pflanzen in den hiesigen Experimenten nur der sehr begrenzte Raum eines Gefäßes zur Verfügung. Die prinzipiell übereinstimmende Beobachtung, wonach die amerikanischen, kurztagsensiblen Sorten im Langtag ein wesentlich weiteres Sproß : Wurzel-Verhältnis haben, spricht dafür, daß sie dieses auch in unserem Anbaugbiet mit extrem langen Tagen im Sommer besitzen. Die praktische Konsequenz kann demzufolge nur ein unharmonisches Wachstum und eine geringe Widerstandsfähigkeit gegenüber klimatischen Belastungen sein, wovon hier die allgemein geringere Trockenresistenz der *riparia*-Formen genannt sei.

Zwischen der photoperiodischen Reaktion und der Temperaturwirkung bestehen enge Wechselbeziehungen. Bei relativ niedrigen Temperaturen von etwa 15 bis 18° C sind die photoperiodischen Reaktionen auf Trieb- und Wurzelwachstum nur noch schwach erkennbar. Mit steigender Temperatur erhöht sich auch die Empfindlichkeit gegenüber einem Wechsel in der Tageslänge. Dies bedeutet, daß erst bei relativ hohen Temperaturen (etwa über 24° C) im Kurztag die charakteristischen Symptome — Hemmung des Sproßwachstums und die Förderung des Wurzelwachstums — stärker hervortreten. Experimentelle Untersuchungen über die Temperaturreaktion der Rebe (ALLEWELDT 1964 b) deuten darauf hin, daß das Temperaturoptimum der amerikanischen Wild- und Unterlagssorten niedriger liegt als das der europäischen Kultursorten. Daraus darf gefolgert werden, daß nur bei den ersteren bereits bei niedrigeren Temperaturen eine Kurztagreaktion eintritt. Diese Vermutung wird durch die Beobachtung aus der Praxis unterstützt, wonach amerikanische Unterlagssorten jahreszeitlich früher „bluten“ und austreiben (DECKER 1954, ZIMMERMANN 1955 a).

Über Temperaturreaktionen der Wurzel an anderen Pflanzen wurde bereits mehrfach berichtet. So wurde bei der Tomate von ABD EL RAHMAN und Mitarb. (1959) nur ein geringer Einfluß niedriger Nachttemperaturen festgestellt. Die Wurzeln von Apfel und Pfirsich waren unter 4° C weiß gefärbt, fleischig, von größerem Durchmesser und nur wenig verzweigt (NIGHTINGALE 1935). Durch Erhöhung der Temperatur wurden die Wurzeln feiner und nahmen eine immer stärker werdende Braunfärbung an, was in völliger Übereinstimmung zu den Befunden an Reben steht (Abb. 5).

Als weiterer Faktor, der das Wurzelwachstum zu modifizieren vermag, ist die Wasserversorgung zu nennen. Dabei fördert eine geringe Versorgung das Wurzelwachstum im Vergleich zum Sproßwachstum. Ob ähnliche Reaktionsunterschiede zwischen amerikanischen und europäischen Arten bestehen, wie sie sich bei ihrer Reaktion gegenüber der Tageslänge abzeichneten, kann aus den vorangegangenen Untersuchungen nicht gefolgert werden, wenn auch BOSIAN (1940) und ZIMMERMANN (1955 a) darauf hinweisen. Für diesen Umstand dürften vor allem die experimentellen Schwierigkeiten einer unterschiedlichen und gleichmäßigen Wasserversorgung in Gefäßen verantwortlich sein.

Der umfassende Einfluß der Umweltfaktoren auf die Pflanze kann durch die Trockensubstanzbildung von Sproß und Wurzel (Sproß : Wurzel-Verhältnis) charakterisiert werden. Wegen der wiederholt nachgewiesenen unterschiedlichen Reaktion von Sproß und Wurzel auf ein und denselben Milieufaktor wird das Verhältnis in sortenspezifischer Weise erweitert oder eingengt. Die Extremwerte des Sproß : Wurzel-Verhältnisses vorliegender Versuche lagen bei 0,9 : 1 und 17,0 : 1. Das Sproß : Wurzel-Verhältnis wurde im allgemeinen eingengt durch Kurztag, mangelnde Wasserversorgung und niedrige Temperatur oder auch Wechseltempera-

tur. Es wurde erweitert durch Langtag, ausreichendes Wasserangebot und hohe Temperatur.

Für die Praxis des Weinbaues geben die vorliegenden Untersuchungsbefunde einige Hinweise, die sich vor allem daraus ableiten, daß eine Förderung des Sproßwachstums keineswegs zwangsläufig mit einer entsprechenden Förderung des Wurzelwachstums verbunden ist. Die einseitige Stimulation des Wachstums der oberirdischen Pflanzenteile kann nun, wie gezeigt wurde, durch eine lange Photoperiode, durch hohe Temperaturen aber auch durch eine hohe Wasserversorgung hervorgerufen werden. Zudem bestehen in der Wirkungsweise der genannten Klimakomponenten auf die Pflanze vielseitige Interaktionen, wodurch schon geringe Ausschläge eines Einzelfaktors zu deutlichen Reaktionen bei der Pflanze führen können. Eine hierdurch ausgelöste Erweiterung des Sproß : Wurzel-Verhältnisses aber bedeutet in praxi eine Verminderung der Belastbarkeit der Pflanze. Trockenheit nach vorangegangener Beregnung kann zu Trockenschäden führen, da die relativ kleine Wurzel den üppig wachsenden Sproß nicht im gleichen Maße mit Wasser zu versorgen vermag, wie eine relativ große Wurzel einen entsprechend kleineren Sproß. Nährstoffmangelsymptome dürften bei einem weiten Sproß-Wurzel-Verhältnis eher und in gefährlicherem Umfange als bei einem engen Verhältnis auftreten. Ebenso wird die Widerstandsfähigkeit der Wurzel gegenüber der Reblaus reduziert, wenn das Wurzelwachstum durch Langtag oder hohe Temperaturen im Vergleich zum Sproßwachstum relativ geschwächt wird. Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß bei einer einseitigen Anregung des Sproßwachstums die Nährstoffeinlagerung in die Wurzel vermindert und damit ihre Frostresistenz während der Winterruhe herabgesetzt wird. Folgerichtig erscheint es notwendig, bei allen Kultur- und Pflegemaßnahmen sowie bei der jeweiligen Sortenwahl die gegebenen Klimabedingungen des Standortes zu berücksichtigen und auf die Beibehaltung eines möglichst engen Sproß : Wurzel-Verhältnisses zu achten.

Meinen verehrten Lehrern, Herrn Prof. Dr. F. HILKENBÄUMER und Herrn Prof. Dr. B. HUSFELD, danke ich für die Stellung des Themas und die wohlwollende Förderung dieser Arbeit. Mein Dank gilt auch Herrn Priv.-Doz. Dr. G. ALLEWEIDT für die ständige Beratung und Unterstützung bei der Durchführung der Versuche.

Zusammenfassung

In den Jahren 1960—1963 wurden Versuche mit Topfreben der europäischen Kultursorten Riesling 90 und Silvaner, der interspezifischen Neuzucht Siegfried, der amerikanischen Wildform *V. riparia* G 1 sowie der Unterlagsorte Kober 5BB durchgeführt, um den Einfluß der Photoperiode, der Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes des Bodens auf das Wurzelwachstum festzustellen.

1. Untersuchungen über das jahresperiodische Verhalten des Trieb- und Wurzelwachstums ließen erkennen, daß unter Gewächshausbedingungen die Intensität des Triebwachstums der der Wurzel vorseilt. Demzufolge ergibt sich im Frühsommer ein sehr weites Sproß : Wurzel-Verhältnis. Im weiteren Verlauf des Wachstums erfuhr die Wurzel eine relative Förderung, woraus eine allmähliche Eingengung des Sproß : Wurzel-Verhältnisses resultiert. Kurztag förderte diese Eingengung sehr erheblich, da die kurze Photoperiode vornehmlich das Sproßwachstum hemmte und das Wurzelwachstum wenig beeinflusste.
2. Die Wachstumsgeschwindigkeit von Rieslingwurzeln wurde durch hohe Temperatur und Langtag gefördert. Hierbei konnte eine Wechselbeziehung zwischen Photoperiode und Temperatur derart festgestellt werden, als hohe Tag- und

- niedrige Nachttemperaturen die bei konstant hoher Temperatur beobachtete Kurztaghemmung aufhebt.
3. Die photoperiodische Reaktion der Reben zeigte sich durch eine Hemmung des Triebwachstums (Länge und Trockensubstanzgewicht des Triebes) im Kurztag und durch eine starke Förderung im photoperiodischen Langtag (Störlicht). Im Gegensatz dazu wurde das Wurzelwachstum im Kurztag nur sehr wenig, im Langtag aber stark gehemmt. Ihren Ausdruck fand diese gegenläufige Reaktion in einer starken Abänderung des Sproß : Wurzel-Verhältnisses.
 4. Durch hohe Temperaturen wurde die Sproßentwicklung stärker gefördert als das Wurzelwachstum. Daraus resultiert eine Erweiterung des Sproß :Wurzel-Verhältnisses gegenüber tieferen Temperaturen bzw. Wechseltemperaturen. Die Temperaturwirkung stand insoweit in Abhängigkeit zur Tageslänge, als hohe Temperaturen die photoperiodische Reaktion verstärkten und niedrige bei weniger kurztagsensiblen Sorten sogar zu einer Aufhebung der Kurztaghemmung führten.
 5. Eine Erhöhung der Wassergabe von 40% auf 80% der Wasserkapazität des Bodens bewirkte eine einseitige Förderung des Triebwachstums. Die Wurzeltrockensubstanz wurde absolut nur gering vermehrt oder blieb unverändert. Durch eine gleichzeitige Erhöhung der Temperatur wurde neben einer weiteren Steigerung des Sproßgewichtes eine Verminderung der Wurzeltrockensubstanz erreicht.
 6. Die Bedeutung der unterschiedlichen Sproß : Wurzel-Reaktion der Rebe gegenüber den Umweltfaktoren Licht, Temperatur und Wasser und das hierbei beobachtete sortenspezifische Verhalten wurde im Hinblick auf praktische Konsequenzen im Weinbau diskutiert.

Literaturverzeichnis

- ABD EL RAHMAN, A. A., J. F. BIERHUIZEN and P. J. C. KUIPER: Growth and transpiration of tomato in relation to night temperature under controlled conditions. Meded. Landb. Hogeschool Wageningen 59, 1—6 (1959).
- ALLEWELDT, G.: Der Einfluß der Photoperiode und Temperatur auf Wachstum und Entwicklung von Holzpflanzen unter besonderer Berücksichtigung der Gattung Vitis. Vitis 1, 159—180 (1957).
- — : Das vegetative Wachstum einjähriger Reben in Abhängigkeit von der Tageslänge. Vitis 2, 101—112 (1959).
- — : Aufnahme und Weiterleitung des photoperiodischen Reizes bei *Vitis vinifera* L. Naturwiss. 46, 177 (1959) b.
- — : Die Beziehung zwischen photoperiodischer Reaktion und Gibberellinsäure-Empfindlichkeit bei Reben. Z. Pflanzenz. 43, 63—84 (1960).
- — : Die Bedeutung der photoperiodischen Reaktion der Reben für Züchtung und Weinbau. Mitt. Klosterneuburg A 11, 112—122 (1961).
- — : Die Umweltabhängigkeit des vegetativen Wachstums, der Wachstumsruhe und der Blütenbildung von Reben. Vitis 4, 11—41 (1963).
- — : Über die Nachwirkung von Umweltfaktoren auf das vegetative Wachstum von Rebenstecklingen im Folgejahr. Z. Acker- u. Pflanzenbau 119, 178—194 (1964) a.
- — : Persönliche Mitteilung (1964) b.
- ASKENASY, E.: Über einige Beziehungen zwischen Wachstum und Temperatur. Ber. d. bot. Ges. 8, 61—94 (1890).
- BABO, A. v. und E. MACH: Handbuch des Weinbaues, Bd. 1, Berlin (1923).
- BIALOBLOCKI, J.: Über den Einfluß der Bodenwärme auf die Entwicklung einiger Kulturpflanzen. Landw. Vers.-Stat. 13, 424—472 (1871).
- BOSIAN, G.: Studien über den Wasserhaushalt der Rebe. Wein. u. Rebe 22, 170—190 u. 213—221 (1940).
- BÜSGEN, M.: Einiges über Gestalt und Wachstumsweise der Baumwurzeln. Allgem. Forst- u. Jagdztg. 273 (1901).
- — : Studien über die Wurzelsysteme einiger dikotyler Holzpflanzen. Flora 95, 58—94 (1905).

- DAUBENMIRE, R. F.: Plants and environment. John Wiley & Sons, Inc. New York (1947).
- DECKER, K.: Welche Vorteile kann der Pfropfrebenbau neben der Reblausbekämpfung bieten? Dt. Weinbaukal. 1954, 46—49. Waldkircher Verlagsgem., Waldkirch i. Br.
- DEGRULLY, L. et L. RAVAZ: Sur la culture superficielle de la vigne. Montpellier 1905.
- DOWNES, R. J. and H. A. BORTHWICK: Effects of photoperiod on growth of trees. Bot. Gaz. 117, 310—326 (1956).
- ENGLER, A.: Untersuchungen über das Wurzelwachstum der Holzarten. Mitt. Schweiz. Zentralanst. forstl. Versuchsw. 7, 247 (1903).
- FRISCHENSCHLAGER, B.: Wurzeluntersuchungen bei Apfel, Birne, Zwetschge, Kirsche und Walnuß. Gartenbauwiss. 9, 269—292 (1935).
- GEISLER, G.: Die Bedeutung des Wurzelsystems für die Züchtung dürreresistenter Rebenunterlagssorten. Vitis 1, 14—31 (1957).
- — : Das Wurzelsystem bei Reben. Dt. Weinbau 14, 284—286 (1959).
- GIST, G. R. and G. O. MOTT: Some effects of light intensity, temperature, and soil moisture on the growth of alfalfa, red clover and birdsfoot trefoil seedlings. Agron. J. 49, 33—36 (1957).
- GOETHE, R.: Über das Wurzelwachstum von Reben. Ber. Kgl. Lehranst. Geisenheim, 50—54 (1896).
- GUILLON, J. M.: Le géotropisme des racines de la vigne. Rev. viticult. 16, 337—341 (1909).
- HACKBARTH, J. and W. SCHERZ: Versuche über Photoperiodismus II. Das vegetative Wachstum verschiedener Rebsorten. Züchter 7, 305—321 (1935).
- HELLRIEGEL, H.: Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig 1883.
- HILKENBÄUMER, F.: Die gegenseitige Beeinflussung von Unterlage und Edelreis bei den Hauptobstarten im Jugendstadium unter Berücksichtigung verschiedener Standortverhältnisse. Kühn-Archiv 58, 1—261 (1942).
- HUSFELD, B.: Photoperiodismus bei Reben. Forschungs., Sonderh. 3, (1936).
- KAUSCH, W. and H. EHRRIG: Beziehung zwischen Transpiration und Wurzelwerk. Planta 53, 434—448 (1959).
- KEMMER, E.: Beobachtungen an Wurzelkörpern von Apfelgehölzen. Züchter 26, 1—12 (1956).
- KÖNEKAMP, A.: Teilergebnisse von Wurzeluntersuchungen. Z. Pflanzenernähr., Düngung und Bodenk. 60, 113—124 (1953).
- KOSSOWITSCH, P.: Die Entwicklung der Wurzeln in Abhängigkeit von der Bodentemperatur in der ersten Wachstumsperiode der Pflanzen. Bied. Centr.-Bl. Agr. Chemie 33 (1904).
- KRAMER, P. J.: Some effects of various combinations of day and night temperatures and photoperiod on the height growth of loblolly pine seedlings. Forest Sci. 3, 45—55 (1957).
- KROEMER, K.: Untersuchungen über das Wurzelwachstum des Weinstocks. Landw. Jb. 51, 673—728 (1918).
- KUTSCHERA, L.: Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen. D.L.G.-Verl., Frankfurt (1960).
- KVARAZKHELIA, T.: Beiträge zur Biologie des Wurzelsystems der Obstbäume. Gartenbauwiss. 4, 239—341 (1931).
- LUNDEGÄRDH, H.: Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena 1954.
- MÜLLER-THURGAU, H.: Einfluß des Stickstoffs auf das Wurzelwachstum. VI. und VIII. Jahresber. d. Versuchsstat. Wädenswil, 45—47, Zürich 1899.
- NIGHTINGALE, G. T.: Effects of temperature on growth, anatomy, and metabolism of apple and peach roots. Bot. Gaz. 96, 581—639 (1935).
- NITSCH, J. P.: Growth responses of woody plants to photoperiodic stimuli. Proc. Amer. Soc. hort. Sci. 70, 512—525 (1957).
- POLLE, R.: Über den Einfluß verschieden hohen Wassergehalts, verschiedener Düngung und Festigkeit des Bodens auf die Wurzelentwicklung des Weizens und der Gerste im ersten Vegetationsstadium. Journ. f. Landw. 58 (1910).
- ROGER, W. S. and G. A. BOOTH: The roots of fruit trees. Sci. Hortic. 14, 27—34 (1960).
- RUSSEL, E. J.: Soil conditions and plant growth. New York and London 1952.
- SACHS, J. v.: Über das Wachstum der Haupt- und Nebenwurzeln. Arb. Bot. Inst. Würzburg 1, 385—474 und 584—634 (1878).
- THIEL, H.: Über die Bewurzelung einiger unserer Kulturpflanzen. Landw. Zentralbl. f. Deutschland, 349—366 (1870).
- TUCKER, M. and C. v. SEELHORST: Der Einfluß, welchen der Wassergehalt und der Reichtum des Bodens auf die Ausbildung der Wurzeln und der oberirdischen Organe der Haferpflanzen ausüben. Journal f. Landw. 46, 52—63 (1898).
- WÄCHTER, W.: Das Wurzelwachstum der Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung der Grundwasserverhältnisse. Mitt. Kgl. Landesanst. Wasserhygiene 21, 206 (1916).
- WEAVER, J. E.: The ecological relations of roots. Carnegie Inst. of Wash. Publ. 286 (1919).

- WELLENSIEK, S. J., J. DOORENBOS and D. DE ZEEUW: The mechanism of photoperiodism. 8. Congr. internat. de Bot., Paris 1954.
- WENT, F. W.: Experimental control of plant growth. *Chronica Botanica* 17, Boston 1957.
- ZAWODNY, J.: Bodenwärme und Weintreibereien. *Weinlaube* 28, 102 (1896).
- ZEEVAART, J. A. D.: Climatic control of reproductive development. In L. T. Evans: *Environmental control of plant growth*, 289—310, New York 1963.
- ZIMMERMANN, J.: Entwicklung, Histologie und Wasserhaushalt des Blattes in Beziehung zur Ökologie der Rebe (Gattung *Vitis*). *Mitt. Klosterneuburg A* 5, 70—90 (1955).

Eingegangen am 15. 2. 1965

Dr. H. ERLLENWEIN
Forschungs-Institut für Rebenzüchtung
Geilweilerhof
Siebeldingen, Landau/Pfalz