Untersuchungen über die Verwachsungsvorgänge bei Pfropfreben*

Von W. Schenk

(Institut für Rebenzüchtung und Rebenveredlung der Forschungsanstalt für Weinbau, Gartenbau, Getränketechnologie und Landespflege, Geisenheim/Rh.)

Die Regeneration der pflanzlichen Gewebe nach Verwundung als fundamentaler entwicklungsphysiologischer Vorgang und Voraussetzung zum Gelingen einer Pfropfung steht auch im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Forschung in der Rebenveredlung. Der Veredlungserfolg hängt maßgeblich von der Verwachsung der beiden Veredlungspartner Edelreis und Unterlage am Ende der ersten Vegetationsperiode ab. Alle Überlegungen zur Technologie der Rebenveredlung müssen dementsprechend von der Frage ausgehen, ob die in Erwägung zu ziehenden Maßnahmen, voran die Kulturtechnik, neben ihrer ökonomischen Vertretbarkeit, die Ausbeute an pflanzfähigen, also gut verwachsenen Pfropfreben steigert.

Bei den heutigen vielseitigen Empfehlungen zur Veredlungstechnik, zu Verfahren und Mitteln des Pflanzenschutzes sowie zu der Düngung und Kulturmethode wird oftmals das biologische Objekt, die Rebe selbst mit ihrer Individualität und Eigengesetzlichkeit, etwas aus den Augen verloren. Ehe man sich mit der Reaktion einer Pflanze auf eine Behandlungsart oder ein bestimmtes Mittel befaßt, sollte das natürliche Verhalten unter arteigenen Umweltbedingungen studiert worden sein, um Zufälligkeiten oder scheinbar gegensätzliche Reaktionsweisen erklären zu können.

Es soll Aufgabe dieser Abhandlung sein, die noch wenig erforschten Verwachsungsvorgänge bei der Rebe aufzuzeigen und auf deren Beeinflußbarkeit durch Maßnahmen der Rebenveredlungstechnik hinzuweisen. Anlaß zu den Untersuchungen waren einige Schwierigkeiten in Rebenveredlungsbetrieben in den vergangenen Jahren, deren Ursachen größtenteils in physiologischen Störungen der Verwachsungsvorgänge zu suchen sind.

Die Kallusbildung, Ausgangspunkt der Verwachsungsvorgänge

Das zur Veredlung gelangende Rebholz befindet sich im Normalfalle im tiefen Ruhezustand, besonders wenn von der modernen Lagerung im Kühlraum Gebrauch gemacht wird. Zur Einleitung des Regenerationsvorganges nach Vornahme des Veredlungsschnittes bedarf es des biochemischen und physikalischen Anstoßes.

Es ist davon auszugehen, daß beim Kopulationsschnitt alle Zellen der Oberfläche verletzt werden und sich an dem ausfließenden Zellinhalt chemische Umsetzungen vollziehen in deren Gefolge Substanzen entstehen, die den Charakter von Wirkstoffen besitzen. Die zunächst sich bräunlich verfärbende Wundfläche enthält Eiweißbauprodukte (z. B. Tyrosin), die entweder selbst zellteilungsauslösend wirken oder die Bildung von Wundhormonen bewirken (10). Die frühere These des Botanikers Haberland (5), der fand, daß die Wundheilung durch Stoffe ausgelöst wird, die sich mit Waser auswaschen lassen, hat sich nicht als allgemeingültig erwiesen, sie konnte an Kartoffelgeweben nicht bestätigt werden. Es gelang jedoch aus Bohnenhülsen einen Stoff zu isolieren, den man Traumatin genannt hat und der starke Zellteilungseffekte auszulösen vermag. Darüber hinaus müssen auch

* Vortrag, gehalten anläßlich der 13. Fachtagung der deutschen Rebenveredler am 7. Februar 1973 in Schlangenbad.

Wirkstoffe wie u. a. die Cytokinine in Betracht gezogen werden, die in den RNS-Stoffwechsel eingreifen und bei der Synthese von Enzymen eine Rolle zu spielen scheinen.

Grundsätzlich ist jedoch zu sagen, daß es bis jetzt noch nicht gelungen ist, die stoffliche Ursache und die Kräfte sicher zu erfassen, die für das natürliche Zellteilungsgeschehen und besonders für die Auslösung der Kallusbildung bei der Rebe allein verantwortlich sind. Es darf jedoch nicht unerwähnt bleiben, daß die Geschwindigkeit der Regenerationsvorgänge ganz erheblich von der Temperatur abhängig ist. Auf Grund unserer Untersuchungen bei der Einlagerung von Schnittholz wissen wir, daß die Kallusentwicklung bei ca. 15 - 16^0 C mit starker zeitlicher Verzögerung in Gang kommt und daß bekannterweise mit steigender Temperatur eine beschleunigte Bildung von Kallusgewebe induziert werden kann. Das Optimum scheint bei 28^0 C zu liegen.

Als weiterer physikalischer Faktor ist der Quellungsgrad des Veredlungsmaterials und die Erhaltung einer hohen Luftfeuchtigkeit in der Umgebung der Veredlungsstelle von großer Bedeutung. Maximale Quellung und ca. 95 - 100 % rel. Luftfeuchte bieten die Gewähr für eine ungestörte Kallusentwicklung. Jedoch kann auch hier des Guten zu viel getan werden und durch dauernde Nässe können Fäulsnisvorgänge begünstigt werden. Andererseits haben die Versuche gezeigt, daß bei einer relat. Feuchtigkeit von 85 % noch immer mit Kallusbildung zu rechnen ist, wenn die Rebe in die Lage versetzt wird, aus dem Packmaterial liquides Wasser nachzusaugen.

Sind die erwähnten Bedingungen gegeben, so kommt in der Kambialzone eine Teilungstätigkeit in Gang, die zunächst in den unterhalb der Wundfläche gelegenen Zellschichten beginnt und sich in die Tiefe hinein fortsetzt, so daß ein keilförmiger Komplex zwischen Holzteil und sekundärer Rinde entsteht, der von Hartwig (6) als Lohdenkeil bezeichnet wurde. Die Vorgänge sind bei einer Vortreibtemperatur von 28^0 C schon nach 5 - 8 Tagen zu beobachten. Bei Fortsetzung der Zellteilung werden dann am Kambialring bereits die ersten Kallusperlen äußerlich sichtbar. Hengl (7) hat als erster diese Erscheinung beschrieben und darauf hingewiesen, daß diese im interfascialen Kambium entstehen, dort, wo der Kambiumgürtel von den Markstrahlen getroffen wird. Allmählich fließen dann die gebildeten Kallusperlen zusammen und ergeben einen mehr oder weniger vollständigen Ring, der schließlich so stark proliferiert, so daß bis gegen Ende der Vortreibzeit, nach 18 – 21 Tagen, dicke Wülste von weißem, schaumartig aussehendem Wundgewebe entstehen. Dies ist eine Erscheinung die jedem Rebenveredler geläufig ist und besonders deutlich wird, wenn ein kräftiger Außenkallus aus der Schnittstelle hervortritt.

Pathologische Entwicklungen an der Veredlungsstelle

Die als normal zu bezeichnende Wundgewebebildung hat eine Reihe von histologischen und physiologischen Voraussetzungen, von denen an erster Stelle die gute Holzreife zu nennen ist. Diese ist beim Veredlungsmaterial dann vorhanden, wenn neben einem günstigen Holz-Markverhältnis mit relativ kleinem runden Mark ein allseitig geschlossener, möglichst mehrschichtiger Ring von Hartbastplatten in der sekundären Rinde vorhanden ist und letztere gegen die Borke hin durch einen lückenlosen, ebenfalls mehrschichtigen Peridermring abgegrenzt ist, so daß damit dem Trieb ein sicherer Schutz vor Austrocknung im Herbst und Winter mitgegeben wurde.

Drüber hinaus müssen reichlich Reservestoffe im Holz eingelagert worden sein, die als Energiequelle für die Kallusbildung dienen sollen. Es ist hierbei besonders zu betonen, daß gleiches für Unterlage und Edelreis gilt. Gerade dem Edelreis wird in dieser Beziehung oft

nicht die nötige Beachtung geschenkt und Mißerfolge in der Verwachsung allzuleicht der Unterlage zur Last gelegt. Die sachgemäße Kühllagerung des Veredlungsmaterials verhindert Nährstoffverluste und hygienische Maßnahmen, wie sie seit Jahren der Praxis empfohlen werden, tragen ihren Teil dazu bei, daß kein Botrytisbefall die günstige Ausgangsposition zur Kallusbildung nachteilig beeinträchtigt. Trotz aller dieser Voraussetzungen kann es zu pathologischen Entwicklungen kommen, deren Ursachen in erster Linie in der unphysiologischen Kulturtechnik zu suchen sind. Viele Fehler werden auch heute noch bei der Bemessung von Temperatur und Feuchtigkeit im Vortreibraum gemacht.

Was ist der tiefere Grund für die Mißerfolge?

Die zu gering gehaltene Anfangstemperatur beim Vortreiben führte zu einem Mißverhältnis zwischen der Kallusbildung von Unterlage und Edelreis in dem Sinne, daß das Edelauge bereits vorzeitig austrieb, ohne daß sich gleichzeitig mit der Unterlage Kallus in genügender Stärke herausgebildet hat. Es ist bekannt, daß das Edelreis am Wurzelpol ohnehin in der Kallusbildung etwas nachhinkt. Hierdurch unterblieb das synchrone Zusammenfließen des Wundgewebes aus beiden Veredlungspartnern.

Im anderen Falle hat vielleicht die zu stark schwankende oder zu geringe Luftfeuchtigkeit Anlaß dafür gegeben, daß der gebildete Kallus als Abwehrreaktion gegen Austrocknung in die Wand der äußeren Zellschicht Suberin eingelagert hat und damit eine verkorkte Außenhaut entstanden ist, die eine Kontaktaufnahme der Kalli der Veredlungspartner verhindert hat. Schließlich kann auch bei nicht fachgerechter oder unterbliebener Durchführung hygienischer Maßnahmen der Botrytispilz während der Kaltlagerung der Veredlungskisten die Schnittoberfläche und die darunterliegenden teilungsfähigen Zellen so stark geschädigt haben, daß eine Kallusbildung nicht oder nicht ausreichend zustandekommt.

Neuere Erkenntnisse zur Beeinflussung der Kallusbildung durch Wachstumsregulatoren und zytostatische Substanzen.

Es soll an dieser Stelle nicht der Einsatz von Wuchsstoffen in der Rebenveredlung beschrieben werden. Hierüber ist bereits ausführlich an anderen Stellen berichtet worden (14 - 16). Die sehr schwierigen und infolge der Verschiedenheit des Ausgangsmaterials nicht immer reproduzierbaren Versuche der Wuchsstoffanwendung haben noch nicht zu allgemeingültigen Empfehlungen geführt. Nur soviel sei gesagt, daß wir heute mit zahlreichen Substanzen in der Lage sind, die Geschwindigkeit und Stärke der Kallusentwicklung in positiver und oft recht augenscheinlicher Weise zu fördern. Dies gelingt sogar bei vorsichtiger Dosierung auch bei ungewöhnlich niederer Temperatur mit Wachstumsregulatoren aus der Gruppe der chlorierten Phenoxyessigsäure. Wegen der Gefahr von morphogenen Effekten, die sortenspezifisch sind, können diese Substanzen nicht für die Praxis empfohlen werden. Auch die stark kallusauslösenden Morphaktine scheiden aus, da die definitive Verwachsung nicht gefördert wird.

In der heutigen Technologie der Rebenveredlung sind nur die Präparate auf der Basis der chlorierten Benzoesäure gebräuchlich, wie sie in dem „Veredlungsfluid X" oder dem Versuchspräparat „Hoe 2542" und im „Veredlungsparaffin Stähler WF" vorliegen. Diese ergeben eine erwünschte Verstärkung des Proliferation ohne zur nährstoffvergeudenden Hypertrophie mit einem ungelenkten Wachstum des Kallus zu führen.

Seit etwa 10 Jahren werden in der Rebenveredlung zytostatische bzw. fungizide Substanzen im Rahmen der Hygiene beim Veredlungsmaterial eingesetzt, und es sind hiermit beachtliche Erfolge im Hinblick auf die Gesunderhaltung der Pfropfreben mit dem Ergebnis einer höheren Rebschulausbeute erzielt worden. Im wesentlichen waren es hier Präparate mit dem Grundkörper des 8-oxychinolin, die eine beträchtliche fungistatische bis fungizide Wirkung besitzen.

Über die Einwirkung dieses Mittels auf die Kallusbildung an der Veredlungsstelle liegen unterschiedliche Ergebnisse vor.

Während EIFERT (3) durch halbstündiges Einweichen von Rebholz in Chinosol 0,5 % eine Förderung der Kallusentwicklung, ähnlich der des Wuchsstoffes IES feststellen konnte, war diese in unseren mehrjährigen Versuchen nicht zu bestätigen. Wir fanden im Gegenteil bei direkter kurzfristiger Applikation von Chinosol auf die Wundfläche eine auffällig langandauernde Hemmung der Regeneration. (vgl. Abb. 1 u. Tab. 1) Wurde das Holz unzerschnitten eingeweicht und die Schnittfläche nicht mit dem Mittel in Berührung gebracht, so trat keine Hemmung oder Verzögerung der Kallusentwicklung ein oder diese war nur kurzfristig zu beobachten, so daß die Endwerte der Kontrolle im Rahmen der normalen Vortreibzeit bald wieder erreicht wurden.

Zur Erklärung der Unterschiedlichkeit unserer Ergebnisse gegenüber denjenigen von EIFERT dürfte die Erscheinung des Abbaues bzw. der Wirkstoffreduktion im Sinne des FREUDLICH'schen Absorptionsgesetzes, wie dies bei den Untersuchungen von LIEBIG und KOCH (12) zum Ausdruck gekommen ist, heranzuziehen sein. Bei geringen Konzentrationen bestimmter Fungizide wurde häufig schon eine wuchshormonähnliche Wachstumsförderung festgestellt. Solche Lösungen sind jedoch praktisch nicht mehr genügend fungizid wirksam.

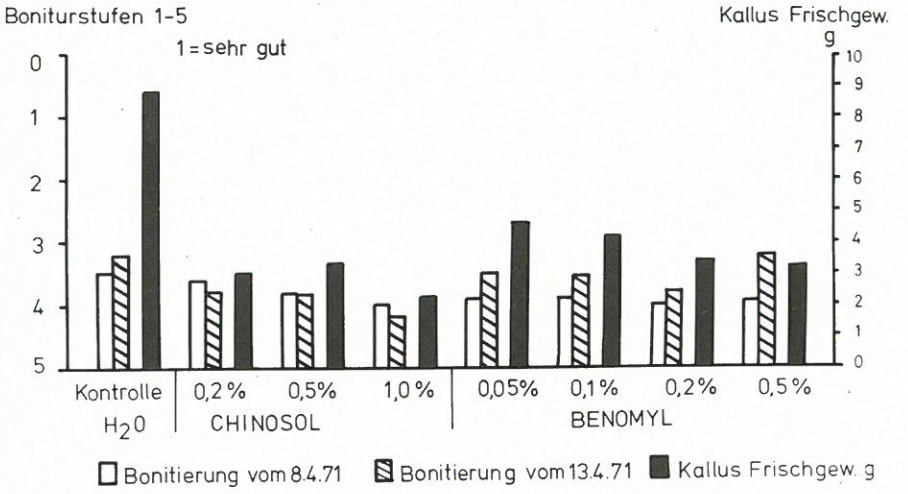

Abb. 1 Hemmung der Kallusbildung von Unterlagenstecklingen (Triebpol) der Sorte 5 C Geisenheim Klon 6 durch Applikation von Fungiziden direkt auf die frische Veredlungsschnittfläche. Vortreibzeit: 30.3. - 13.4.1971 = 14 Tage bei 25° C.

Behandlung		Eingeweicht, anschl. angeschnitten			Erst angeschnitten, anschl. eingeweicht		
		Bonitierung 1 - 5		Kallus Frischgew. g	Bonitierung 1 - 5		Kallus Frischgew. g
		28.4.	4.5.		28.4.	4.5.	
Kontrolle Wasser	Unterlage	1,8	1,1	5,99	1,5	1,1	6,45
	Edelreis	3,2	3,1	1,83	4,8	4,0	0,44
Chinosol 0,2 %	Unterlage	1,2	1,0	6,80	4,7	1,4	3,60
	Edelreis	5,0	5,0	0,01	5,0	4,4	0,07
Chinosol 0,5 %	Unterlage	3,0	1,7	2,16	5,0	4,8	0,02
	Edelreis	5,0	5,0	0	5,0	5,0	0
Benomyl 0,05 %	Unterlage	1,1	1,0	6,44	1,6	1,2	6,43
	Edelreis	3,2	2,9	2,36	4,2	3,8	0,81
Benomyl 0,2 %	Unterlage	1,3	1,0	5,73	2,1	1,0	5,44
	Edelreis	4,2	3,4	1,53	4,8	4,3	0,67
Sclex 0,1 %	Unterlage	1,2	1,2	3,16	2,1	1,3	4,00
	Edelreis	3,2	3,0	1,61	4,5	3,8	0,49

Tab. 1: Einfluß von Fungiziden auf die Kallusbildung von Unterlage (5 C Geisenheim Klon 6) und Edelreis (Riesling Klon 64 Gm). Vergleich des normalen Desinfektionsverfahrens des Veredlungsholzes (erst eingeweicht, dann angeschnitten) mit der nicht praxisüblichen direkten Applikation auf die frisch angeschnittene Veredlungsschnittfläche (erst angeschnitten, anschließend eingeweicht)

Vortreibzeit: 19.4. - 4.5.1972 = 15 Tage bei 25^0 C.

Neuere Erkenntnisse über die Differenzierungsvorgänge an der Veredlungsstelle

Mit der Einleitung der Kallusbildung beginnt die „sensible Phase" der Pfropfrebenentwicklung, sie endet bei der definitiven Verwachsung. Da die Produktion von beiseitigem Kallusgewebe durch die Pfropfpartner nur ein Übergangsstadium darstellt, muß als nächster notwendiger Schritt zur Verwachsung die Differenzierung der homogenen Zellmassen, die von Goepert (4) auch als Intermediärgewebe bezeichnet werden, erfolgen. Zwar ist ein erster Stoffaustausch bereits auf osmotischem Wege von Zelle zu Zelle möglich, dies kann jedoch dem inzwischen austreibenden Auge, das zu transpirieren und zu assimilieren beginnt, nicht genügen. Hier ist eine Umbildung zu Leitelementen dringend erforderlich, damit ein schneller Transport von Wasser und Mineralstoffen sowie die Ableitung der vom grünen Trieb produzierten Nährstoffe zu den Orten des Verbrauches erfolgen kann. Über die

Differenzierungsvorgänge im Kallus der Rebe wissen wir noch recht wenig. Der erste, der die inneren Vorgänge beim Veredeln näher untersuchte war GÖPPERT (4) im Jahre 1874 es folgten VÖCHTING 1892 (19) in seiner umfangreichen Arbeit über Transplantationen am Pflanzenkörper, SCHMITTHENNER 1908 (17) in Geisenheim und SIMON 1908 (18) mit einer Arbeit über experimentelle Untersuchungen über die Differenzierungsvorgänge im Kallusgewebe von Holzgewächsen. Dieser Fragenkomplex ist auch in dem umfangreichen Werk von KRENKE (11) ausführlich dargestellt. Das Studium der Verwachsungsvorgänge, speziell bei Pfropfreben, hat in den Jahren 1953 - 57 sehr intensiv R. HENGL (7) der Erfinder der Hengl'schen Veredlungsmaschine, betrieben, der uns, trotz einiger von ihm entwickelter umstrittener Theorien, interessante Erkenntnisse vermittelt hat, welche auch die Technik des Vortreibens beeinflußt haben. Auch BREIDER (1) hat im Jahre 1954 ebenfalls über die Differenzierungsvorgänge im Kallusgewebe berichtet und gibt Hinweise auf den zeitlichen Verlauf der Verwachsungsvorgänge bei der Pfropfrebe.

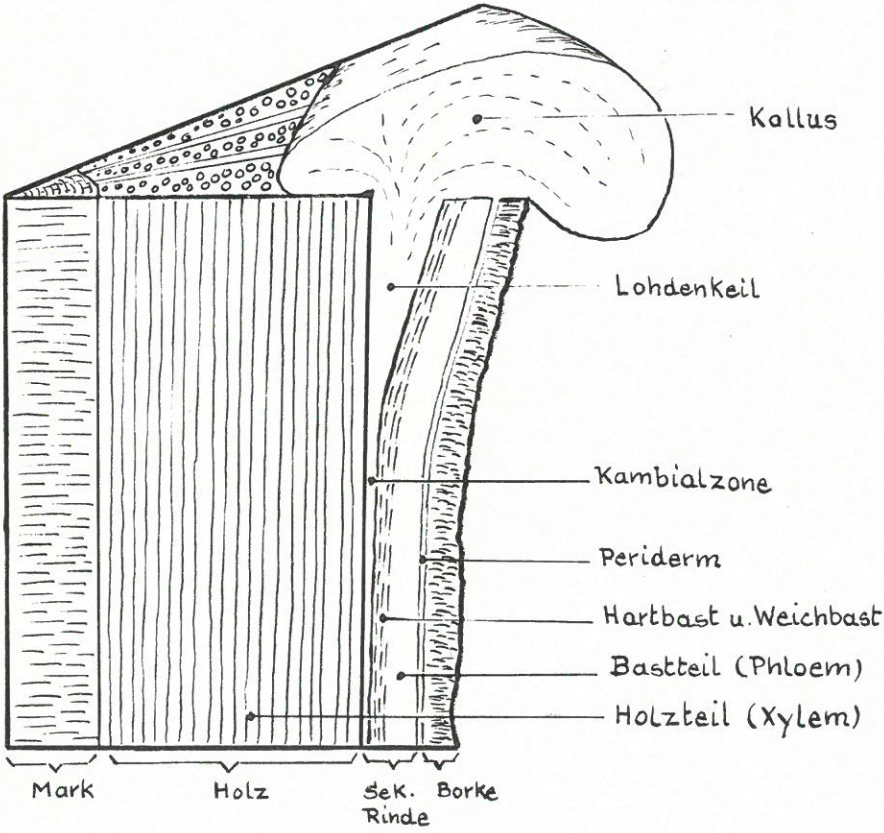

Abb. 2: Schema der Kallusbildung aus dem Kambiumring nach einer Vortreibzeit von ca. 2 Wochen.

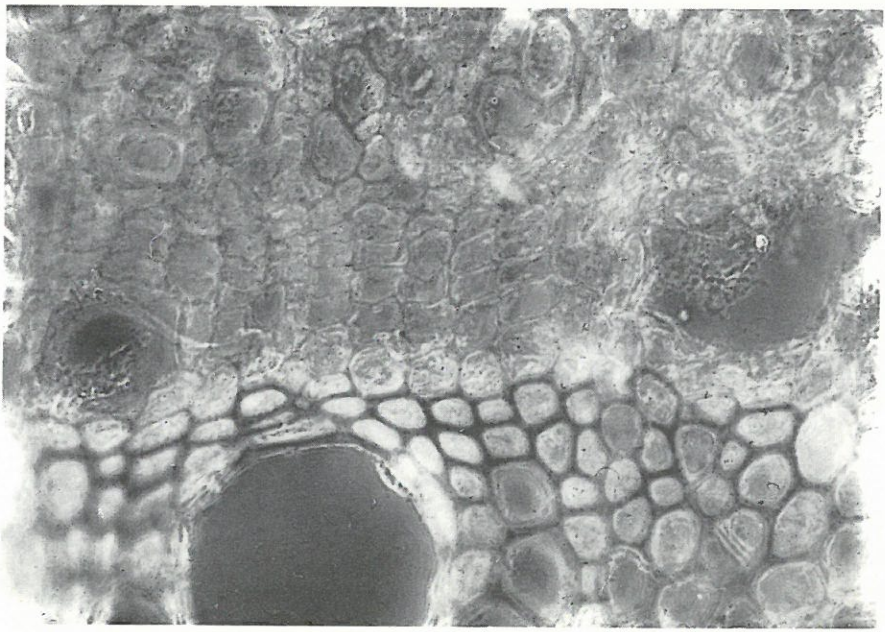

Abb. 3: Kambium in Teilung. Beginn der Ausbildung des sog. Lohdenkeils. K = Kambialzone, H = Holzteil mit Gefäßen, B = Bastteil der sek. Rinde.

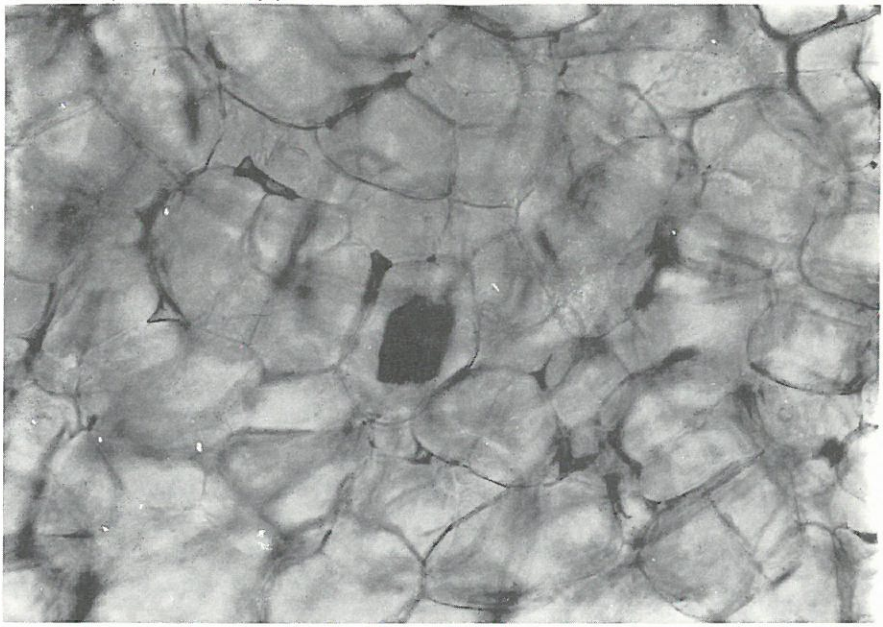

Abb. 4: Querschnitt durch undifferenziertes Kallusgewebe der Rebe. In der Mitte eine Zelle mit einem Bündel von Raphiden- Nadeln aus Calciumoxalat.

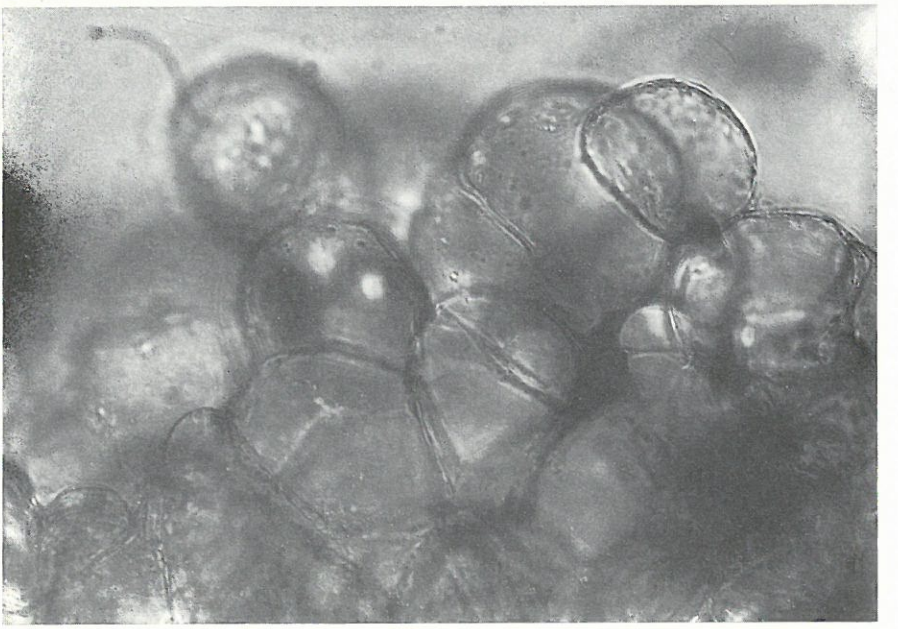

Abb. 5: Aus der Wundfläche heraustretende Kalluszellen in intensiver Teilungstätigkeit.

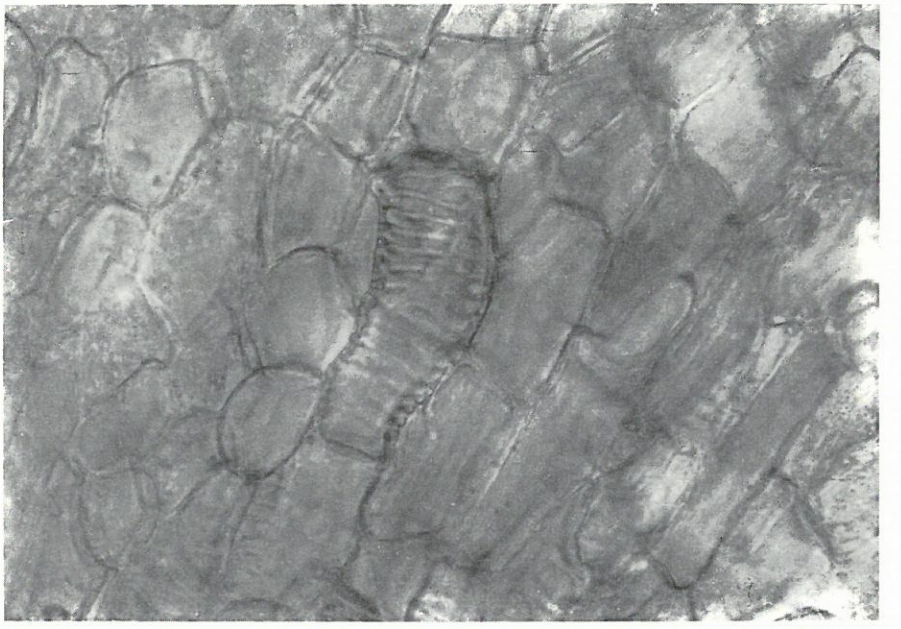

Abb. 6: Umbildung der isodiametrischen Zellen im Kallusgewebe zu langgestreckten Zellen als Vorstadien der Tracheiden und Tracheen.

Abb. 7: Beginnende Formierung der langgestreckten Kalluszellen zu Leitzellen (Tracheiden)

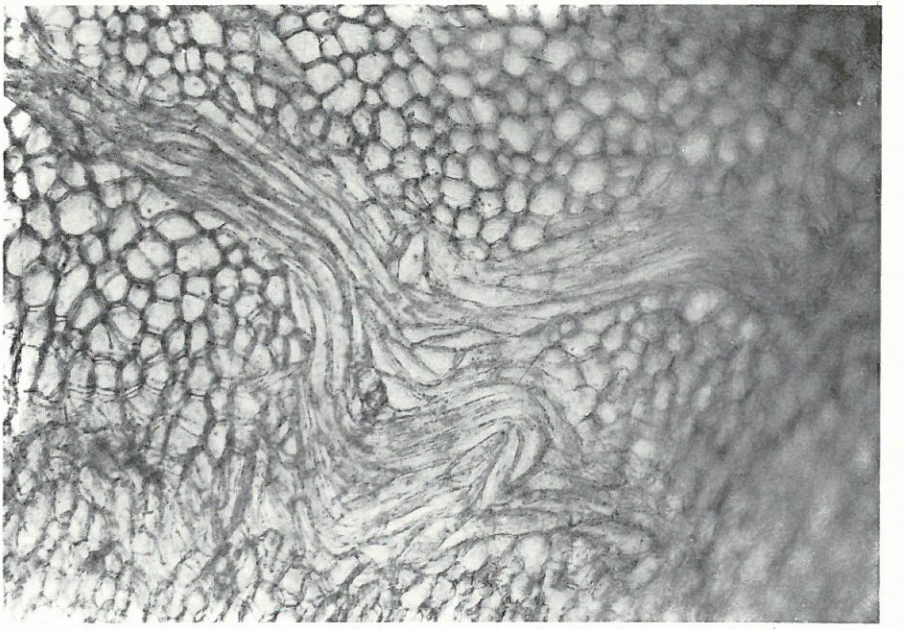

Abb. 8: Gefäßbildung im Kallus. Entstehung von Leitungsbahnen.

Unsere Untersuchungen, die im Folgenden anhand von Mikroaufnahmen aufgezeigt werden sollen, geben etwa folgendes Bild. Nach der Wundsetzung durch den Veredlungsschnitt und anschließendem Vortreiben hat sich, wie bereits angedeutet, aus dem Lohdenkeil eine größere Kallusmasse herausgedrängt und ist mit dem von dem anderen Partner entgegenkommenden Kallus zusammengetroffen. Dies geschieht im Normalfall innerhalb der Schnittfläche im Bereich der erweiterten Kambialzone, kann sich jedoch bis in den Außenkallus, der aus der Schnittfläche seitlich herausdringt, hinein ausdehnen.

Die Kalluszellen sind in diesem Stadium noch völlig homogen, unbegrenzt teilungsfähig und gleichen in ihem Aussehen einem parenchymatischen Gewebe (Abb. 3 – 5). Da der Kallus jedoch an seinem Ausgangspunkt Anschluß an die im Vorjahre entstandenen Gefäße hat, entstehen zwangsläufig osmotische Gefälle, welche die Weiterentwicklung der Kalluszellen maßgeblich beeinflussen. Man kann beobachten, daß einzelne Kalluszellen fortschreitend eine mehr langgestreckte Form annehmen und diese Tendenz auch auf ihre Nachbarzellen übertragen (Abb. 6). Auf diese Weise entstehen Leitungsbahnen, bei denen allerdings die Zellwände dem Stofftransport zunächst noch erheblichen Widerstand entgegensetzen (Abb. 7). Diese werden aber durch weitere Umbildung allmählich perforiert und mit Verstärkungsleisten versehen, was dann zur sog. Tracheidenbildung führt (Abb. 8).

Im anderen Falle lösen sich die schmalen Querwände ganz auf und es entstehen wegsame Röhren, die Gefäße oder Tracheen.

Die Anlage der Leitbahnen erfolgt nicht ausschließlich in vertikaler Richtung, sondern zunächst scheinbar ungerichtet und so ergibt sich durch Zusammenfließen und Ausbildung von Querverbindungen das Bild eines gerüstartigen Netzwerkes von Tracheiden, welches bis in den Außenkallus hinein verläuft und als Wundholz bezeichnet wird. Mit fortschreitender Entwicklung tritt in den Leitelementen die Verholzung auf wonach dann die Zellen ihre endgültige Form und den Dauerzustand erreicht haben. (Abb. 9 u. 10)

In Zusammenarbeit mit dem Botanischen Institut der Universität Frankfurt entstand von J. Dahlke (2) eine Untersuchung, deren Aufgabe es war, die Kallusbildung und Kallusdifferenzierung unter verschiedenen Luftfeuchtigkeitsbedingungen zu prüfen. Hierbei konnte bestätigt werden, daß der Kallus in erster Linie aus dem Kambium und den Markstrahlen der sekundären Rinde entsteht, daneben aber auch das Phellogen oder Korkkambium und zu einem geringen Teil das Phloem oder der Bastteil mitbeteiligt sein kann. Grundsätzlich wird bei niedrigen Luftfeuchtigkeiten die Bildung eines sichtbaren Kallus gehemmt.

Setzt man Stecklinge, die bei wassergesättigter Luft Kallus gebildet haben, in eine relat. Luftfeuchtigkeit von 85% um, so bewirkt dies eine Beschleunigung der Differenzierung und Begünstigung der Peridermbildung. Die Wundholzbildung war hierbei allerdings quantitativ geringer und beschränkte sich im wesentlichen auf den Lohdenkeil. Geringe relat. Luftfeuchtigkeiten als 75% ließen den Kallus nach Umsetzung irreversibel eintrocknen.

Wann ist eine Pfropfrebe verwachsen ?

Es erhebt sich nun die anwendungsbezogene Frage „Wann ist eine Pfropfrebe verwachsen und welche Maßnahmen sind seitens der Praxis zu treffen um eine möglichst große Anzahl gut verwachsener Reben zu erhalten?“ Die substanziellen und technologischen Voraussetzungen zur Kallusbildung wurden im Vorangegangenen bereits ausführlich aufgezeigt.

Abb. 9: Verlauf der Gefäße im Holzteil einer verwachsenen 1jährigen Pfropfrebe. Veredlung mit dem englischen Kopulationsschnitt mit Gegenzunge. Längsschnitt durch den Holzkörper. Im Bereich der Zungen (altes Holz) erfolgt keine Verwachsung.

Während wir im Hinblick auf die Kallusentwicklung eine Fülle von Regulier- und Stimulationsmöglichkeiten besitzen, ist unser Instrumentarium zur Beherrschung der nachfolgenden Differenzierungsvorgänge recht unvollkommen. Zwar nehmen die definitiven Verwachsungsvorgänge ihren Ausgang immer von einer kräftigen, bei Unterlage und Edelreis möglichst synchronen Kallusbildung, und die stets von dem Praktiker anzustreben ist; dies allein führt aber nicht immer zwangsläufig zu einer funktionstüchtigen gut verwachsenen Pfropfrebe.

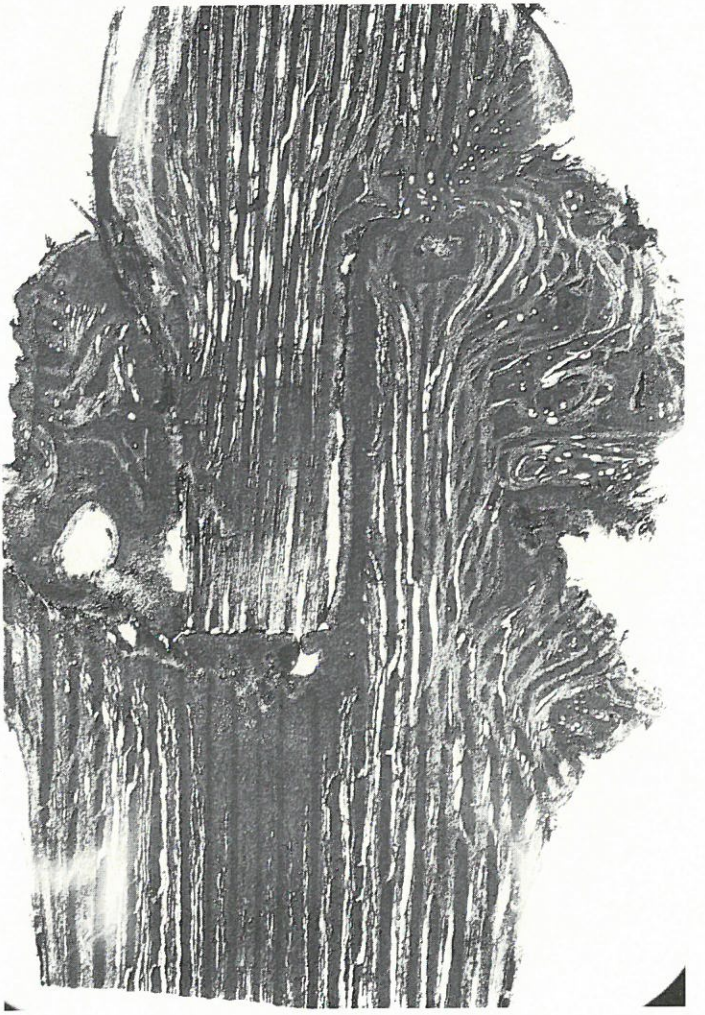

Abb. 10: Verlauf der Gefäße bei einer Veredlung mit dem Lamellenschnitt. In der früheren Kambialzone drängen sich die Gefäße in Verwachsungsbrücken von verschiedenen Richtungen herkommend zusammen.

Die während der „sensiblen Phase" der Pfropfrebe ablaufenden Entwicklungsprozesse können nur dann in folgerichtige Bahnen gelenkt werden, wenn sie sich unter optimalen physikalischen Umweltbedingungen ohne Unterbrechung und der jahreszeitlichen inneren Rhythmik der Rebe angepaßt, vollziehen können. Die mit der Differenzierung des Kallus anlaufende Tendenz zum Ausbau der Leitungsbahnen kommt im ersten Jahr nicht wesentlich über die Anlage von Verwachsungsbrücken hinaus. Diese stellen Barrieren an der Veredlungsstelle dar, die erst durch ein regelmäßiges sekundäres Dickenwachstum gegen die auslaufende

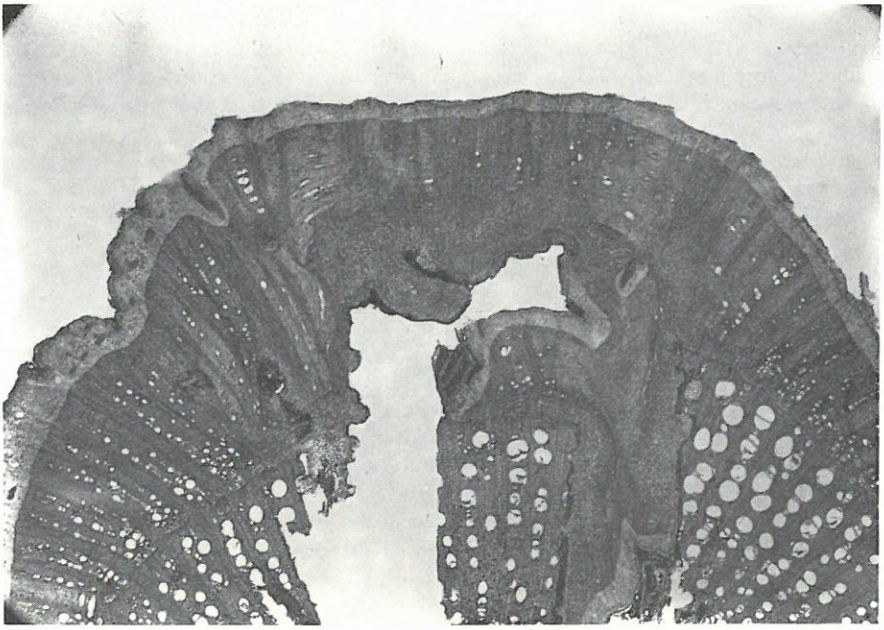

Abb. 11: Die Veredlungsstelle stellt im ersten Jahr nach der Verwachsung noch immer einen bedeutenden Engpaß dar. Nur eine begrenzte Zahl von Gefäßen kann das Edelreis mit Wasser und darin gelösten Nährstoffen versorgen. Man beachte die Verkernung im Holzkörper an der Veredlungsstelle. (oben).

Vegetationsperiode hin, oder erst im 2. Jahr, somit im Weinberg, überwunden werden. (Abb. 11)

Die Verlangsamung des Transpirationsstromes durch die Veredlungsstelle konnte von Herbst und Philipp (9) sowie von Hengl (8) recht deutlich mit einer die Veredlungsstelle passierenden radioaktiven Phosphor enthaltenen Lösung nachgewiesen werden. Auch unsere eigenen Versuche der 50er Jahre, wobei wir gefärbte Flüssigkeiten aufsaugen ließen bzw. unter hohen Druck durch das Gefäßsystem preßten, kennzeichnen die Veredlungsstelle als ein nicht zu unterschätzenden Engpaß für den Saftstrom (13). Nicht selten kann man beobachten, daß durch die Saftstauung oberhalb der Veredlungsstelle gelegentlich Hypertrophien am basalen Ende des Edelreises entstehen.

Was kann nun der Veredler tun, um die Differenzierungsvorgänge im Kallus günstig zu beeinflussen?

Da uns zur Zeit noch keine spezifischen Stimulationsmittel bekannt sind, führt der Weg zur gut verwachsenen Pfropfrebe über die gärtnerische Intensivkultur. Hierbei ist es unerheblich, ob die Pfropfrebe in der Kartonage, im Jiffy pot, Fertil pot oder einem sonstigen die Wurzelballenbildung anregenden Behältnis unter Gewächsthausbedingungen bis zur Ausbildung funktionstüchtiger Gefäße weiterkultiviert wird. Allein dort ist die Gewähr dafür gegeben, daß eine ungestörte Regeneration an der Veredlungsstelle abläuft.

Die Überbrückung der sensiblen Phase in der Pfropfrebenentwicklung ist nur unter der Rebe arteigenen optimalen Umweltbedingungen im Zusammenspiel von Temperatur, Feuchtigkeit, Licht und mineralischer Nährstoffversorgung möglich.

Die weitere Erforschung der Verwachsungsvorgänge, insbesondere auch der biochemischen Grundlagen der Kallusdifferenzierung ist das Ziel neuer entwicklungsphysiologischer Untersuchungen; ihre Ergebnisse dürften zukünftig ihren Niederschlag auch in der Verbesserung der Kulturmethode der Pfropfrebe finden und damit einen Beitrag zur Sicherung des Rebenveredlungserfolges leisten.

Zusammenfassung

Der Veredlungserfolg hängt maßgeblich von der Verwachsung der beiden Veredlungspartner Edelreis und Unterlage am Ende der ersten Vegetationsperiode ab. Zur Einleitung des Regeneriationsvorganges bedarf es nach Vornahme des Veredlungsschnittes des biochemischen und physikalischen Anstoßes. Aufgrund von Untersuchungen bei der Einlagerung von Schnittholz hat sich gezeigt, daß die Kallusentwicklung bei ca. 15 – 16^0 C. mit starker zeitlicher Verzögerung beginnt, sie erreicht unter den technischen Bedingungen der Rebenveredlung ihr Optimum bei 28^0 C. Für eine ungestörte Kallusbildung ist eine maximale Quellung des Veredlungsmaterials Voraussetzung. Die Teilungstätigkeit in der Kambialzone beginnt unterhalb der Wundfläche im sog. Lohdenkeil bei 28^0 C nach 5 – 8 Tagen in Abhängigkeit von der jahreszeitlichen Entwicklungsbereitschaft bzw. der Einlagerungsbedingungen. Mit Hilfe von synthetischen Wachstumsregulatoren auf der Basis der Chlorbenzoesäure kann die Stärke der Kallusbildung günstig beeinflußt werden. Zahlreiche Versuche haben erkennen lassen, daß durch Fungizide bei direkter Applikation auf die frische Schnittfläche eine zeitliche Verzögerung der Kallusentwicklung bewirkt werden kann. Beim Einweichen des Veredlungsmaterials vor der Veredlung ergeben sich jedoch durch Anwendung von Chinosol im Rahmen der empfohlenen Hygienemaßnahmen keinerlei entwicklungsphysiologischen Nachteile. Während die Voraussetzungen und Bedingungen zur Kallusbildung bei der Rebe weitgehend bekannt sind, weiß man über die Physiologie der Differenzierungsvorgänge im Kallus, die zur definitiven Verwachsung führen, noch recht wenig. Es wurden daher die einzelnen Stadien der Umbildung von Kalluszellen zu Gefäßen als Bahnen der Nährstoffleitung mikroskopisch untersucht und anhand von Mikroaufnahmen dargestellt. Hierbei zeigte sich, daß einzelne Kalluszellen fortschreitend eine mehr langgestreckte Form annehmen, deren Schmalseiten schließlich perforiert werden, so daß sie sich unter Ausbildung von Verstärkungsleisten und Einlagerungen von Lignin zu stabilen wegsamen Tracheiden entwickeln. Im Falle der Ausbildung von Tracheen werden die Querwände völlig aufgelöst. Die Anlage der Leitbahnen erfolgt netzartig vom Innen- in den Außenkallus hinein, dabei werden an zahlreichen Stellen Inseln von abgestorbenem Gewebe umflossen. Erst im 2. Jahre nach der Veredlung sind die an der Schnittstelle anfangs vorhandenen Engpässe überwunden, und die Pfropfpartner Edelreis und Unterlage zu einem ungehinderten Stoffaustausch befähigt.

An Stellen, wo die beiden Kalli nicht zeitgerecht aufeinandertreffen oder wo dem Gewebe Wasser entzogen wurde, bildet sich eine Korkhaut als Trenngewebe, das eine Verwachsung verhindert und als häufigste Ursache von Ausfällen in der Rebenveredlung angesehen werden muß. Eine Herabsetzung der relativen Luftfeuchtigkeit auf ca. 85% fördert zwar die Differenzierungsvorgänge im Anschluß an den gebildeten Kallusring an der Veredlungsstelle, bringt jedoch auch die Gefahr der vorzeitigenPeridermbildung.

Zur Begünstigung der Verwachsungsvorgänge bei der Pfropfrebe ist die gärtnerische Intensivkultur besonders geeignet, die sensible Entwicklungsphase, in der sich die Differenzierung der Kalluszellen volzieht, erfolgreich zu überbrücken.

Résumé

Recherches sur les processus de la soudure des greffés-soudés

La réussite du greffage dépend notablement de la soudure entre les deux partenaires de la greffe, porte-greffe et greffon, à la fin de la première période de végétation. Pour déclencher le processus de régénération après l'opération de la greffe, une impulsion biochimique et physique est nécessaire. Les recherches sur la conservation des bois de greffage ont montré que la formation du cal commençait avec un retard important à 15 - 16^0 C., mais qu'elle atteignait son optimum à 28^0 C dans les conditions technique de la préparation des greffés-soudés. Une nutrition maximale du matériel de greffage est une condition de la formation correcte du cal. L'activité de division cellulaire dans la zone cambiale commence, au-dessous de plaie de coupe, au bout de 5 - 8 jours à 28^0 C, en fonction des aptitudes saisonnières au développement, et donc des conditions de conservation. On peut, à l'aide de régulateurs synthétique de croissance, exercer une unfluence sur la formation du cal.

De nombreux essais ont montré qu'il est possible, par application de fongicides directement sur la plaie de coupe fraîche, de provoquer un retard du développement du cal. En imbibant le bois avant greffage, on n'a cepedant constaté aucun inconvénient avec l'emploi de Chinosol utilisé dans le cadre des mesures d'hygiène.

Alors que les conditions de formation du cal chez la vigne sont largement connues, on ne sait encore que peu de choses de la physiologie des processus de différenciation dans le cal, processus aboutissant à la soudure définitive. On a donc étudié au microscope les différents stades de la transformation des cellules cambiales en vaisseaux, dans lesquels la sève doit circuler. On a constaté que certaines cellules du cal prenaient une forme plus allongée et que leur petit côté se perforait ensuite, de telle sorte qu'elles se transformaient en trachéides conducteurs, grâce à la constitution de parois rigides et à l'accumulation de lignine. Dans les cas de formation de trachées, les cloisons transverses étaient complètement dissoutes. La formation des vaisscaux conducteurs s'opère en réseau depuis l'intéreur et vers l'extérieur du cal et, en maints endroits, de nombreux îlots de tissus morts sont contournés. C'est seulement au cours de la deuxième année après le greffage que les étranglements existant sur la plaie de coupe disparaissent et que les deux partenaires de la greffe, porte-greffe et greffon, peuvent procéder à des échanges sans entraves.

Aux endroits où les deux cals ne so soudent pas suffisamment tôt, ou bien là où les tissus ont perdu de l'eau, il se forme une couche de liège séparatrice qui empêche la soudure et constitue une cause fréquente d'échec du greffage. Une baisse de l'huMIdité relative de l'air à 85% favorise certes les processus de différenciation dans l'anneau de cal formé au point de greffage, mais elle accroît cependant le danger de formation prématurée de périderme.

Alfin de favoriser les processus de la soudure des greffés-soudés, la culture intensive selon les méthodes horticoles est particulièrement indiquée pour surmonter la phase sensible du développement, au cours de laquelle s'opère la différenciation des cellules cambiales.

Literatur

(1) Breider, H.: Über Differenzierungsvorgänge im Kallusgewebe - Weinberg und Keller *1.* 428–434 (1954)

(2) Dalke, J.: Kallusbildung und Kallusdifferenzierung bei Stecklingen von Vitis riparia. Diplomarbeit am Botanischen Institut der Universität Frankfurt 1968

(3) EIFERT, A. u. J. EIFERT: Beobachtungen über die kallusfördernde Wirkung von Chinosol - Weinwissenschaft *20.* 325-328 (1965

(4) GOEPPERT, R. H.:Über innere Vorgänge bei dem Veredeln der Bäume und Sträucher - Kassel 1874

(5) HABERLANDT, G.: Über Zellteilungshormone und ihre Beziehung zur Wundheilung - Biologisches Zentralblatt *42.* S. 40 (1922)

(6) HARTWIG, TH.: Lehrbuch für Förster - 9. Aufl. 1 S. 227; n. KÜSTER, E. - Pathologische Pflanzenanatomie, Fischer/Jena 1925 S. 86

(7) HENGL, R.: Über das Veredeln von Weinreben - Mitteilungen Klosterneuburg *2.* 50-59 (1952)

(8) HENGL, R.: Untersuchung veredelter Weinreben mittels radioaktiver Isotopen - Der Winzer *10.* 138-140 (1954)

(9) HERBST, W. u. K. PHILIPP: Radiophosphor (P^{32}) als methodisches Hilfsmittel zum Studium des P-Anspruches und der P-Verteilung bei Pfropfreben - Der Weinbau, Wiss. Beihefte *6.* 65-73 (1952)

(10) KAUSSMANN, B.: Pflanzenanatomie; G. Fischer, Jena 1963

(11) KRENKE, N. P.: Wundkompensation, Transplantation und Chimären bei Pflanzen- J. Springer, Berlin 1933

(13) SCHENK, W.: Die Verwachsungsvorgänge bei Pfropfreben - Der Deutsche Weinbau *10.* 265-168 (1955)

(14) SCHENK, W.: Kann die Ausbeute an pflanzfähigen Pfropfreben gesteigert werden - Weinberg und Keller *13.* 53-64 (1966)

(15) SCHENK, W.: Untersuchungen zur Anwendung von Wuchsstoffen in der Rebenveredlung - Weinwissenschaft *22.* 1-16 (1967)

(16) SCHENK, W.: Stimulation der Veredlungspartner als Maßnahme zur Erhöhung der Ausbeute an pflanzfähigen Pfropfreben - Weinberg und Keller *16.* 13-30 (1969)

(17) SCHMITTHENNER: Verwachsungserscheinungen an Ampelopsis - und Vitis-Veredlungen Internat. phytopath. Dienst *1.* (1908)

(18) SIMON, S.: Experimentelle Untersuchungen über die Differenzierungsvorgänge im Kallusgewebe von Holzgewächsen - Jahrbuch Wiss. Bot. *45.* 351-478 (1908)

(19) VÖCHTING, H.: Über Transplationen am Pflanzenkörper - Tübingen 1892