

Einfluß der Ernährung und des Pfropfparters auf das Wurzelwachstum von Vitis-Arten und -Sorten

von

H. ERLLENWEIN

Einleitung

In den vorangegangenen Ausführungen (ERLLENWEIN 1965) wurde der jahreszeitliche Verlauf und die Beeinflussung des Wurzelwachstums durch Klimafaktoren analysiert. Hier nun stehen Fragen der Nährstoffversorgung im Vordergrund sowie die komplexe Gegenseitigkeit zwischen Reis und Unterlage.

Bei einer ausreichenden Mineralstoffversorgung wird das Wurzelwachstum und die Wurzelverzweigung gefördert (POLLE 1910, KVARAZKHELIA 1931, KOTTE und RITSCHL 1931, FRISCHENSCHLAGER 1935, POPOV 1962). In einem nährstoffarmen Boden ist zwar die Wurzelmasse absolut geringer, im Verhältnis zur oberirdischen Substanz aber relativ größer. Wahrscheinlich spielen hierbei Vorgänge des positiven Chemotropismus eine Rolle, die in einem nährstoffarmen Boden die Wurzel zu einem erhöhten Längenwachstum veranlassen. Bei einem Überangebot an Stickstoff wird das Wachstum der Rebenwurzel stark reduziert (MÜLLER-THURGAU 1899, MÜLLER 1938).

Das Wachstumsvermögen einer Wurzel hängt ferner von der Zufuhr der in den Sproßteilen gebildeten Assimilate ab (KUTSCHERA 1960). Daraus wird verständlich, daß der Wachstumsverlauf der Wurzeln in enger Wechselbeziehung zu jenem des Sprosses steht. BÜSGEN (1901) berichtet, daß zwischen den Wurzeln und den oberirdischen Organen hinsichtlich der Masse ein gewisses Gleichgewicht besteht. Das Sproß : Wurzel - Verhältnis ist mithin ein sortentypisches Merkmal, welches in sehr weiten Grenzen modifiziert werden kann (PFEFFER 1897, MAXIMOW und LEBEDINCEV 1923, OSTERMAYER 1934). Ein hohes Angebot an Stickstoff reduziert beispielsweise die Wurzelmasse und fördert das Sproßwachstum. Das Resultat ist ein sehr weites Sproß : Wurzel-Verhältnis. Das gleiche gilt für eine optimale Wasserversorgung oder bei hoher Temperatur. Umgekehrt ist damit zu rechnen, daß eine Förderung oder Hemmung des Sproßwachstums zu einer Veränderung des Wurzelwachstums führt. MÜLLER-THURGAU (1902, 1903) konnte nachweisen, daß die Erziehungsart und der Rebschnitt das Wurzelwachstum beeinflussen. Beobachtungen aus der Praxis zeigen, daß Pfropfreben allgemein wüchsiger sind als wurzelechte Reben; dies kann zu einem nicht unerheblichen Teil auf das starke Wurzelwachstum der Unterlage zurückzuführen sein.

Material und Methoden¹⁾

Das Pflanzenmaterial wurde aus Klonbeständen gewonnen. Es wurden 2-Augenstecklinge und Pfropfungen hergestellt, die nach einer Überwinterung im Frei-

¹⁾ II. Teil einer Inaugural-Dissertation an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.

²⁾ Nähere Angaben im I. Teil dieser Arbeit (Vitis 5, 94—109, 1965).

gelände als zweijährige Pflanzen verwendet wurden. Als Versuchspflanzen dienten nachfolgende Rebensorten:

- a) *V. vinifera*: Riesling Klon 90, Sylvaner
- b) interspezifische Neuzuchten:
Siegfried: Moselriesling \times (*V. riparia* \times *V. vinifera* var. Gamay) F₂
Dr. Decker: (*V. solonis* \times Riesling) \times Riesling 7860
- c) amerikanische Wildformen: *V. riparia* Klon G 1 und G 80, *V. rupestris* Klon HG 9
- d) Unterlagsrebe: Kober 5 BB (*V. berlandieri* \times *V. riparia*)

Als Versuchsgefäße für Freilandversuche fanden (6,2 l) Mitscherlichgefäße Verwendung. Die übrigen Versuchsreihen im Gewächshaus und in Konstanträumen wurden in 3-l-Einmachgläsern und in Rebenspezialtöpfen (17,5 cm hoch und 12 cm oberer Durchmesser) durchgeführt. Zur Füllung der Gefäße wurde roter Sand verwendet. Für Versuchsreihen mit verschiedenen Düngungsstufen stand nährstofffreier Quarzsand zur Verfügung. Eine Grunddüngung von CaCO₃, MgSO₄ und Eisen-3-Chlorid wurde bei der Füllung sofort beigemischt. Die übrigen Nährstoffe wurden in den Verbindungen NH₄NO₃, K₂SO₄ und Ca(H₂PO₄)₂ · H₂O mittels Standardlösungen verabreicht.

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.

Zur gleichzeitigen Stickstoff- und Phosphorsäurebestimmung wurden 125 mg Trockenmasse mit 1 ml konz. Schwefelsäure unter Zuhilfenahme von Perhydrol bei ca. 200° C aufgeschlossen (vergl. ROTH 1953, Stickstoff nach KJELDAHL) und der Phosphatgehalt mit Photorex der Fa. Merck colorimetrisch ermittelt. Die Extinktion konnte mit einem Zeiß-Spektralphotometer PMQ 2 bei einer Wellenlänge von 720 m μ gemessen werden. Die Eichkurve wurde mit KH₂PO₄ nach der gleichen Methode aufgestellt und bei jeder Serie eine Kontrollprobe mitbestimmt. Die Ermittlung der Kaliwerte erfolgte mit dem Flammenphotometer bei einer Wellenlänge von 404,5 m μ , nachdem der Aufschluß mit Ammoniak auf schwach basische Reaktion gebracht wurde.

Ergebnisse

1. Nährstoffrelation und Wurzelwachstum

Die fördernde Wirkung steigender Stickstoffgaben auf die Trieblänge und das Sproßgewicht war, insbesondere bei der Sorte Riesling 90, von dem jeweiligen K : P-Niveau abhängig. So erhöhte eine Stickstoffsteigerung von 0,5 g N auf 3,0 g N/Gefäß bei niedriger K : P-Gabe bei Riparia G 1 die Trieblänge und die Sproßtrockensubstanz um 28% bzw. 15% und bei Riesling um 33% bzw. 80%. Bei vierfach höherem K : P-Niveau wurden Triebängen und Sproßtrockensubstanzen bei gleicher Stickstoffsteigerung um 30% bzw. 21% erhöht, während bei Riesling erneut die höhere Stickstoffreaktion zum Ausdruck kam und Werte von 151% und 208% festgestellt werden konnten (Tab. 1). Durch die stärkere N-Reaktion der Sorte Riesling 90 trat hinsichtlich des Triebängenwachstums bei hoher K : P-Gabe ein relativer Stickstoffmangel ein, der erst bei einer Stickstoffgabe von 3 g/Gefäß aufgehoben wurde. Bedeutungsvoller aber ist die Tatsache, daß Riesling eine gesteigerte N-Gabe zur Ertragsproduktion ausnutzen konnte. Denn das Sproßgewicht wurde bei niedrigem K : P-Niveau von 10,4 g auf 18,7 g (180%) und bei hohem K : P-

Niveau von 11,9 auf 24,7 g (208%) gesteigert. Diese beachtliche Leistungssteigerung war bei der Wildform Riparia G1 nicht anzutreffen. Hier führte die Stickstoffsteigerung nur zu einer Ertragserhöhung um 15% bzw. 21%. Dieses Verhalten ist in Verbindung mit der Beobachtung, daß die Wildform bei niedriger N-Düngung eine geringfügig höhere Leistung als die Kulturform aufweist, als charakteristisches Symptom einer extensiven Nährstoffausnutzung zu werten. Aus diesem Grunde ist anzunehmen, daß bei der Sorte Riparia G1 durch eine weitere Steigerung der Stickstoffdüngung keine entsprechende Ertragszunahme zu erzielen ist, während bei Riesling, vor allem bei hohem K : P-Niveau, der Höchstertrag noch nicht erreicht zu sein scheint.

Ganz im Gegensatz zum Sproßwachstum wurde unter diesen Versuchsbedingungen die Wurzelbildung durch die Veränderung der Düngung nicht in signifikanter Weise verändert, auch wenn bei Riparia G1 bei hoher K : P-Düngung eine schwache Stickstoffwirkung angedeutet ist. Ebenfalls fehlen in der Höhe des Wurzelrockengewichtes deutliche Sortenunterschiede. Weder die Stickstoffdüngung, noch die gesteigerte Kali- und Phosphatgabe übten einen gesicherten Einfluß auf das Längenwachstum der Wurzel aus (Tab. 1). So wurden bei Riparia G1 bei geringer K : P-Versorgung Wurzellängen von $37,9 \pm 6,2$ cm (niedrige N-Düngung) und $45,7 \pm 8,1$ cm (höchste N-Düngung) und bei hoher K : P-Versorgung Werte von $40,1 \pm 4,8$ cm bzw. $39,1 \pm 5,3$ cm gemessen. Dasselbe gilt für die Wurzelzahl, die bei der

Tabelle 1

Einfluß einer Stickstoffsteigerung auf das Wurzelwachstum von Reben bei verschieden hohem K : P-Niveau

Sorte Nährstoff- versorgung N : K : P	Trieblänge in cm und %		Trockensubstanzgewichte in g und %						Wurzelbonit.			
	\bar{x}	rel.	Sproß		Wurzel		Gesamt		Sproß Wurzel	Länge cm	Zahl n	
	\bar{x}	rel.	\bar{x}	rel.	\bar{x}	rel.	\bar{x}	rel.	\bar{x}	rel.	\bar{x}	rel.
Riesling 90												
$\frac{1}{2} : \frac{1}{2} : \frac{1}{2}$	76,3	100	10,40	100	10,30	100	20,70	100	1,00		41,1	41,3
1 : $\frac{1}{2} : \frac{1}{2}$	91,5	120	12,95	124	9,97	97	22,92	111	1,30		33,4	37,0
2 : $\frac{1}{2} : \frac{1}{2}$	97,6	127	18,10	174	11,29	110	29,39	142	1,60		30,0	50,9
3 : $\frac{1}{2} : \frac{1}{2}$	101,2	133	18,70	180	10,71	104	29,41	142	1,75		34,1	41,7
$\frac{1}{2} : 2 : 2$	66,7	100	11,90	100	8,60	100	20,50	100	1,35		34,5	34,5
1 : 2 : 2	84,3	126	15,10	127	10,97	127	26,07	127	1,45		34,5	42,8
2 : 2 : 2	83,2	125	18,80	158	9,15	106	27,95	136	2,05		30,8	48,3
3 : 2 : 2	101,0	151	24,70	207	9,47	110	34,17	151	2,60		33,3	38,3
Riparia G 1												
$\frac{1}{2} : \frac{1}{2} : \frac{1}{2}$	87,0	100	13,80	100	9,86	100	23,66	100	1,40		37,9	20,5
1 : $\frac{1}{2} : \frac{1}{2}$	90,8	104	15,70	114	10,15	104	25,85	109	1,54		43,2	16,0
2 : $\frac{1}{2} : \frac{1}{2}$	96,9	111	16,10	116	11,69	118	27,79	117	1,37		38,4	20,0
3 : $\frac{1}{2} : \frac{1}{2}$	111,7	128	15,80	114	11,36	115	27,16	115	1,39		45,7	23,9
$\frac{1}{2} : 2 : 2$	88,2	100	12,40	100	8,28	100	20,68	100	1,50		40,1	18,9
1 : 2 : 2	100,2	114	14,80	119	8,38	101	23,18	112	1,76		39,7	21,0
2 : 2 : 2	109,8	124	14,30	115	10,24	124	24,54	118	1,40		43,3	21,1
3 : 2 : 2	114,2	130	15,00	121	11,21	136	26,21	127	1,34		39,1	20,8
GD 5%	28,4		5,81		1,85		8,78					

Versuchsdauer: 188 Tage (22. 3. — 26. 9. 1961) Nährstoffversorgung: N : K : P = 1 : 1 : 1 = 1,0 g N (NH_4NO_3) : 1,5 g K_2O (K_2SO_4) : 1,0 g P_2O_5 ($\text{Ca}[\text{H}_2\text{PO}_4]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) je Mitscherlichgefäß mit 2 Pflanzen.

Tabelle 2

Einfluß einer Stickstoffdüngung und des K : P-Niveaus auf den Nährstoffgehalt von Wurzel und Blatt bei den Sorten Riesling 90 und Riparia G 1

Nährstoff- verhältnisse N : K : P	Nährstoffgehalte (g/100 g Trockensubstanz)					
	Stickstoff		Kalium		Phosphat	
	Wurzel	Blatt	Wurzel	Blatt	Wurzel	Blatt
Riesling 90						
½ : ½ : ½	1,03	2,6	3,0	3,0	0,13	0,35
1 : ½ : ½	1,23	3,0	2,0	2,0	0,15	0,15
2 : ½ : ½	1,72	3,9	2,0	2,0	0,16	0,22
3 : ½ : ½	1,97	3,8	1,3	2,0	0,14	0,27
½ : 2 : 2	1,16	2,3	4,0	5,0	0,31	0,48
1 : 2 : 2	1,35	2,4	4,5	6,0	0,37	0,37
2 : 2 : 2	1,96	4,6	4,0	4,0	0,31	0,30
3 : 2 : 2	2,35	5,1	3,7	3,5	0,31	0,38
Riparia G 1						
½ : ½ : ½	1,16	1,7	0,8	1,5	0,16	0,19
1 : ½ : ½	1,24	2,5	0,8	1,7	0,10	0,16
2 : ½ : ½	1,85	2,8	0,8	1,5	0,09	0,11
3 : ½ : ½	2,00	3,6	0,5	1,6	0,09	0,12
½ : 2 : 2	0,90	2,2	1,0	4,0	0,25	0,27
1 : 2 : 2	1,55	2,9	1,5	3,5	0,24	0,28
2 : 2 : 2	2,41	4,2	1,0	3,5	0,30	0,23
3 : 2 : 2	3,00	5,0	1,0	2,5	0,30	0,26

Versuchsbedingungen: siehe Tab. 1.

Sorte Riesling allgemein höher war als bei Riparia G 1. So schwankten die Werte für die Zahl stammbürtiger Wurzeln bei Riparia G 1 zwischen $16,0 \pm 2,4$ und $23,9 \pm 2,6$ und bei Riesling zwischen $34,5 \pm 4,2$ und $50,9 \pm 5,8$.

Entsprechend der unterschiedlichen Reaktion von Sproß und Wurzel auf steigende Stickstoffgaben, trat bei der Sorte Riesling eine sukzessive Erweiterung des Sproß : Wurzel-Verhältnisses ein. Es ist bei niedrigem K : P-Niveau enger als bei hohem K : P-Niveau. Bei Riparia G 1 streuen die Werte ungleichmäßig zwischen 1,34 und 1,76.

Ein deutlicher Einfluß der Düngung ist auf den Nährstoffgehalt der Blätter und Wurzeln zu erkennen. Mit steigenden Stickstoffgaben konnte erwartungsgemäß in Blatt und Wurzel eine Erhöhung des Stickstoffgehaltes der Trockensubstanz festgestellt werden. Der Stickstoffgehalt der Blätter lag aber etwa um das Doppelte höher als in den Wurzeln (Tab. 2). Auf die Aufnahme und Einlagerung von Stickstoff hatte das Nährstoffverhältnis im Boden großen Einfluß. So bewegten sich die Werte bei Riparia G 1 bei niedrigem K : P-Niveau zwischen 1,7% und 3,6% und erreichten bei hohem K : P-Niveau einen Anteil von 2,2% bzw. 5,0% der Blatt-trockensubstanz. Bei der Sorte Riesling dagegen war die gleiche Beziehung zwischen Stickstoffdüngung und Einlagerung nur bei hohem K : P-Niveau zu erkennen. Auch in der Wurzel war mit höherer K : P-Gabe ein größerer N-Gehalt eingetreten. Die Kali- und Phosphatwerte für Blatt und Wurzel lagen bei Steigerung der Nährstoffgabe entsprechend höher. Mit zunehmender Stickstoffdüngung nahm bei Riesling

bei hohem K : P-Niveau der Kaligehalt im Blatt ab. Eine gleiche Reaktion zur Stickstoffdüngung war auch bei Riparia G 1 festzustellen sowie bei der Sorte Riesling in der Wurzel bei kleiner K : P-Gabe.

Vergleichen wir den Stickstoffgehalt in Blatt und Wurzel miteinander, so ist eine relative Anreicherung in der Wurzel mit zunehmender Stickstoffdüngung nur bei der Sorte Riparia G 1 und hoher K : P-Düngung eingetreten (Zunahme des Stickstoffgehaltes im Vergleich zum Blatt von 41% auf 60%). In allen anderen Varianten schwankte das Verhältnis des Stickstoffgehaltes in der Wurzel zu dem in den Blättern zwischen etwa 40% und 65%.

2. Wechselwirkung zwischen Stickstoff und Tageslänge

Aufgrund der dominierenden Wirkung der Tageslänge auf die Wachstumsprozesse der Rebe lag die Vermutung nahe, daß die Stickstoffwirkung auf das Sproß- und Wurzelwachstum durch die Tageslänge modifiziert werden kann. Bereits PORPENKO (1951) berichtete, daß bei einer geringen Nährstoffversorgung selbst bei Dauerlicht das Sproßwachstum frühzeitig eingestellt wurde.

Zur Klärung dieser Frage wurden sowohl im Gewächshaus als auch in Konstanträumen Versuche durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in Abb. 1 graphisch dargestellt.

Unter sehr günstigen assimilatorischen Bedingungen im Gewächshaus konnte bei der Sorte Kober 5 BB im Normaltag im Vergleich zum 10stündigen Kurztag ein höherer Stickstoffeffekt sowohl im Triebwachstum als auch in der Trockensubstanz des Triebes beobachtet werden. So führte die N-Steigerung zu einer Zunahme der Trieblänge im Normaltag um 28,9 cm (Steigerung auf 182%), im 10stündigen Kurztag hingegen nur um 6,4 cm (123%) bei der Sorte Kober 5 BB. Die entsprechenden Werte für das Sproßgewicht betragen 4,39 g (166%) und 0,16 g (103%).

Es konnte also festgestellt werden, daß die KT-Reaktion weitgehend dominiert. Einen starken Einfluß zeigte die Stickstoffsteigerung auf die Versuchspflanzen von

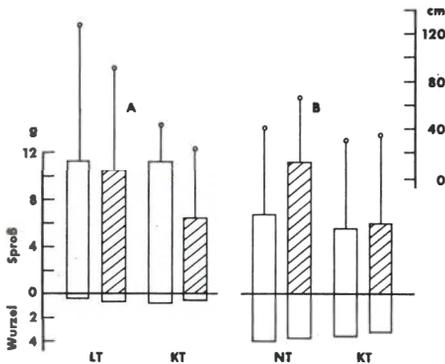


Abb 1

Abb. 1: Einfluß von Tageslänge und Stickstoffdüngung auf Sproß- und Wurzel-trockensubstanz (g) von *V. riparia* (A: Versuchsdauer 22. 3. 63 bis 13. 5. 63) und Kober 5 BB (B: Versuchsdauer 3. 9. 62 bis 6. 11. 62).

Weiße Säulen: niedrige N-Gabe, schraffierte Säulen: hohe N-Gabe. N-Gabe: Riparia G 1: 0,12 g und 0,36 g/Pflanze; Kober 5 BB: 0,07 g und 0,35 g/Pflanze; Photoperiode: Riparia G 1: KT = 11 Stunden, LT = 10 + 1 Stunde; Kober 5 BB : KT = 10 Stunden.

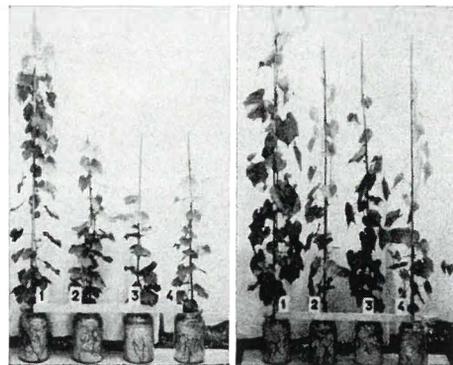


Abb. 2

Abb. 2: Abhängigkeit des Wachstums der Sorten Kober 5 BB (links) und Riesling 90 (rechts) von Wasserversorgung und Stickstoffdüngung.

1: 0,60 g; 2: 0,12 g N (1 und 2 80% WK); 3: 0,60; 4: 0,12 g N (3 und 4 40% WK).

Riparia G 1 unter den für die Photosynthese weniger günstigen Bedingungen des Konstantraumes. Wenn auch in diesem Versuch eine Stickstoffsteigerung von 0,12 g auf 0,36 g/Pflanze im Langtag (10 + 1 Stunde) zu einer schwachen Depression der Wuchslänge und Trockensubstanz des Sprosses führte, so verschärfte sich diese Stickstoffreaktion im Kurztag.

Das Wurzelwachstum wurde in beiden Versuchen weder durch Stickstoff noch durch die Tageslänge in nennenswerter Weise verändert. Auffallend war beim Vergleich beider Experimente, daß das Wurzelgewicht bei Riparia G 1 wesentlich niedriger lag als bei Kober 5 BB. Hierfür können mehrere Ursachen verantwortlich gemacht werden: Zunächst wurde der Versuch mit Riparia G 1 im zeitigen Frühjahr sogleich nach dem Austrieb durchgeführt, so daß wir in Anlehnung an die Resultate der jahresperiodischen Wachstumsintensität von Sproß und Wurzel (Teil I) die zu erwartende primäre Förderung des Sproßwachstums vorliegen haben. Im Herbst dagegen bestand eine natürliche Abwanderung der Assimilate und damit eine relative Förderung des Wurzelgewichtes im Vergleich zum Sproß. Als weiterer Faktor dürfte die konstant hohe Temperatur zu werten sein, die in Verbindung mit einer relativ geringen Lichtintensität im Konstantraum zu einer extrem einseitigen Förderung des oberirdischen Teiles der Pflanzen führen mußte.

Bei Kober 5 BB wurden Blatt und Wurzel auf ihren Gehalt an Stickstoff untersucht, wobei zu erkennen war, daß die N-Einlagerung im Blatt durch Erhöhung der Stickstoffdüngung (vergl. auch KOTTE und RITSCHL 1931, HERSCHLER 1933, MÜLLER 1938, BESSE und GÖTZ 1963), aber auch durch Kurztag gefördert wurde. So betrug der Anstieg des N-Gehaltes in den Blättern im Normaltag relativ 236% (1,18 g und 2,78 g/100 g Trockensubstanz), im Kurztag 222% (1,33 g und 2,97 g). In den Wurzeln wurden im Normaltag Werte von 1,8 g und 2,8 g (Anstieg auf 156%) und im Kurztag von 1,54 g und 3,62 g (235%) je 100 g Trockensubstanz ermittelt. Fernerhin war auffallend, daß die Stickstoffwerte der Wurzel wesentlich höher lagen als in den bisher besprochenen Untersuchungen (Tab. 2). Es kann vermutet werden, daß hierfür die herbstliche Stoffeinlagerung in den Wurzeln verantwortlich zu machen ist.

Tabelle 3
Stickstoffgehalt von Wurzel und Blatt im Normal- und Kurztag
bei Steigerung der Stickstoffdüngung

Sorte	Variante	N in % der Trockensubstanz		Wurzel
		Wurzel	Blatt	Blatt
Kober 5 BB	NT	1,80	1,18	152
	KT	1,54	1,33	116
	NT + N	2,80	2,78	101
	KT + N	3,62	2,97	122

Versuchsdauer: 63 Tage (3. 9. — 6. 11. 1962) N-Gabe: 0,07 g und 0,35 g/Gefäß (3-l-Glasgefäße).

Der höhere Stickstoffgehalt der Blätter im Kurztag kann mit Ergebnissen von CHINOY und NANDA (1950) an Weizenpflanzen verglichen werden, wonach sich dieser mit fortschreitender Reife sehr stark verringert, aber im Kurztag konstant hoch bleibt. Ähnliche Befunde werden von NIGHTINGALE (1927) sowie von ZIMMERMANN und HITCHCOCK (1929) mitgeteilt.

3. Wechselwirkung zwischen Stickstoff- und Wasserversorgung

Das Wachstum der Reben ist sehr stark von der Stickstoffversorgung abhängig (Seite 162 und 165 sowie KOTTE und RITSCHL 1931, RITSCHL und SLEUMER 1933). Dieser Nährstoff ist wie verschiedene Mineralien im Bodenwasser gelöst, so daß er letztlich in seiner Wirkung von der jeweiligen Wasserversorgung abhängig ist. Diese Wechselwirkung zwischen Stickstoff und Wasser ließ sich in einem Gefäßversuch unter Gewächshausbedingungen zeigen (Tabelle 4). Demnach wurde eine zusätzliche Stickstoffgabe erst bei einer guten Wasserversorgung der Pflanze zur positiven Stoffproduktion des Sprosses ausgenutzt. Hierbei ließen sich wieder Reaktionsunterschiede zwischen der Kultur- und der Wildform nachweisen.

Tabelle 4

Sproß- und Wurzelwachstum von Reben in Abhängigkeit von Wasserversorgung und Stickstoffdüngung

Sorte	WK %	N g/ Gefäß	Wuchsl.		Trockensubstanz						Wasser- verbrauch je g Tr.S. g	
			cm ×	% rel.	Sproß		Wurzel		Gesamt			Sproß Wurzel
					g ×	% rel.	g ×	% rel.	g ×	% rel.		
Riesling	40	0,12	77	100	7,0	100	3,5	100	10,5	100	2,0	167
	40	0,60	71	92	6,4	91	1,8	51	8,2	78	3,6	181
	80	0,12	98	100	13,1	100	5,3	100	18,4	100	2,4	212
	80	0,60	222	226	22,8	174	3,7	70	26,5	144	6,2	186
Kober 5 BB	40	0,12	170	100	12,6	100	3,1	100	15,7	100	4,1	228
	40	0,60	193	114	12,7	100	2,1	68	14,8	94	6,0	173
	80	0,12	245	100	17,4	100	4,5	100	21,9	100	3,9	276
	80	0,60	294	120	25,9	148	3,9	87	29,8	136	6,6	181
GD 5%			65		4,8		0,8		4,9			

Versuchsdauer: 97 Tage (27. 4. — 2. 8. 1962); Wasserversorgung: 40 bzw. 80% der Wasserkapazität (WK); Düngung: 0,5 g K₂O und 0,25 g P₂O₅ (3-l-Glasgefäß); Tr.S.: Trockensubstanz.

Eine Erhöhung der Stickstoffversorgung von 0,12 g auf 0,60 g je Gefäß führte bei 80% der Wasserkapazität zu einer Erhöhung der Trieblänge von Riesling 90 um 126%, hingegen bei Kober 5 BB nur um 20%. Die korrespondierenden Werte für das Sproßgewicht betragen 176% (Riesling) und 148% (Kober 5 BB).

Das Wurzelwachstum wurde durch eine Erhöhung der Stickstoffgabe, insbesondere bei geringer Wasserversorgung, vermindert. Erneut reagierte Riesling schärfer als Kober 5 BB.

Infolge der unterschiedlichen Reaktion von Sproß und Wurzel konnte bei steigender Stickstoffdüngung in beiden Wasserstufen eine Erweiterung des Sproß : Wurzel-Verhältnisses um nahezu das Doppelte festgestellt werden.

Die enge Zusammenwirkung von Stickstoff und Wasser fand ferner ihren Niederschlag im Wasserverbrauch je g gebildeter Trockensubstanz. Die Erhöhung der Stickstoffdüngung verminderte den Wasserverbrauch je g Trockenmasse. Nur bei Riesling 90 wurde mit steigender Stickstoffdüngung der Wasserverbrauch je g Trockensubstanz bei gleichzeitig geringer Wasserversorgung gesteigert. Das sortentypisch unterschiedliche Verhalten bei schwacher N-Düngung und geringer Wasserversorgung — der Wasserverbrauch von Kober 5 BB lag um 30% höher als der von

Riesling — ist von praktischer Bedeutung für die trockenen Hanglagen, in denen allgemein eine nur sehr schwache N-Düngung gegeben wird.

In diesem Falle wird erneut deutlich, daß die Kultursorte nur unter günstigen Bedingungen zu einer hohen Ertragsleistung befähigt ist. Dann aber übertrifft sie die Wildform (Kober 5 BB), welche ihrerseits der anspruchsvolleren Kultursorte unter ungünstigeren Verhältnissen wie geringe Wasserversorgung, geringe N-Düngung usw. — überlegen ist.

Der Stickstoffgehalt von Blatt und Wurzel war bei hoher Wasserversorgung niedriger als bei geringer und bei Riesling mit nur einer Ausnahme (N-Gehalt der Wurzel bei hoher N- und H₂O-Gabe) höher als bei Kober 5 BB. Die Abnahme des N-Gehaltes durch die Verbesserung der Wasserversorgung war in der Wurzel ausgeprägter als im Blatt, was naturgemäß eine relative N-Anreicherung des Sproßgewebes zur Folge hatte (Abnahme des Quotienten, Tabelle 5).

Tabelle 5

Einfluß der Stickstoffgabe und der Wasserversorgung auf die Stickstoffeinlagerung in Wurzel und Blatt bei den Sorten Riesling und Kober 5 BB

N-Gabe		Nährstoffgehalte in g/100 g Trockensubstanz					
in g/Gefäß	% WK	Riesling			Kober 5 BB		
		Wurzel	Blatt	Wurzel Blatt	Wurzel	Blatt	Wurzel Blatt
0,12	40	1,30	1,70	76	0,88	1,16	76
0,12	80	1,02	1,64	62	0,88	1,48	59
0,60	40	3,18	3,54	90	2,66	3,18	84
0,60	80	1,64	2,58	64	1,84	2,30	80

Versuchsdauer: 97 Tage (27. 4. — 2. 8. 1962); Düngung: 0,5 g K₂O und 0,25 g P₂O₅/Gefäß (3-l-Glasgefäß).

Die festgestellte Abhängigkeit des Wurzelwachstums, besonders von der Nährstoffversorgung und dem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens, ist von verschiedenen Autoren beobachtet worden. Demzufolge ist das Wurzellängenwachstum von Getreidearten (v. SEELHORST 1902) und Laubbäumen (BISWELL 1936) auf nährstoffarmen und trockenen Böden am größten (vergl. auch MÜLLER-THURGAU 1899, WEAVER 1926). Durch Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit und ausreichenden Nährstoffvorrat werden bei Topfpflanzen mehr Seitenwurzeln gebildet (MANN 1936) und das Triebwachstum mehr als die Wurzel gefördert (v. SEELHORST 1902, POLLE 1910, SALTER 1958). Zu starken Depressionen des Wurzelwachstums und zu einem Rückgang in der Verzweigung führen indes extrem trockene Böden (WALTER 1939) und eine Überversorgung an Stickstoff (TUCKER und v. SEELHORST 1898, MÜLLER-THURGAU 1899, ATANASIU 1953). Bei der Rebsorte Concord wurde auch in Gefäßversuchen (BERGMANN und Mitarb. 1960) das Wurzelwachstum durch hohe Stickstoffgaben und durch eine Überversorgung mit Phosphat und KCl gehemmt. Dagegen wirkte sich eine Überdüngung mit K₂SO₄ (Wirkung der Anionen) nicht nachteilig aus. Die volle Ausnutzung des Stickstoffes im Boden ist somit nur bei entsprechender Feuchtigkeit garantiert (vergl. BOGUSLAWSKI 1954 a, 1954 b, bei Getreide, BIERHUIZEN und Mitarb. 1959, bei Tomate).

4. Einfluß der Pfropfung auf das Wurzelwachstum von Reben

Mit der Notwendigkeit des Pfropfrebenbaues als Schutzmaßnahme gegenüber der Reblaus ist die Frage nach den gegenseitigen Beziehungen der beiden in einer Pfropfung vereinigten Komponenten für den Weinbau bedeutsam geworden. Die Leistungsfähigkeit einer Pfropfrebe ist jedoch sehr stark von der Angepaßtheit der Unterlage an die Bodenverhältnisse sowie von einem harmonischen Zusammenleben beider Pfropfsymbionten abhängig (GOETHE 1902, 1903, DANIEL 1902, 1908, 1910, und bei Obstpfropfungen HATTON 1924, 1928, 1930, HILKENBÄUMER 1942).

Durch Auswahl der richtigen Sorten und Unterlagen ist es demnach möglich, ungünstige Standortsbedingungen auszugleichen. Die ungenügende Beachtung und Berücksichtigung dieser gegenseitigen Wechselwirkungen führt in der Praxis immer wieder zu Fehlschlägen.

a) Das Wurzel- und Sproßwachstum in der Pfropfsymbiose

Die Vereinigung von Unterlage und Reis zu einem Individuum stellt eine künstliche Symbiose dar, wobei die Unterlage die Wasser- und Nährstoffaufnahme und das Reis die Erzeugung von Assimilaten übernehmen. Durch diese gegenseitige Abhängigkeit können modifikative Veränderungen im Habitus und der Ertragsleistung hervorgerufen werden (LECLERC DU SABLON 1903, MAYER und SCHMIDT 1910, WINKLER 1912, HILKENBÄUMER 1942, 1959 und bei Reben GOETHE 1902, 1903, VOSS 1904, VERIDÉ 1909, ZIMMERMANN 1955, BIRK und SCHENK 1957).

Die Beobachtungen der Beziehungen zwischen beiden Pfropfpartnern beschränken sich in der weinbaulichen Forschung in erster Linie auf die Beeinflussung des Edelreises durch die Unterlage. Daß hingegen auch eine umgekehrte Beeinflussung besteht, nämlich eine Veränderung des Wurzelwachstums der Unterlage durch den Hyperbionten, konnten zahlreiche Autoren bei Obstgehölzen nachweisen (HATTON 1928, ROGERS und VYVYAN 1934, HILKENBÄUMER 1959 u. a.). Im Hinblick auf die im Weinbau verwendeten Wildformen und die Unterschiede in ihrer Reaktion gegenüber den Kultursorten, wie sie schon mehrfach in den vorhergehenden Untersuchungen angeklungen sind, ist dieser Pfropfbeeinflussung besondere Bedeutung beizumessen.

Die zu erwartende Beziehung zwischen Unterlage und Reis wird allein schon durch den Pfropfeingriff überlagert (WINKLER 1912, SEELIGER 1930, VYVYAN 1930, HILKENBÄUMER 1942, McKENZIE 1961). Es ist daher zwischen einem unspezifischen, nur durch die mechanische Pfropfung bedingten und einem spezifischen, durch den Sortencharakter hervorgerufenen Pfropfeinfluß zu unterscheiden. Aus diesem Grunde wurden in den vorliegenden Untersuchungen homoplastische Pfropfungen zur Kontrolle der Ergebnisse mit heteroplastischen Kombinationen verglichen, soweit die Versuchsanstellung dies erforderte.

In Tabelle 6 wurde das Ergebnis eines Versuches mit der relativ schwachwüchsigen Sorte Riesling 90 und der starkwüchsigen Wildform Riparia G 80 wiedergegeben. Trieblänge, Sproß- und Wurzelgewicht von Riparia G 80 waren signifikant höher als bei der Sorte Riesling, auch war das Sproß : Wurzel-Verhältnis von Riparia G 80 gering weiter (1,8 gegenüber 1,5 bei Riesling).

Bei einer gleichgerichteten Einflußnahme eines Pfropfpartners auf den anderen wäre bei Riesling eine Steigerung des vegetativen Wachstums, bei Riparia G 80 indes eine entsprechende Reduktion zu erwarten. Die Ergebnisse aber zeigen, daß das Sproßwachstum von Riesling durch die Unterlage Riparia G 80 unter Berücksichtigung des unspezifischen Pfropfeffektes (Riesling homoplastisch gepfropft) unbeein-

Tabelle 6

Gegenseitiger Einfluß der Sorten Riesling 90 und Riparia G 80 in der Pfropfkombination unter Berücksichtigung des unspezifischen Pfropfeffektes (homoplastische Pfropfung)

Sorte bzw. Pfropfkombination	Wuchslänge			Trockensubstanz									
	in			Sproß			Wurzel			Gesamt			Sproß Wurzel
	cm	%	rel.	g	%	rel.	g	%	rel.	g	%	rel.	
	\bar{x}	$\pm m$	rel.	\bar{x}	$\pm m$	rel.	\bar{x}	$\pm m$	rel.	\bar{x}	$\pm m$	rel.	\bar{x}
Riesling 90	94	5,7	100	13,10	1,28	100	8,84	0,59	100	21,94	100	1,5	
Riesling/Riesling	74	4,7	79	10,87	0,53	83	8,99	0,39	102	19,86	90	1,2	
Riesling/Riparia	84	8,7	90	10,65	0,96	81	9,19	0,90	104	19,84	90	1,2	
Riparia G 80	142	11,8	100	20,15	1,60	100	11,96	1,50	100	32,11	100	1,8	
Riparia/Riparia	151	5,2	107	19,50	1,50	97	14,28	0,58	120	33,78	105	1,4	
Riparia/Riesling	122	5,3	86	15,38	1,50	76	13,15	0,98	110	28,58	89	1,2	

Versuchsdauer: 157 Tage (25. 5. — 29. 10. 1962); Düngung/Gefäß: 1,5 g N : 2,0 g K₂O : 1,0 g P₂O₅ (2 Pflanzen).

flußt blieb. Dagegen verminderte sich erwartungsgemäß das Sproßwachstum von Riparia G 80 durch Riesling 90 als Unterlage, wie auch umgekehrt das Wurzelwachstum von Riparia G 80 durch den relativ schwachwüchsigen Riesling von $14,28 \pm 0,58$ g auf $9,19 \pm 0,90$ g vermindert wurde. Das Wurzelwachstum von Riesling erhöhte sich von $8,99 \pm 0,39$ g (Riesling/Riesling) auf $13,15 \pm 0,98$ g. Daraus geht hervor, daß die Wüchsigkeit des Hyperbionten die Intensität des Wurzelwachstums bestimmt. Dieser Effekt ist in quantitativem Sinne von sortenspezifischer Natur.

Die Beobachtung, wonach das Wachstum von Riesling als Reis nicht durch die Unterlage Riparia G 80 beeinflusst wird, mag zu einem Teil an die Bedingungen eines Gefäßversuches geknüpft sein. Es ist anzunehmen, daß sich das wesentlich intensivere Wurzelsystem der Sorte Riparia G 80 in dem engen Wurzelraum eines Gefäßes nicht voll

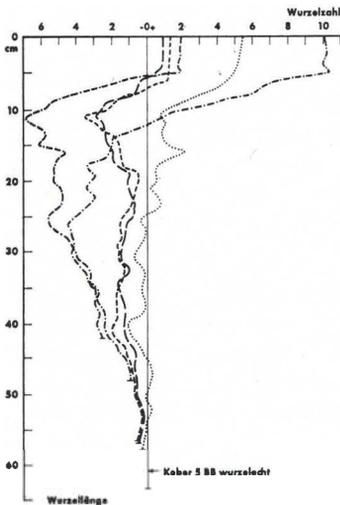


Abb. 3: Einfluß verschiedener Reiser auf das Wurzelwachstum der Sorte Kober 5 BB, — — : Kober 5 BB/Kober 5 BB; . . . : Riesling/Kober 5 BB; - - - - : Siegfried/Kober 5 BB; - - - - : Riesling, wurzelecht; - - - - : Siegfried, wurzelecht.

Versuchsdauer: 123 Tage (25. 5. bis 25. 9. 1962); Düngung: 0,35 g N, 1,0 g K₂O, 0,5 g P₂O₅ je Mitscherlichgefäß (= 2 Pflanzen).

entfalten konnte. Weiterhin dürfte auch der Zeitfaktor eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielen.

Über die Wurzelmassenproduktion hinaus konnte eine Veränderung der Wurzelzahl, der Wurzellänge und der Verzweigung durch den Einfluß des Reises festgestellt werden. Nach HILKENBÄUMER (1959) zeichnet sich Boskoop durch ein unruhiges Wurzelbild aus, was diese Apfelsorte auf eine Anzahl von Unterlagen überträgt: Die Wurzeln verlaufen meist in starken Krümmungen. Bei Goldparmäne als Reis ist der Wurzelverlauf in allen Unterlagen-Sorten-Kombinationen relativ „ruhig“.

Bei Reben war festzustellen, daß durch die Pfropfung die Zahl der sproßbürtigen Wurzeln der Unterlage Kober 5 BB vermehrt, die Wurzellänge gegenüber der wurzelechten Variante aber geringfügig verkürzt wurde (Abb. 3). Einen beachtlichen Einfluß übte hierbei die Sorte Riesling als Reis aus, was vermutlich darauf zurückzuführen ist, daß Riesling sehr viel mehr sproßbürtige Wurzeln bildet als Kober 5 BB. Hierdurch wurden nicht nur die Gesamtwurzelmasse der Unterlage in weiten Grenzen durch die Wüchsigkeit des Reises, sondern auch die Zahl und Länge der sproßbürtigen Wurzeln durch das Reis bestimmt.

Für einen weiteren Pfropfversuch wurde im Gewächshaus ein Holzkasten von 2,5 m × 2,5 m aufgestellt und 35 cm hoch mit Sand gefüllt. Die Düngung erfolgte mit einer HaKaPhos-Lösung (5 g/10 l Wasser). Obwohl es sich um einjährige Pflanzen handelte, wurde ein sehr kräftiges Wachstum erzielt. Die bereits in Gefäßversuchen

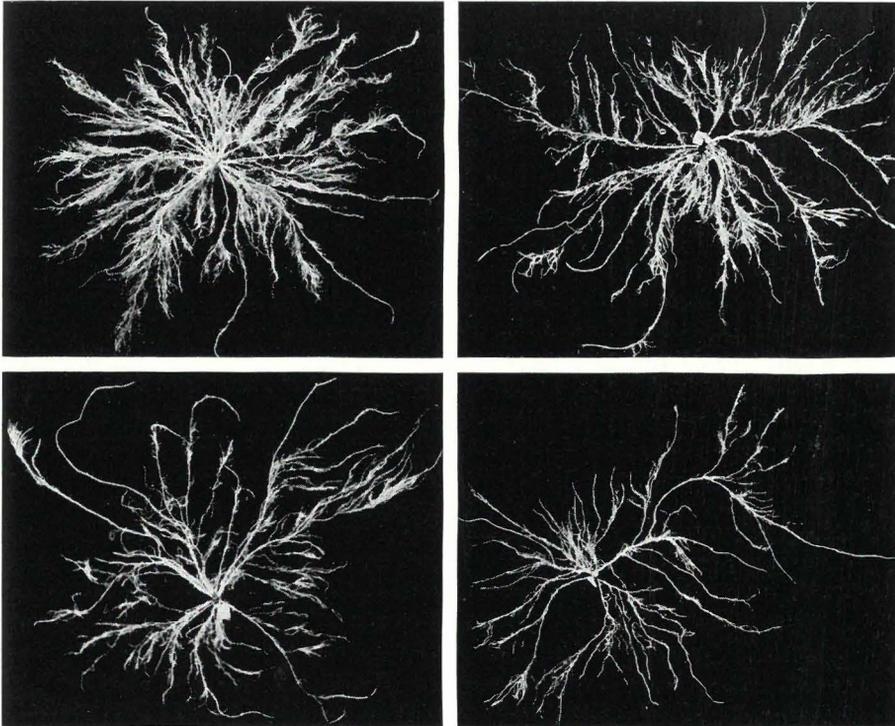


Abb. 4: Unterschiede in der Wurzel Ausbildung verschiedener Rebensorten. Obere Reihe: Dr. Deckerrebe (links), Riesling (rechts); untere Reihe: Siegfried (links), Rupestris HG 9 (rechts).

festgestellte Wurzelbildung konnte hier noch deutlicher wiedergefunden werden (Abb. 4).

Während die Wurzelsysteme von Rupestris HG 9 stark extensiv sind, gehören jene der Dr. Deckerrebe zum intensiven Typ. Die Wurzelsysteme von Riesling und Siegfried lassen sich zwischen beide als Intermediärtypen einordnen. Somit können die Beobachtungen von GEISLER (1957) bestätigt werden, daß unter gleichen Stand-

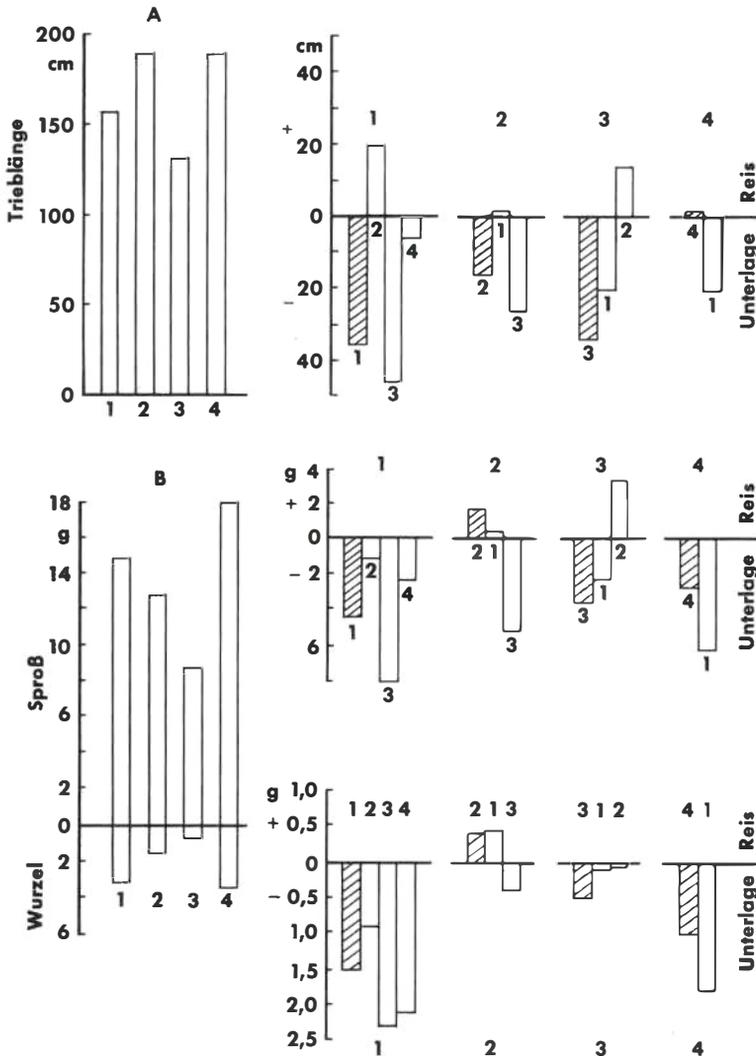


Abb. 5: Der gegenseitige Einfluß von Unterlage und Reis auf die Trieblänge (A, cm) sowie Sproß- und Wurzelgewicht (B, Trockensubstanz in g) im Vergleich zu den wurzelrechten Sorten unter Berücksichtigung des unspezifischen Pfropfeffektes (homoplastische Pfropfung). Versuchsdauer: 109 Tage (28. 3. bis 15. 7. 1963).

Sorten: 1 = Riesling, 2 = Siegfried, 3 = Rupestris, 4 = Dr. Deckerrebe; schraffierte Säulen: homoplastische Pfropfkombinationen, weiße Säulen: heteroplastische Pfropfkombinationen.

ortbedingungen große, genetisch bedingte Sortenunterschiede in der Ausbildung der Wurzel bestehen.

Die Ergebnisse dieses Pfropfversuches wurden in Differenzdiagrammen zusammengestellt (Abb. 5), in welchen Wuchslänge, Sproß- und Wurzelgewicht der verschiedenen Pfropfkombinationen mit den dazugehörenden wurzelechten Komponenten verglichen werden. Mit den schraffierten Säulen wurden jeweils die Werte der homoplastischen Pfropfung dargestellt, durch welche der unspezifische Pfropfeffekt deutlich gemacht werden konnte.

Die Wuchslänge der 4 wurzelechten Sorten nimmt von Siegfried, Dr. Deckerrebe über Riesling 90 nach Rupestris HG 9 ab. Hinsichtlich des Sproß- und Wurzelwachstums besteht eine ähnliche Relation: die höchsten Trockensubstanzgewichte brachte die Dr. Deckerrebe, gefolgt von Riesling, Siegfried und Rupestris HG 9.

Für die Erfassung des spezifischen Pfropfeffektes war, wie bereits angedeutet wurde, der Einfluß des Pfropfeingriffes als solcher zu berücksichtigen, der zudem noch durch die Selbstverträglichkeit oder Affinität überlagert wurde. Homoplastische Pfropfungen konnten daher — unabhängig von ihrer Wüchsigkeit bei wurzelechter Vermehrung — eine geringere oder auch höhere Leistungsfähigkeit besitzen als ihre wurzelechten Komponenten. So waren die Sorten Riesling (1)³⁾ und Rupestris HG 9 (3) nicht selbstverträglich. Das bedeutet, daß das Sproß- und Wurzelwachstum durch die homoplastische Pfropfung vermindert wurde. Ebenfalls konnte die Dr. Deckerrebe (4), bei der zwar die Trieblänge unbeeinflusst blieb, das Sproß- und Wurzelwachstum aber vermindert wurde, zu den nicht selbstverträglichen Sorten gezählt werden. Hingegen war die Sorte Siegfried (2) selbstverträglich. Bei ihr wurde nur die Trieblänge gegenüber der wurzelechten Kontrolle geringfügig reduziert, das Sproß- und Wurzelgewicht jedoch schwach signifikant erhöht.

Aus der in Abb. 5 wiedergegebenen graphischen Darstellung sind unter Berücksichtigung des unspezifischen Pfropfeffektes folgende Einzelreaktionen hervorzuheben:

1. Positiver Einfluß

- a) Siegfried als *U n t e r l a g e* förderte die Trieblänge von Riesling und Rupestris HG 9 sowie das Sproßgewicht beider Hyperbionten,
- b) Riesling als *U n t e r l a g e* förderte die Wuchslänge von Siegfried und Rupestris HG 9 sowie das Triebgewicht der zuletzt genannten Sorte,
- c) Dr. Deckerrebe als *U n t e r l a g e* förderte (schwach) die Wuchslänge von Riesling,
- d) Siegfried als *R e i s* erhöhte das Wurzelgewicht von Rupestris HG 9 und Riesling,
- e) Riesling als *R e i s* erhöhte das Wurzelgewicht von Rupestris HG 9.

2. Negativer Einfluß

- a) Riesling als *U n t e r l a g e* hemmte die Trieblänge der Dr. Deckerrebe,
- b) Rupestris HG 9 als *U n t e r l a g e* hemmte die Trieblänge von Riesling und Siegfried,
- c) Riesling als *R e i s* verminderte das Wurzelgewicht von Dr. Deckerrebe,
- d) Dr. Deckerrebe als *R e i s* verminderte das Wurzelgewicht von Riesling,
- e) Rupestris HG 9 als *R e i s* verminderte das Wurzelgewicht von Riesling und Siegfried.

Über diese rein zahlenmäßige Zusammenstellung einer gegenseitigen Beeinflussung beider Pfropfpartner hinaus, wurde vor allem die Ausbildung der Wurzelsysteme unter der Einwirkung verschiedener Reiser recht erheblich abgewandelt (Abb.

³⁾ Zahlenangaben beziehen sich auf die Sortennummern in der Abbildung 5.

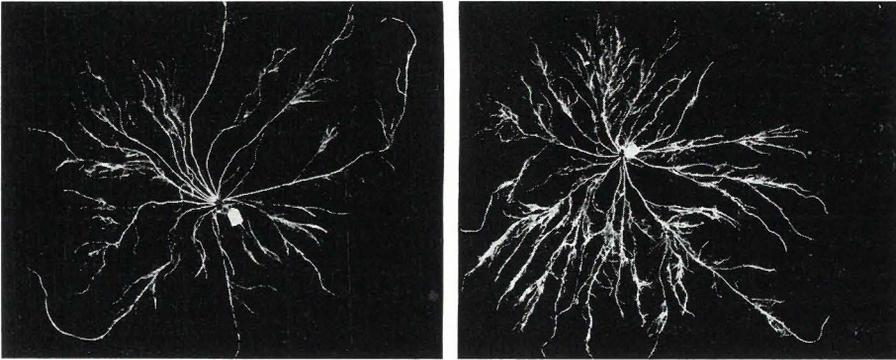


Abb. 6: Einfluß verschiedener Pfropfreiser auf die Verzweigung der Wurzelsysteme von Siegfried als Unterlage.
Links: Siegfriedwurzel mit Rupestris HG 9 als Reis; rechts: Siegfriedwurzel mit Riesling 90 als Reis.

6 u. 7). Der extensive Wurzelcharakter von Rupestris HG 9 machte sich beispielsweise bei den normalerweise intensiven Wurzelsystemen der Sorte Siegfried durch eine geringere Verzweigung bemerkbar, während andererseits bei den extensiven Wurzelsystemen von Rupestris HG 9 unter dem Einfluß von Riesling eine stärkere Verzweigung festgestellt werden konnte.

Überblicken wir die Ergebnisse dieses Versuches, so traten als Extreme auf der positiven Seite die relativ starkwüchsigen Sorten Riesling und Siegfried und als Extrem auf der negativen Seite die schwachwüchsige Rupestris HG 9 auf. Wiederum ergab sich mithin der bereits getroffene Befund (Seite 170), wonach zunächst die sortentypische Wüchsigkeit über den Umfang einer gegenseitigen Beeinflussung in einer Pfropfkombination bestimmte. Damit allein konnten aber nicht alle Resultate erklärt werden, wie z. B. die gegenseitige positive Beeinflussung von Riesling und Siegfried oder die gegenseitige Hemmung des Wurzelwachstums von Riesling und Dr. Deckerrebe (Punkt 2 c und d). Aufgrund dieser Gegebenheiten ließen sich zwei Reaktionstypen in der Pfropfkombination von einander unterscheiden: Als erstes wären Sorten zu nennen, die sich in der Pfropfkombination gegenseitig positiv beeinflussen. Hierzu zählen Riesling und Siegfried. Zur zweiten Reaktionsgruppe gehören Sorten, die ihren Pfropfpartner negativ beeinflussen, selbst aber von diesem im Wachstum stimuliert wurden, wie Rupestris HG 9 und in gewisser Hinsicht auch die Dr. Deckerrebe.

Konsequenterweise müßte noch eine dritte Reaktionsgruppe zu finden sein, die sich durch eine starke Unverträglichkeit beider Pfropfkomponenten auszeichnet. Aus einer solchen Pfropfkombination wären durch die Hemmung beider Partner nur negative Ergebnisse zu erwarten.

b) Einfluß der Tageslänge und Temperatur auf die Pfropfung

Aufbauend auf die bisherigen Untersuchungsergebnisse konnte erwartet werden, daß der spezifische Pfropfeffekt umweltabhängig ist.

Zur Prüfung dieser Frage wurde ein umfangreicher Komplexversuch mit den Sorten Riesling 90 und Riparia G 1 in den Konstanträumen durchgeführt. Als Photoperiode wurden Langtag (Kurzttag + Störlicht) und ein 11stündiger Kurzttag gewählt. Gleichzeitig wurde die Temperatur variiert. In dem einen Falle wurde eine konstan-

Tabelle 7

Einfluß der Photoperiode und Temperatur auf das Wurzelwachstum von wurzelechten und gepfropften Reben

Sorte	Photo- periode	Tempe- ratur	Wuchslänge		Trockensubstanz									
					Sproß			Wurzel			Gesamt		Sproß Wurzel	
			cm	%	g	%	g	%	g	%	g	%		
\bar{x}	$\pm m$	rel.	\bar{x}	$\pm m$	rel.	\bar{x}	$\pm m$	rel.	\bar{x}	rel.				
Riesling	Stl	26	56	4,7	100	1,42	0,12	100	0,26	0,04	100	1,68	100	5,5
			28	2,7	50	1,03	0,09	72	0,32	0,01	123	1,35	80	3,2
	KT	26/15	54	5,5	100	1,40	0,22	100	0,18	0,02	100	1,58	100	7,8
			55	3,6	102	1,48	0,13	106	0,28	0,02	156	1,76	112	5,3
Riparia	Stl	26	69	3,5	100	1,34	0,13	100	0,31	0,03	100	1,65	100	4,3
			24	4,0	35	1,26	0,10	94	0,34	0,08	110	1,60	97	3,7
	KT	26/15	66	5,1	100	2,14	0,13	100	0,28	0,05	100	2,42	100	7,6
			44	2,0	67	1,45	0,08	68	0,44	0,04	157	1,89	78	3,3
<u>Riesling</u>	Stl	26	100	4,4	100	3,34	0,21	100	0,56	0,08	100	3,90	100	6,0
Riparia	KT		49	4,1	49	2,38	0,16	72	0,50	0,03	89	2,88	74	4,8
	Stl	26/15	80	2,0	100	3,06	0,20	100	0,36	0,10	100	3,42	100	8,5
	KT		63	4,1	79	2,87	0,24	94	0,35	0,02	97	3,22	94	8,2
<u>Riparia</u>	Stl	26	93	5,7	100	2,86	0,16	100	0,66	0,04	100	3,52	100	4,4
Riesling	KT		34	4,3	36	1,73	0,11	60	0,66	0,06	100	2,39	68	2,6
	Stl	26/15	89	4,2	100	3,83	0,17	100	0,60	0,04	100	4,43	100	6,4
	KT		53	3,9	59	2,66	0,14	69	0,62	0,06	103	3,28	74	4,3

Versuchsdauer: 55 Tage (25. 5. — 19. 7. 1962); Photoperiode: Stl (Störlicht): 8.00—18.00 Uhr + 0.30 —1.30 Uhr (= 11 Stunden); KT (Kurztag): 8.00—19.00 Uhr (= 11 Stunden); Thermoperiode: 26° C Dauertemperatur, 26/15° C Wechseltemperatur: 8.00—19.00 Uhr = 26° C und von 19.00—8.00 Uhr = 15° C (Nachttemperatur unterstrichen).

te Temperatur während der Licht- und Dunkelphase von 26° C eingehalten (Dauertemperatur), im anderen aber eine Verminderung der Temperatur um 9° C (Wechseltemperatur) während der Dunkelphase von 19 Uhr bis 8 Uhr.

Wie aus Tabelle 7 hervorgeht, konnten zunächst spezifische Sortenunterschiede durch die gewählten Klimabedingungen beobachtet werden. So wurde die photoperiodische Hemmung der Triebblänge durch Kurztag bei der Sorte Riesling durch Wechseltemperatur aufgehoben und bei der Sorte Riparia G 1 abgeschwächt. Hinsichtlich des Sproßgewichtes bestand bei Riesling die gleiche Beziehung, bei Riparia G 1 aber führten Langtag und Wechseltemperatur zu einer extremen Stimulation (2,14 g \pm 0,13 im Vergleich zu 1,26 g \pm 0,10 bis 1,45 g \pm 0,08 in allen anderen Varianten). Wechseltemperatur erhöhte im Kurztag die Triebblänge beider Sorten sowie das Sproßgewicht von Riesling. Ein gleicher Temperatureffekt auf das Sproßgewicht von Riparia G 1 ist nur im Langtag eingetreten.

Das Wurzelgewicht wurde, besonders bei Wechseltemperatur, durch Kurztag erhöht, während ein Temperatureffekt bei gleicher Tageslänge nicht deutlich hervortrat.

Vergleichen wir das Gesamtwachstum beider Sorten unter den verschiedenen photo- und thermoperiodischen Bedingungen so läßt sich feststellen, daß bei der Sorte Riesling ein Wachstumsoptimum nicht ausgeprägt war, hingegen eine Wachs-

tumsdepression durch Kurztag und Dauertemperatur. Ein gegensätzliches Verhalten zeigte Riparia G 1. Bei ihr konnte ein ausgeprägtes Optimum bei Wechseltemperatur im Langtag beobachtet werden.

Betrachten wir unter diesen Aspekten das Wachstum der Pfropfkombinationen Riesling/Riparia G 1 bzw. Riparia G 1/Riesling, so blieb das Wachstumsminimum (Sproß- und Wurzelrockensubstanz) bei der Sorte Riesling erhalten, wie auch andererseits das Optimum von Riparia G 1 im Langtag bei Wechseltemperatur nachgewiesen werden konnte. Gleichwohl waren bei näherer Analyse der Einzelwerte Reaktionsunterschiede festzustellen, die auf einen spezifischen Einfluß des Pfropfpartners zurückgeführt werden konnten. Auffallend war zuerst, daß das Sproß- und Wurzelwachstum in der Pfropfkombination allgemein höher lag als bei den wurzelechten Partnern. Weiterhin wurde das Triebblängenwachstum von Riesling durch die Unterlage Riparia G 1 im Kurztag bei einer Thermoperiode von 26/15° C um 21% vermindert, obwohl die wurzelechte Riesling-Komponente unter gleichen Bedingungen keinen Kurztageneffekt zeigte. Hier hat sich offenbar das photoperiodische Verhalten der Unterlage Riparia G 1 durchsetzen können. Die entgegengesetzte Beeinflussung von Riparia G 1 durch Riesling als Unterlage, d. h. eine Abschwächung der Tageslängenwirkung bei Wechseltemperatur, war aber nicht eingetreten. Ein weiterer spezifischer Pfropfeffekt konnte im Sproßgewicht von Riparia G 1 durch Riesling als Unterlage beobachtet werden: Die bei Riesling eingetretene photoperiodische Kurztaghemmung des Sproßgewichtes bei Dauertemperatur wurde auf Riparia G 1 als Reis übertragen, wodurch sich das Sproßgewicht von Riparia G 1 um 40% (wurzelecht nur 6%) verminderte. Dagegen wurde die Temperatur- und Tageslängenreaktion der Sorte Riesling hinsichtlich des Sproßgewichtes durch die Unterlage Riparia G 1 nicht verändert.

Die bei den wurzelechten Pflanzen festgestellte Beeinflussung des Wurzelwachstums durch die Tageslänge ist in den Pfropfkombinationen vollständig aufgehoben, so daß die Förderung des Wurzelgewichtes von Riesling durch Kurztag und die Hemmung durch Langtag und Wechseltemperatur wie auch die Förderung des Wurzelwachstums von Riparia G 1 durch Kurztag in den Pfropfkombinationen nicht beobachtet werden konnte. Das Ausbleiben der photoperiodischen Reaktion der Wurzelbildung und des spezifischen Tageslängen-Temperatur-Effektes bei Riesling ist auf eine besondere Pfropfwirkung zurückzuführen. Denn wie von ALLEWELDT (1959) nachgewiesen wurde, können nur die Blattspreiten den photoperiodischen Reiz wahrnehmen, d. h. daß Riesling als Unterlage den Impuls von Riparia G 1, einer sehr kurztagintoleranten Sorte, erhielt und umgekehrt, Riparia G 1 als Unterlage den photoperiodischen Impuls von der als relativ kurztagtolerant anzusprechenden Sorte Riesling. Dadurch konnte die bei Riesling (wurzelecht) festgestellte Hemmung des Wurzelwachstums durch Langtag und Wechseltemperatur auf Riparia G 1 als Unterlage übertragen werden.

Durch die unterschiedliche Reaktion von Sproß und Wurzel auf Tageslänge und Temperatur trat im Kurztag allgemein eine Einengung des Sproß : Wurzel-Verhältnisses ein. Lediglich in der Pfropfkombination Riesling/Riparia G 1 blieb das Verhältnis unter Wechseltemperaturbedingungen unverändert.

Abschließend ist demnach festzustellen, daß extreme sortenspezifische Reaktionen, unabhängig davon ob sie vornehmlich durch die Tageslänge oder durch die Temperatur ausgelöst wurden, auch in der Pfropfkombination auf die jeweiligen Pfropfpartner übertragen werden können. So konnte sich also die höhere Kurztagensensibilität von Riparia G 1, gemessen an der Trieblänge, in der Pfropfung durchsetzen, nicht indes die geringe Tageslängenreaktion von Riesling bei Wechseltempe-

ratur. Ebenso machte sich die verschärfte Tageslängenreaktion der Sorte Riesling bei konstanter Temperatur hinsichtlich der Sproßtrockensubstanz in der Pfropfkombination auf das Reis bemerkbar. Die gegenseitige Beeinflussung beider Pfropfpartner ist somit von den gegebenen Klimabedingungen abhängig.

c) Einfluß des Wirkungsfaktors Stickstoff auf die Pfropfung

Unter den besonderen Bedingungen der Gefäßkultur wurde immer wieder deutlich, daß bezüglich der Substanzproduktion und der Ausbildung von Sproß und Wurzel wechselseitige Beziehungen zwischen den beiden Pfropfpartnern auftreten können. Hierbei dürfte der Mineralstoffernährung der Pflanzen eine besondere Bedeutung zukommen. Denn gerade der Faktor Stickstoff kann durch seine spezifische Wirkung die Reben einer starken Belastung aussetzen, die sich unter anderem im Durchrieseln der Blüte bemerkbar macht und zu wirtschaftlichen Verlusten führen kann.

Daß die Pfropfreben qualitativ anders auf eine Erhöhung der Stickstoffgabe ansprechen als ihre wurzelechten Komponenten, ließ sich in einem Experiment nachweisen, in welchem die Sorte Riesling auf verschiedene Kultur- und Unterlagssorten gepfropft worden war. Eine extreme Stickstoffsteigerung von 0,12 g auf 0,75 g N je Pflanze führte bei Riesling zu einer fehlerkritisch gesicherten Depression im Gesamtwachstum. Trieblänge, Sproß- und Wurzelgewicht wurden auf 62%, 45% und 37% vermindert. Diese Depression klang — jedoch abgeschwächt — in den homoplastischen Pfropfungen an. Anders hingegen bei heteroplastischen Pfropfungen. Hier sahen wir, daß die Unterlagssorten Siegfried und Riparia G 1 zu einer vollständigen Aufhebung des negativen Stickstoffeffektes führten, während die Unterlagssorten Rupestris HG 9 und Dr. Deckerrebe die bei Riesling beobachtete Stickstoffdepression milderten (Tabelle 8). Dieser Effekt war besonders bei der Unterlage Siegfried sehr auffallend, da diese selbst wurzelecht eine signifikante Stickstoffdepression zeigte, die bei den anderen Sorten nicht in Erscheinung trat.

Vergleichen wir den Einfluß verschiedener Unterlagen auf das Sproßwachstum, von Riesling, so ist unter Berücksichtigung des unspezifischen Pfropfeffektes eine Abhängigkeit von der jeweiligen N-Gabe festzustellen. Das Sproßgewicht wurde bei der niedrigen Stickstoffstufe von 0,12 g je Pflanze durch die Unterlagen Siegfried, Dr. Deckerrebe und in geringem Ausmaße auch durch Riparia G 1 vermindert, indes bei hoher Stickstoffgabe durch die Sorten Siegfried, Rupestris HG 9 und Riparia G 1 erhöht. Damit können zweifellos mannigfache Widersprüche über den unterschiedlichen Einfluß von Unterlagssorten auf das Wachstum des Hyperbionten geklärt werden. Denn in Abhängigkeit von der Stickstoffernährung kann durch ein und dieselbe Unterlagssorte entweder eine Hemmung oder eine Förderung im Wachstum des Hyperbionten erzielt werden.

Eine enge Beziehung zwischen dem Einfluß des Reises auf die Wurzelbildung der Unterlage zur Stickstoffdüngung konnte gleichfalls beobachtet werden. Die durch die erhöhte Stickstoffgabe festgestellte Depression des Wurzelwachstums der wurzelechten Reben von Riesling, Dr. Deckerrebe und Riparia G 1 blieben auch in der Pfropfkombination mit Riesling als Reis erhalten. Nur bei der Sorte Siegfried führte die Pfropfung mit Riesling als Reis zu einer Aufhebung der Stickstoffhemmung. Ferner war zu erkennen, daß die Pfropfung schlechthin zu einer Erhöhung des Wurzelgewichtes führte. Das Ausmaß dieser Förderung betrug bei der Pfropfkombination Riesling/Riesling im Vergleich zu der wurzelechten Kontrolle 205%.

Tabelle 8
Einfluß einer hohen Stickstoffdüngung auf das Sproß- und Wurzelwachstum wurzelechter
und gepflöpfter Reben

Sorte	Unterlage	N g/Gefäß	Trockensubstanz						Sproß Wurzel					
			Wuchslänge			Sproß				Wurzel			Gesamt	
			cm	±m	% rel.	g	±m	% rel.		g	±m	% rel.	g	% rel.
Riesling	—	0,12	129	12,3	100	7,50	1,1	1,41	0,14	100	8,91	100	5,3	
Riesling	Riesling	0,75	80	9,8	62	3,39	0,4	0,52	0,08	100	3,91	44	6,5	
Riesling	—	0,12	153	6,1	100	10,67	0,6	2,89	0,23	205	13,56	100	3,7	
Siegfried	—	0,75	133	9,3	87	6,43	0,7	1,30	0,13	250	7,73	57	5,0	
Siegfried	—	0,12	166	4,4	100	7,41	0,3	1,56	0,13	100	8,97	100	4,8	
Riesling	Siegfried	0,75	114	11,8	69	4,13	0,6	0,70	0,06	100	4,83	54	5,9	
Riesling	—	0,12	155	9,3	100	7,66	0,7	1,51	0,27	97	9,17	100	5,1	
Rupestris HG 9	—	0,75	172	14,2	111	11,07	1,2	1,55	0,20	221	12,62	138	7,1	
Rupestris HG 9	—	0,12	152	7,8	100	4,41	0,5	0,44	0,06	100	4,85	100	10,0	
Riesling	Rupestris HG 9	0,75	175	9,2	115	4,25	0,5	0,47	0,05	100	4,72	97	9,0	
Riesling	—	0,12	188	8,5	100	10,38	0,4	1,60	0,16	364	11,98	100	6,5	
Dr. Decker	—	0,75	166	6,4	88	9,01	0,5	1,64	0,23	349	10,65	89	5,5	
Dr. Decker	—	0,12	135	5,6	100	6,52	0,4	1,55	0,15	100	8,07	100	4,2	
Riesling	Dr. Decker	0,75	143	11,2	106	6,35	0,7	0,97	0,10	100	7,32	91	6,6	
Riesling	—	0,12	153	11,4	100	7,93	0,3	2,16	0,27	139	10,09	100	3,7	
Riparia G 1	—	0,75	138	5,4	110	6,94	1,1	1,19	0,07	122	8,13	81	5,8	
Riparia G 1	—	0,12	149	4,8	100	6,16	0,5	2,11	0,31	100	8,27	100	2,9	
Riesling	Riparia G 1	0,75	175	4,2	118	6,89	0,5	1,40	0,19	100	8,29	100	4,9	
Riesling	—	0,12	145	4,6	100	8,28	0,3	2,12	0,24	100	10,40	100	3,9	
Riesling	—	0,75	151	4,4	104	10,98	1,3	1,59	0,16	113	12,57	120	6,9	

Versuchsdauer: 113 Tage (7. 5. — 28. 8. 1962); Düngung: 0,50 g K₂O, 0,25 g P₂O₅ je Pflanze.

Tabelle 9

Einfluß einer hohen Stickstoffdüngung auf Wurzelzahl, Wurzellänge und Stickstoffgehalt
(von Blatt und Wurzel) wurzelechter und gepfropfter Reben

Sorte bzw Pfropfkombination	Zahl der sproß- bürtigen Wurzeln		Durchschnittl. Wurzellänge		Stickstoffgehalt in g/100 g Tr.S.			
	bis 15 cm	insg.	0,12 gN	0,75 gN	0,12 gN		0,75 gN	
					Wurzel	Blatt	Wurzel	Blatt
Riesling 90	18,1	30,0	23,7	17,1	1,76	3,52	2,74	3,48
Riesling/Riesling	42,9	51,1	20,1	17,7	1,44	3,80	2,50	3,32
Siegfried	23,2	33,4	24,8	15,4	1,88	3,28	2,50	3,82
Riesling/Siegfried	36,8	44,0	19,3	19,2	1,64	4,50	2,20	3,48
Rupestris HG 9	22,2	36,1	31,6	24,2	2,16	3,80	2,50	3,96
Riesling/Rupestris	32,6	40,9	21,5	20,2	1,56	2,84	2,12	3,42
Dr. Deckerrebe	36,0	45,0	25,8	18,7	1,68	2,82	2,60	3,34
Riesling/Dr. Decker	56,1	62,0	19,2	14,4	1,80	2,96	2,68	3,46
Riparia G 1	21,9	33,0	32,8	28,0	1,70	3,38	2,48	3,70
Riesling/Riparia	22,1	32,9	25,0	22,9	1,50	3,10	2,30	3,28

Versuchsdauer: 113 Tage (7. 5. — 28. 8. 1962); Düngung: siehe Tabelle 8.

Über diesen unspezifischen Pfropfeffekt hinaus war eine beachtliche Stimulation der Wurzelbildung bei Rupestris HG 9 durch Riesling eingetreten. Sie betrug in den beiden Stickstoffstufen 364 bzw. 349%. Noch deutlicher wurde der in mehreren Versuchen nachgewiesene Einfluß von Riesling auf die Unterlage Rupestris HG 9 in der Ausbildung der Wurzelsysteme festgestellt (Abb. 7). Durch den Einfluß des Reises veränderte sich ihre typische extensive Bewurzelungsweise. Das Wurzelsystem wurde wesentlich kürzer, mehr verzweigt und war stärker mit Faserwurzeln besetzt. Ein ähnlicher Effekt des Reises Riesling konnte auf das Wurzelsystem von Riparia G 1 (Abb. 8) beobachtet werden.

Mit Ausnahme von Riesling/Riparia G 1 wurde durch die Pfropfung die Zahl sproßbürtiger Wurzeln erhöht (Tabelle 9). Die durchschnittliche Wurzellänge wurde verkürzt, womit eine Abnahme der Zahl der Wurzeln mit einer Länge von mehr als 15 cm und eine Zunahme der sproßbürtigen Wurzeln mit einer Länge von weniger als 15 cm verbunden war.

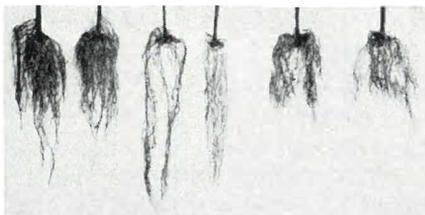


Abb. 7

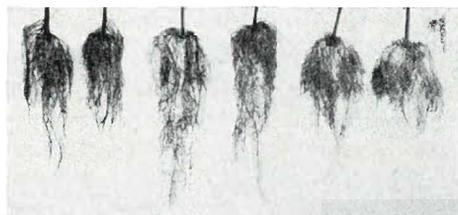


Abb. 8

Abb. 7: Einfluß des Rieslings als Reis auf das Wurzelwachstum von Rupestris HG 9 als Unterlage.

Wurzelbilder von Riesling (links), Rupestris HG 9 (mitte), Riesling gepfropft auf Rupestris HG 9 (rechts).

Abb. 8: Einfluß von Riesling als Reis auf das Wurzelwachstum von Riparia G 1 als Unterlage.

Wurzelbilder von Riesling (links), Riparia G 1 (mitte), Riesling/Riparia G 1 (rechts).

Die gegenseitigen Wechselbeziehungen zwischen Unterlage und Reis, wie sie im Sproß- und Wurzelwachstum zum Ausdruck kamen, führten naturgemäß zu einer mitunter sehr beachtlichen Veränderung des Sproß : Wurzel-Verhältnisses, verglichen mit den jeweiligen wurzelechten Komponenten. So führte die Kombination Riesling/Siegfried ebenso wie Riesling/Riparia G 1 in beiden Stickstoffstufen zu einer Erweiterung dieses Verhältnisses, die Pfropfung von Riesling auf Rupestris HG 9 und Dr. Deckerrebe indes zu einer Einengung, wie sie allein schon durch die homoplastische Pfropfung hervorgerufen wurde.

Als Folgerung aus den Ergebnissen ist festzustellen, daß der Ernährungsfaktor Stickstoff den spezifischen Pfropfeffekt modifiziert.

Die Stickstoffanalysen von Blatt und Wurzel haben gezeigt, daß bei schwacher Stickstoffdüngung die Werte zwischen 2,82% und 4,50% (160%) im Blatt und 1,44% und 2,16% (150%) der Trockensubstanz in der Wurzel schwankten (Tab. 9). Durch Erhöhung der Stickstoffgabe von 0,12 auf 0,75 g je Pflanze wurden die nur geringen Unterschiede im Stickstoffgehalt der einzelnen Varianten noch mehr ausgeglichen und lagen im Blatt zwischen 3,28% und 3,96% (120%) und 2,12% und 2,50% (129%) der Trockensubstanz in der Wurzel. Andererseits wurde mit Steigerung der Stickstoffdüngung der Stickstoffgehalt der Wurzel absolut stark vermehrt, während die in den Blättern gefundenen Werte meist nur schwach nach der positiven oder negativen Seite von den Werten bei geringer Stickstoffgabe abwichen. Dadurch wurde das Verhältnis des Stickstoffgehaltes von Blatt und Wurzel — ausgedrückt durch den Quotienten Wurzel : Blatt — in allen wurzelechten Pflanzen und den Pfropfungen zugunsten der Wurzel weiter.

In einem weiteren Versuch in Mitscherlichgefäßen unter Freilandbedingungen konnte bei einer Stickstoffsteigerung von 0,35 g auf 2,25 g je Gefäß (2 Pflanzen) eine Modifikation der Stickstoffwirkung auf die Wurzelbildung der Unterlage Kober 5 BB durch die Pfropfung verschiedener Reiser festgestellt werden. Die Unterlage Kober 5 BB gehört zu jenen Sorten, die auch in der Wurzelmasse sehr wenig auf eine starke Stickstoffgabe reagierten. Aus diesem Grunde wurden als Reiser Sorten verwendet, die eine typische Reaktion auf die Erhöhung der Stickstoffgabe zeigten, wie z. B. Riesling 90, Siegfried und Silvaner (Tabelle 10). Diese Wachstumsdepression, die bei den Sorten Riesling und Siegfried beobachtet wurde, konnte auch in der Pfropfkombination mit Kober 5 BB als Unterlage festgestellt werden (Depression der Wuchslänge von Riesling und Siegfried um 22% bzw. 44% und der Sproßtrockensubstanz um 29% bzw. 52%).

Bei Silvaner dagegen wurde die Wachstumsdepression, vor allem die Hemmung der Trockensubstanzbildung des Sprosses, durch die Unterlage Kober 5 BB verringert. Die Aufrechterhaltung der Stickstoffdepression bei Riesling und Siegfried und Ihre Abschwächung bei Silvaner in der Pfropfung mit Kober 5 BB ist als eine spezifische Reak-

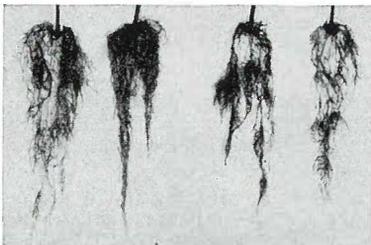


Abb. 9: Einfluß des Wirkungsfaktors Stickstoff auf die Wurzelbildung von Riparia G 1. Stickstoffdüngung 0,12 g (links) und 0,75 g N/Pflanze (rechts).

Tabelle 10
 Einfluß verschiedener Reiser auf das Wurzelwachstum der Unterlage Kober 5 BB bei
 gleichzeitiger Variation der Stickstoffdüngung

Sorte	Unterlage	N g/Gefäß	Wuchslänge			Trockensubstanz						Sproß Wurzel		
			cm	± m	% rel.	Sproß		Wurzel		Gesamt				
						g	± m	% rel.	g	± m	% rel.		g	% rel.
Riesling		0,35	84	6,2	100	11,57	1,01	100	8,97	0,88	100	20,54	100	1,3
		2,25	61	4,8	73	8,25	0,46	71	4,70	0,58	52	12,95	63	1,8
Riesling	Kober 5 BB	0,35	91	4,9	100	16,01	1,13	100	7,33	0,62	100	23,34	100	2,2
		2,25	71	6,8	78	11,32	0,89	71	5,90	0,61	80	17,22	74	1,9
Siegfried		0,35	98	6,4	100	12,93	0,96	100	6,93	0,59	100	19,86	100	1,9
		2,25	69	5,8	70	8,25	0,75	64	4,94	0,50	71	13,19	66	1,7
Siegfried	Kober 5 BB	0,35	114	8,2	100	15,42	1,17	100	9,02	0,72	100	24,44	100	1,7
		2,25	64	6,6	56	7,59	1,02	48	3,88	0,43	43	11,47	47	2,0
Silvaner		0,35	50	3,6	100	8,58	0,77	100	9,27	0,73	100	17,85	100	0,9
		2,25	43	4,7	86	5,24	0,80	61	4,01	0,59	43	9,25	52	1,3
Silvaner	Kober 5 BB	0,35	100	8,0	100	14,20	1,29	100	6,62	0,52	100	20,82	100	2,2
		2,25	85	7,5	85	12,78	1,24	90	5,91	0,66	89	18,69	90	2,2
Kober 5 BB		0,35	174	11,4	100	17,44	1,31	100	10,32	0,80	100	27,76	100	1,7
		2,25	170	14,1	98	17,18	1,50	99	8,17	0,71	79	25,35	91	2,1
Kober 5 BB	Kober 5 BB	0,35	175	12,6	100	19,76	1,78	100	6,83	0,59	100	26,59	100	2,9
		2,25	162	13,8	92	18,66	1,74	90	6,20	0,62	91	24,86	93	3,0

Versuchsdauer: 123 Tage (25. 5. — 25. 9. 1962); Düngung: 1,0 g K₂O, 0,5 g P₂O₅ je Gefäß (= 2 Pflanzen).

tion der Reiser zu werten, zumal die homoplastische Pfropfung von Kober 5 BB wie auch ihre wurzelechte Variante keine Hemmung des Sproßwachstums durch eine zusätzliche Stickstoffgabe erkennen ließen.

Die Stickstoffempfindlichkeit der Reiser zeigte sich auch im Wurzelwachstum der Unterlage Kober 5 BB. Das relative Ausmaß dieser Hemmung betrug bei Silvaner/Kober 5 BB 11%, bei Riesling/Kober 5 BB 20% und bei Siegfried/Kober 5 BB sogar 57%. Wiederum handelte es sich hierbei um einen spezifischen Einfluß des Hyperbionten, da die homoplastische Kombination von Kober 5 BB keine signifikante Stickstoffreaktion zeigte. Indes war zu beobachten, daß bei einer geringen Stickstoffgabe das Wurzelwachstum durch die Pfropfung nicht verändert wurde. Eine Ausnahme bildete die Kombination Siegfried/Kober 5 BB, in welcher das Wurzelwachstum der Unterlage stimuliert wurde. Bei hohen Stickstoffgaben erzielten wir bei den Sorten Riesling und Silvaner, gepfropft auf Kober 5 BB, eine schwache Förderung und bei der Kombination mit Siegfried als Reis eine schwache Hemmung des Wurzeltrockengewichtes.

Auch in diesem Versuch wird deutlich, daß die gegenseitige Beeinflussung zwischen Unterlage und Reis weitgehend von der mineralischen Ernährung, insbesondere aber vom Faktor Stickstoff modifiziert wurde. Unter den oftmals extremeren Bedingungen der Nährstoffversorgung in der Praxis des Weinbaues können somit spezifische Einflüsse in Verbindung mit dem Pfropfrebenbau erwartet werden, die für die Ertragsbildung und für die Lebensdauer der Reben von hohem Interesse sind.

Diskussion

Die Ertrags- und Qualitätsleistung einer landwirtschaftlichen Kulturpflanze ist das Ergebnis enger Wechselbeziehungen zwischen der Pflanze, dem Boden und dem Klima. Das genetische Potential der Pflanze kann sich daher nur dann voll entfalten, wenn die hierfür notwendigen Umweltkomponenten gegeben sind. Von diesen sind das Licht und die Temperatur weitgehend standortgebunden und unter praktischen Anbaubedingungen nahezu unbeeinflussbar. Auf der anderen Seite gibt es Standortfaktoren, die den jeweiligen Bedürfnissen einer Pflanze in weiten Grenzen angepaßt werden können. Hierzu zählt der Boden mit verschiedenen Meliorationsmöglichkeiten, besonders der Nährstoff- und Wasserversorgung.

Zwischen den Wirkungsfaktoren Wasser und Stickstoff bestehen, ähnlich wie zwischen der Photoperiode und der Temperatur, enge Wechselbeziehungen. Mit steigender Stickstoffdüngung wurde das Wurzelgewicht wie auch die Wurzellänge reduziert (Tab. 8, 9 und 10). Diese Hemmwirkung war umso ausgeprägter, je geringer die Wasserversorgung war. Darüber hinaus konnte eine sortenspezifische Empfindlichkeit gegenüber Stickstoff nachgewiesen werden. So wurde das Wurzelwachstum der sehr leistungsfähigen Kultursorte Riesling durch eine Steigerung der Stickstoffgabe von 0,12 g auf 0,60 g/Gefäß wesentlich stärker gehemmt als das bei Kober 5 BB unter gleichen Bedingungen. Der Stickstoffeinfluß auf das Wurzelwachstum ist offensichtlich von sehr spezifischer Natur. So konnte ALLEWELDT (1964) bei Reben feststellen, daß das Wurzelbildungsvermögen der Rebenstecklinge von der Stickstoffernährung der Mutterpflanze abhängig ist.

Bei Pfropfreben, deren Anbau durch das Vordringen der Reblaus notwendig wurde, wirken alle genannten Umweltfaktoren auf die Lebensgemeinschaft zweier Einzelindividuen mit spezifischen Ansprüchen an die Umwelt ein. Naturgemäß werden durch die Pfropfung die an der selbständigen Pflanze beobachteten umwelt-

abhängigen Reaktionen abgewandelt. Im allgemeinen konnte sich hinsichtlich der photoperiodischen Reaktion keiner der beiden Partner mit seinen Eigenschaften vollständig durchsetzen. Es kam dabei weitgehend zu einem intermediären Verhalten, sowohl beim Triebwachstum als auch beim Wurzelwachstum. Bei extrem wüchsigem kurztag-intoleranten amerikanischen Unterlagssorten (Kober 5 BB) kam es im Langtag dennoch zu einer stärkeren Erweiterung des Sproß : Wurzel-Verhältnisses als bei schwächer wachsenden kurztag-intoleranten Formen (V. rupestris HG 9).

Diese Beziehungen zwischen Wüchsigkeit und Tageslängen-Reaktion weisen bereits darauf hin, daß sich die Pfropfpartner gegenseitig beeinflussen. Ein solcher Einfluß wurde insbesondere bei Obstbäumen vielfach nachgewiesen (vergl. HATTON 1930, HILKENBÄUMER 1942, 1959, SHANNON und ZAPHRIR 1958, BARLOW 1960 u. a.).

In den durchgeführten Versuchen trat in der Kombination Riesling/Kober 5 BB eine Wachstumsstimulierung beider Partner ein. Hingegen verminderte sich bei der Sorte Siegfried als Unterlage die normalerweise sehr intensive Verzweigung der Wurzelsysteme unter dem Einfluß von Rupestris HG 9 als Reis.

Die Ursachen für den zu beobachtenden Pfropfeffekt sind ohne Zweifel sehr vielfältig. Zunächst ist daran zu denken, daß allein durch den Pfropfeingriff eine Störung oder Hemmung des Stofftransportes, sowohl in basipetaler als auch in akropetaler Richtung erfolgt. Die bereits erwähnte, unterschiedliche Stickstoffreaktion, beispielsweise von Riesling und Kober 5 BB, läßt ein verschiedenes Nährstoff-Aufnahmevermögen einzelner Sorten vermuten. Unter dieser Voraussetzung könnte die Beeinflussung des Edelreises durch die Unterlage in vielen Fällen erklärt werden (DE RUFZ DE LAVISON 1910). Inwieweit die von den Blättern ausgehende hormonelle Steuerung des Wurzelwachstums von Einfluß ist, wie sie RICHARDSON 1957, RUBIN und GERMANOVA 1958, BURSTRÖM 1960 u. a. vermuten, kann bei dem Stand der Erkenntnisse hier nicht näher erörtert werden.

Das unterschiedliche Verhalten beider Pfropfpartner gegenüber Klima- und Bodenbedingungen sowie ihre gegenseitige Beeinflussung, charakterisieren in gleichem Maße die schwierigen Probleme, aber auch die zahlreichen positiven Möglichkeiten des Pfropfrebenbaues. Durch die Verwendung der noch heute allgemein verbreiteten Unterlagssorten, die den ökologischen Bedingungen unseres Anbauggebietes nur sehr ungenügend angepaßt sind, tritt eine langsame Abwanderung des Pfropfrebenbaues vom Hang in die Ebene ein. Dies ist zu einem großen Teil auf den erhöhten Wasserbedarf dieser Unterlagssorten zurückzuführen (ZIMMERMANN 1955, GEISLER 1957). Gleichzeitig ist die Lebensdauer von Pfropfreben vermutlich geringer als jene von wurzelechten Anpflanzungen. Nicht zuletzt ist diese kürzere Lebensdauer wohl auch auf die höhere Virusanfälligkeit der amerikanischen Unterlagssorten zurückzuführen. Jedoch kann ebenso angenommen werden, daß die vom Edelreis erbrachten hohen Ertrags- und Qualitätsleistungen und die mit ihnen verbundenen Ansprüche auf die Dauer von der Unterlage nicht befriedigt werden können. Trotzdem bietet der Pfropfrebenanbau bei Verwendung ökologisch angepaßter Unterlagssorten gegenüber dem wurzelechten Anbau noch zahlreiche Möglichkeiten.

Die Praxis hat gezeigt, daß die Reife der Trauben und des Holzes durch die Wahl der Unterlagssorte in ziemlich weiten Grenzen gelenkt werden kann. Diese Frage spielt für die relativ hohen Temperaturansprüche der Reben eine große Rolle. Ebenso entscheidend ist die Möglichkeit, durch Wahl der Unterlagssorte Bodenunterschiede auszugleichen und die Wüchsigkeit des Edelreises den ökonomischen Anforderungen an die Standweite (Weit- und Hochraumerziehung) anzupassen.

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

Zusammenfassung

In den Jahren 1960 bis 1963 wurden Versuche mit Topfreben der europäischen Kultursorten Riesling 90 und Silvaner, den interspezifischen Neuzuchten Siegfried und Dr. Decker, den amerikanischen Wildformen Riparia G 1 und G 80 und Rupestris HG 9 sowie der Unterlagsorte Kober 5 BB durchgeführt. Es konnte die Wirkung der Düngung, insbesondere des Wirkungsfaktors Stickstoff auf das Wurzelwachstum festgestellt werden. Außerdem wurde in Pfropfversuchen das Ausmaß der gegenseitigen Beeinflussung von Unterlage und Reis, insbesondere die Modifikation des Wurzelwachstums beobachtet.

1. Eine stufenweise Steigerung der Stickstoffdüngung verursachte ein Ansteigen des Sproßtrockengewichtes bei nahezu unveränderter Wurzelmasse. Hohe Stickstoffgaben führten zu einer Depression des Wurzelwachstums, wobei das Trockensubstanzgewicht des Sprosses zunächst noch gefördert, bei extremen Stickstoffgaben aber auch gehemmt wurde. Hohe Stickstoffgaben hatten eine Erweiterung des Sproß : Wurzel-Verhältnisses zur Folge.
2. In Pfropfversuchen konnte ein deutlicher Einfluß des Reises auf das Wurzelwachstum der Unterlage festgestellt werden.
 - a) Riesling erhöhte die Zahl sproßbürtiger Wurzeln bei der Unterlage Kober 5 BB.
 - b) Die extensive Art der Bewurzelung von Rupestris HG 9 zeigte durch Aufpfropfen einer Sorte mit stärker verzweigtem Wurzelsystem eine ebenfalls stärkere Verzweigung.
 - c) Der extensive Wurzelcharakter der Sorte Rupestris HG 9 wurde auch bei der Unterlage Siegfried in Form einer geringeren Verzweigung sichtbar.
 - d) Die Wurzeltrockensubstanz verschiedener Unterlagen wurde durch den spezifischen Einfluß des Hyperbionten verändert.
3. Die Bedeutung vorliegender Befunde für den Pfropfrebenanbau und die ökologische Streubreite von Kultur- und Unterlagsorten wurde diskutiert.

Literaturverzeichnis

- ALLEWELDT, G.: Aufnahme und Weiterleitung des photoperiodischen Reizes bei *Vitis vinifera* L. *Naturwiss.* 46, 177 (1959).
- : Über die Nachwirkung von Umweltfaktoren auf das vegetative Wachstum von Rebenstecklingen im Folgejahr. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* 199, 178—194 (1964).
- ATANASIU, N.: Ein Beitrag zum Studium der Ertragsdepressionen durch Stickstoff. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* 96, 137—171 (1953).
- BARLOW, H. W. B.: Root/shoot relationships in fruit trees. *Sci. Hort.* 19, 35—41 (1960).
- BERGMANN, E. L., A. L. KENWORTHY, S. T. BASS and E. J. BENNE: Growth of Concord grapes in sand cultures as related to various levels of essential nutrient elements. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 75, 329—340 (1960).
- BESSE, D. und B. GÖTZ: Chemische und histologische Analysen von Blättern der Rebe *Vitis vinifera* L. aus Kulturen mit verschiedenem Nährstoffgehalt des Bodens. *Die Weinwissenschaft* 18, 533—548 (1963).
- BIERHUIZEN, J. F., A. A. ABD EL RAHMAN and P. J. C. KUIPER: The effect of nitrogen application and water supply on growth and water requirement of tomato under controlled conditions. *Medel. Landb. Hogeschool Wageningen* 59, 1—8 (1959).

- BIRK, H. und W. SCHENK: Über die Beeinflussung von Traubenertrag und Mostgewicht durch die Pfropfunterlage der Reben unter bes. Berücksichtigung der Unterlage *Berlandieri* × *Riparia* Teleki 5 C, Selektion Geisenheim. *Mittl. Rebe und Wein* 7, 188—197 (1957).
- BISWELL, H. H.: Effects of environment upon the root habits of certain deciduous forest trees. *Bot. Gaz.* 96, 676—708 (1936).
- BOGUSLAWSKI, E. v., A. VÖMEL und G. REICHELT: Nährstoffverhältnis in der Düngung und Ertragsbildung. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* 97, 267—298 (1954) a.
- — — — — und — — — — —: Das Zusammenwirken der Wachstumsfaktoren bei der Ertragsbildung. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* 98, 145—186 (1954) b.
- BÜSCEN, M.: Einiges über Gestalt und Wachstumsweise der Baumwurzeln. *Allgem. Forst- u. Jagdzeitung*, 273 (1901).
- BURSTRÖM, H.: Regulation of root elongation. *Internatl. Cong. Biochem. Proc.* 4, 95—97 (1960).
- CHINOV, J. J. and K. K. NANDA: Photoperiodic treatment and nitrogen uptake in wheat. *Current Sci.* 19, 24—25 (1950).
- DANIEL, L.: Observation sur la greffe. *Bull. Soc. sci. et médic. de l'Ouest* 11, H. 3 (1902).
- — — — —: La question phylloxérique, le greffage et la crise viticole. *Fasc. I*, 1—184 (1908) u. *Fasc. II*, 185—378 (1910) Bordeaux u. Paris.
- ERLENWEIN, H.: Einfluß von Klimafaktoren auf das Wurzelwachstum von Vitisarten und -sorten. *Vitis* 5, 94—109 (1965).
- 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 Rebenunterlagsorten. *Vitis* 1, 14—31 (1957).
- GOETHE, R.: Erfahrungen über den Ertrag veredelter Reben und die Qualität des erzielten Weines. *Schweiz. Z. f. Obst- und Weinbau* 11, 280—284 und 297—300 (1902).
- — — — —: Die Wirkung der Veredlung. *Mittl. Weinbau u. Kellerwirtsch.* 15, 129—134 (1903).
- HATTON, R. G., N. H. GRUBB and I. AMOS: Some factors influencing root development I. Effect of scion on root. *East Mall. Res. Stat. Ann. Rep.* 1923, 110—113 (1924).
- — — — —: Reciprocal effect of the scion upon the root. *East Mall. Res. Stat. Ann. Rep.* 1927, 26 (1928).
- — — — —: The relationship between scion and rootstocks with special reference to the tree fruits. *Jour. Royal Hort. Soc.* 55, 169—211 (1930).
- HERSCHLER, A.: Analysen von Rebblättern zur Feststellung des Nährstoffbedürfnisses des Bodens und zur Erkennung von Ernährungsstörungen. *Arb. d. Biol. Reichsanst.* 20, 633—666 (1933).
- HILKENBÄUMER, F.: Die gegenseitige Beeinflussung von Unterlage und Edelreis bei den Hauptobstsorten im Jugendstadium unter Berücksichtigung verschiedener Standortverhältnisse. *Kühn-Archiv* 58, 1—261 (1942).
- — — — —: Sproß- und Wurzelbildung bekannter vegetativ vermehrter Apfelunterlagen im 18. Standjahr in Heimbach/Schwäbisch Hall. *Der Obstbau* 78, 1—5 (1959).
- KOTTE, W. und A. RITSCHL: Über die Bedeutung der Nährstoffversorgung für die Jugendentwicklung der Rebe. *Weinbau und Kellerwirtschaft* 10, 19—21 u. 27—29 (1931).
- KUTSCHERA, L.: Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen. DLG-Verlag Frankfurt (1960).
- KVARAZKHELIA, T.: Beiträge zur Biologie des Wurzelsystems der Obstbäume. *Gartenbauwissenschaft* 4, 239—341 (1931).
- LECLERC DU SABLON, H.: Sur l'influence du sujet sur le greffon. *C. R. Acad. Sci. (Paris)* 136, 623—624 (1903).
- MANN, M.: Pflanzenbaulehre der Topfpflanzengärtnerei III. Die Wachstumsfaktoren Wasser und Luft. *Grundlagen und Fortschritte im Garten- und Weinbau*. H. 25, Stuttgart 1936.
- MAXIMOV, N. A. und E. LEBEDINEV: Über den Einfluß von Beleuchtungsverhältnissen auf die Entwicklung des Wurzelsystems. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 41, 292—297 (1923).
- MAYER, A. und E. SCHMIDT: Über die gegenseitige Beeinflussung der Symbionten heteroplastischer Transplantationen. *Flora* 100, 317—397 (1910).
- McKENZIE, D. W.: Rootstock-scion interaction in apples with special reference to root anatomy. *J. Hort. Sci.* 36, 40—47 (1961).
- MÜLLER, K.: Topfdüngungsversuche mit Reben. *Wein und Rebe* 20, 18—52 (1938).
- MÜLLER-THURGAU, H.: Einfluß des Stickstoffs auf das Wurzelwachstum. VI. und VII. Jahresh. der Versuchsstat. Wädenswil, 45—47, Zürich 1899.
- — — — —: Verhalten der Wurzeln bei zunehmendem Alter der Rebstöcke. *Schweiz. Z. f. Obst- u. Weinbau* 11, 358—361 (1902).
- — — — —: Über die Abhängigkeit des Wurzelwachstums von der Blatttätigkeit. *Mittl. über Weinbau u. Kellerwirtsch.* 15, 33 (1903).

- NIGHTINGALE, G. T.: The chemical composition of plants in relation to photoperiodic changes. Univ. Wis. Agric. Exp. Stat. Res. Bull. 74 (1927).
- OSTERMAYER, A.: Pflanzenzüchtung auf Widerstandsfähigkeit gegen Trockenperioden. Züchter 6, 155—162 (1934).
- PFEFFER, W.: Pflanzenphysiologie Bd. 1, Leipzig 1897.
- POLLE, R.: Über den Einfluß verschiedenen hohen Wassergehalts, verschiedener Düngung und Festigkeit des Bodens auf die Wurzelentwicklung des Weizens und der Gerste im ersten Vegetationsstadium. Journ. f. Landw. 58 (1910).
- POPOV, T.: Effects de la fumure sur certains processus d'activité vitale du système racinaire. Bull. de l'inst. de recherche sci. de viticulture et de viniculture 3, Sofia 1962.
- POTAPENKO, A. I.: Der Einfluß von Ernährungs- und Regenerationsbedingungen auf die photoperiodische Reaktion der Pflanzen. Dokl. Akad. Nauk SSSR N. S. 78, 595—598 (1951).
- RICHARDSON, S. D.: Studies of root growth in *Acer saccharium* L. VI. Further effects of the shoot system on root growth. Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch. 60, 624—629 (1957).
- RITSCHL, A. and H. SLEUMER: Einfluß hoher Nährstoffgaben auf das Wachstum der Unterlagsreben. Weinbau und Kellerwirtschaft 12, H. 9 (1933).
- ROGER, W. S. and M. C. VYVYAN: Root studies V. Rootstock and soil effect on apple root systems. J. of Pomol. 12, 110—150 (1934).
- ROTH, H.: Gleichzeitige Bestimmung von Stickstoff und Phosphorsäure. In Houben-Weyl: Methoden der org. Chemie (Analytische Methoden Bd. 2). Thieme-Verlag, Stuttgart 1953.
- RUBIN, B. A. and V. F. GERMANOVA: Über die Rolle der Wurzeln bei der Lebensfunktion der Pflanze. Uspechi Sovrem. Biol. 45, 366—383 (1958).
- RUFZ DE LAVISON, J. DE: Du rôle électif de la racine dans l'absorption des sels. C. R. Acad. Sci. (Paris) 151, 675—677 (1910).
- SALTER, P. J.: The effects of different water-regimes on the growth of plants under glass IV. Vegetative growth and fruit development in the tomato. J. Hortic. Sci. 33, 1—12 (1958).
- SEELHORST, C. v.: Beobachtungen über die Zahl und den Tiefgang der Wurzeln verschiedener Pflanzen bei verschiedener Düngung des Bodens. Journal f. Landw. 50, 91—104 (1902).
- SEELIGER, R.: Über einige Grundfragen des Pfropfrebenbaues vom Standpunkt der Transplantationslehre. Angew. Bot. 12, 329—348 (1930).
- SHANNON, L. M. and J. ZAPHRIR: The relative influence of two citrus rootstock species upon plant growth and upon the inorganic composition of the scion. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71, 257—264 (1958).
- 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 Haferpflanze ausüben. Journal f. Landw. 46, 52—63 (1898).
- VERIDÉ, H.: Effets pratiques du greffage. Revue de viticulture 31, 390 (1909).
- Voss, W.: Über die durch Pfropfungen herbeigeführte Symbiose einiger Vitisarten, ein Versuch zur Lösung der Frage nach dem Dasein der Pfropfhybriden. Landw. Jahrb. 33, 961—996 (1904).
- VYVYAN, M. C.: The effects of scion on root III. Comparison of stem and root-worked trees. J. Pomol. 8, 259—282 (1930).
- WALTER, H.: Grasland, Savanne und Busch der ariden Teile Afrikas in ihrer ökologischen Bedeutung. Jahrb. d. wiss. Bot. 87 (1939). Zit. n. KUTSCHERA 1960, S. 43.
- WEAVER, J. E.: Root development of field crops. McGraw-Hill Book Co., New York 1926.
- WINKLER, H.: Untersuchungen über Pfropfbastarde I. Die unmittelbare gegenseitige Beeinflussung der Pfropfsymbionten. Jena 1912.
- ZIMMERMANN, J.: Warum befriedigen die Unterlagen nicht? Deutscher Weinbaukalender 1955, 51—54 (1955). Waldkircher Verlagsgemeinschaft, Waldkirch i. Br.
- ZIMMERMANN, P. W. and A. E. HITCHCOCK: Root formation and flowering of dahlia cuttings when subjected to different day length. Bot. Gaz. 87, 1—13 (1929).

Eingegangen am 5. 8. 1965

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