

Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Fachgebiet Verfahrenstechnik für
Intensivkulturen

Institut für Technik der Forschungsanstalt für Weinbau, Gartenbau und Getränke-technologie,
Geisenheim

Elektromechanisches Traubenernteverfahren

von

G. BÄCKER, E. MOSER und W. RÜHLING

An electro-mechanical method of grape harvesting

S u m m a r y . — Electro-mechanical detaching of grapes is a possible way of harvesting, besides mechanico-static, mechanico-dynamic and pneumatic techniques.

The conditions of conductivity in grapevines allow the detaching of grapes by electro-mechanical means. At harvesttime, the peduncle presents a higher electric resistance than the other parts of the plant. This difference in resistance forms the base for realizing the process of detaching. When conducting a current of higher voltage over the grape through the peduncle and deriving it over the shoot, the peduncle blows as a result of its resistance related to length and the grape is detached without injury. The process of detaching extends over an adequate short period. Thus, the electro-mechanical method of detaching can be realized in principle.

However, there are difficulties as to the practical application of this method. In order to introduce the current into the grape, this has to hang down freely from the shoot and to be well accessible to the electrode. For this purpose, pergola training is most favourable. The main problem of realizing this method is the heavy damage of parts of the shoot caused by the current when passing through at high voltage and for more than 1 s. When applying this method, it has to be observed that the parts of the plant designed for pruning in the following year remain uninjured. This demands expensive training measures which questions the economy of this harvesting technique.

On the whole, the investigations have shown that a practical use of the electro-mechanical harvesting method may be possible, but decisive advances against the other harvesting techniques are not recognizable at present.

Einleitung

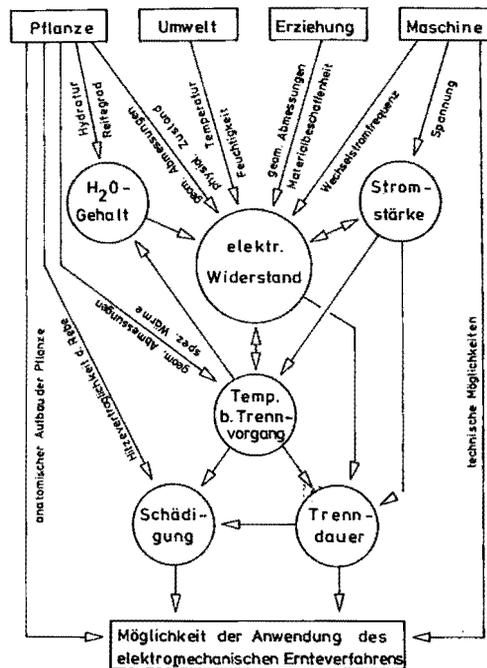
Die Mechanisierung der Weintraubenernte gewinnt, insbesondere in weinbautreibenden Industrieländern, ständig an Bedeutung. Der Einsatz von Erntehilfen zur Mechanisierung von Förder- und Transportvorgängen bringt zwar gewisse Einsparungen an Arbeitszeit mit sich, Rationalisierungsreserven können jedoch in größerem Umfange nur dann erschlossen werden, wenn auch der Abtrennvorgang der Früchte in die Mechanisierung mit einbezogen wird. Bei Vollernteverfahren (8) konnten sich die mechanisch-dynamischen Abtrennverfahren gegenüber den mechanisch-statischen und den pneumatischen Verfahren in letzter Zeit immer stärker durchsetzen. Zwar leisten diese Schüttelmaschinen unter geeigneten Einsatzbedingungen zufriedenstellende Arbeit, doch beschränkt sich die Möglichkeit ihrer Anwendung auf bestimmte Anbausysteme und Standortverhältnisse (12).

Um den Einsatz von Vollerntemaschinen auszudehnen, sucht man heute besonders in den USA und der UdSSR nach neuen Erntetechniken, die sich besser als die

Abb. 1: Wechselwirkungen biotechnischer Faktoren im Verlauf des elektromechanischen Abtrennvorganges.

Interactions of biotechnical factors during the process of electro-mechanical detaching.

vorhandenen Lösungen den unterschiedlichen Erziehungsarten, Sorteneigenschaften und Standortbedingungen anpassen und die im Hinblick auf die Beeinflussung von Pflanze, Erntegut und Unterstützungseinrichtung problemloser sind. Eine Möglichkeit dazu sieht man in der UdSSR in der Anwendung eines elektromechanischen Abtrennverfahrens (1). Dieses beruht auf der elektrischen Widerstandsdifferenz zwischen dem Traubenstiel einerseits und den übrigen Pflanzenteilen andererseits. Hat der Traubenstiel einen höheren längenbezogenen Widerstand als die anderen Rebeile, so brennt er durch, sobald Wechselstrom von einigen Tausend Volt Spannung über die Traube durch den Traubenstiel zum Trieb hingeleitet wird. Die Traube wird auf diese Weise abgelöst und kann unterhalb der Traubenzone aufgefangen werden.



Die allgemeine Bedeutung physikalischer Eigenschaften von biologischem Material für die Entwicklung von Verfahrenstechniken ist aus der Literatur hinreichend bekannt (7). Auch für die Mechanisierung der Weintraubenernte wurden bereits die biotechnischen Eigenschaften von Pflanzenmaterial herausgestellt und zum Teil erarbeitet (9). Allerdings standen bisher lediglich mechanisch-statische und mechanisch-dynamische Aspekte im Vordergrund.

Die zur Beurteilung eines elektromechanischen Ernteverfahrens erforderlichen biotechnischen Eigenschaften von Rebeile und Erntegut sind in Abb. 1 aufgeführt. Der Ablauf eines elektromechanischen Trennvorganges ist als Folge der Wechselwirkungen dieser Faktoren zu verstehen. Unter ihnen nimmt der elektrische Widerstand eine zentrale Stellung ein. Neben den elektrischen Leitfähigkeitsverhältnissen im natürlichen Zustand und während des Trennvorganges interessiert im Hinblick auf die Realisierung des Verfahrens hauptsächlich die Art und das Ausmaß der Beeinflussung der Pflanze durch den Strom (2).

Material und Methoden

Angaben zur technischen Durchführung der Untersuchungen können der Dissertation von G. BÄCKER (2) entnommen werden.

Abb. 2.: Längenbezogene Widerstände von Rebteilen.

Resistance per cm of several parts of the vine.

Ergebnisse und Diskussion

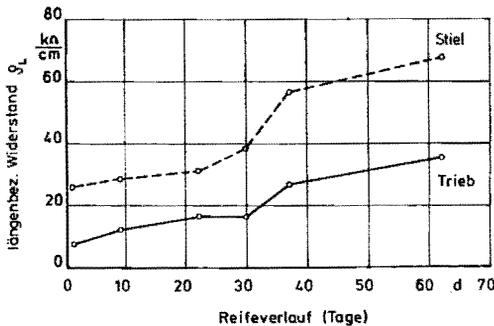
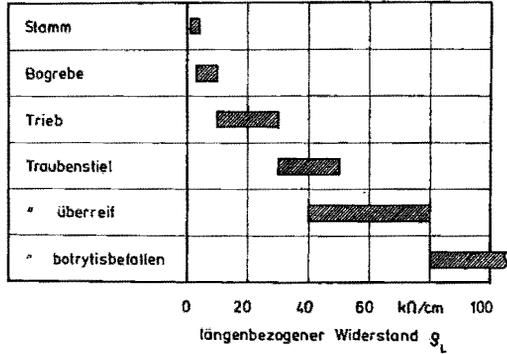
1. Die Leitfähigkeitsverhältnisse an der Rebe

Die elektrischen Leitfähigkeitsverhältnisse am Rebstock im natürlichen Zustand stellen die Ausgangsbasis für das Zustandekommen des Abtrennvorganges dar. Das Gewebe erwärmt sich beim Durchgang des Stromes um so stärker, je höher der längenbezogene elektrische Widerstand an der betreffenden Stelle des Stromkreises ist. Dort, wo der längenbezogene Widerstand besonders hoch ist, wird das Gewebe so stark erwärmt, daß ein Brennvorgang einsetzt, der schließlich den Trenneffekt auslöst. Voraussetzung dafür, daß der Trennvorgang gezielt am Traubenstiel und nicht an anderen unerwünschten Stellen einsetzt, ist deshalb, daß der längenbezogene Widerstand an der vorgesehenen Trennstelle wesentlich höher ist als im übrigen Stromkreis. Je stärker diese Widerstandsdifferenz ausgeprägt ist, desto weniger problemlos ist der Ablauf des Trennvorganges.

In Abb. 2 sind am Beispiel der Sorte Riesling die längenbezogenen Widerstände von Rebteilen, die für die Stromführung in Frage kommen können, dargestellt. Die Streubreiten umfassen Pflanzenteilquerschnitte, wie sie an einem normal entwickelten Rebstock vorliegen. Messungen an weiteren einheimischen Rebsorten haben zu ähnlichen Ergebnissen geführt wie die Widerstandsmessungen an Rieslingreben.

Den höchsten längenbezogenen Widerstand hat, entsprechend dem Querschnitt, der Traubenstiel, gefolgt von Trieb, Bogrebe und Stamm. Die Widerstände von Bogrebe und Stamm sind so gering, daß es hier während des elektromechanischen Trennvorganges kaum zu einer Erwärmung und somit auch nicht zu Gewebeschäden kommt. Die Stromführung über die Traube bis zum Traubenstiel ist ebenfalls unproblematisch, da die Widerstände an der Traube auf Grund des großen Gesamtquerschnittes parallel verlaufender Leitungsbahnen für den Strom sehr gering sind.

Von grundlegender Bedeutung ist also lediglich die Widerstandsdifferenz zwischen Traubenstiel und Trieb. Der Unterschied zwischen ihren längenbezogenen



Widerständen, wie er sich bei den Messungen gezeigt hat, reicht in der Tat aus, um den Trennvorgang herbeizuführen. Damit ist die Grundvoraussetzung für die Realisierbarkeit des elektromechani-

Abb. 3: Widerstandsverlauf an Trieben und Traubenstielen während der Reife bei Riesling (1974).

Course of resistance of shoots and peduncles during the maturity of Riesling (1974).

schen Ernteverfahrens erfüllt. Allerdings ist die Widerstandsdifferenz so gering daß eine stärkere Erwärmung an den Trieben zuweilen nicht ausgeschlossen werden kann. Infolgedessen kommt es zum Teil zu erheblichen Schäden am Triebgewebe. Diese Einflüsse stellen die Hauptschwierigkeit bei der Anwendung des Verfahrens dar und werden deshalb noch ausführlicher behandelt.

An verschiedenen Pflanzenteilen konnte eine Zunahme der längenbezogenen Widerstände mit fortschreitender Reife beobachtet werden. Sie ist in erster Linie auf die Abnahme des Wassergehaltes im Gewebe während des Reifeverlaufes zurückzuführen (s. u.). Die Relation zwischen dem Widerstand am Traubenstiel und dem Widerstand am Trieb wird jedoch nur dann beeinflußt, wenn außergewöhnliche physiologische Vorgänge, wie beispielsweise Stielähme oder *Botrytis*-Befall des Traubenstiels, im Spiele sind. Dabei kommt es infolge der Austrocknung zu einem verstärkten Anstieg des Widerstandes am Stiel gegenüber dem Widerstand am Trieb, so daß sich die besagte Widerstandsdifferenz vergrößert und die Ausgangsbedingung für den elektromechanischen Trennvorgang verbessert wird. Bei normalem Entwicklungsverlauf nehmen jedoch die Widerstände von Traubenstiel und Trieb, wie Abb. 3 zeigt, mit fortschreitender Reife in annähernd dem gleichen Maße zu, so daß die zwischen ihnen bestehende Relation kaum verschoben wird und die Voraussetzungen für den Trennvorgang die gleichen bleiben.

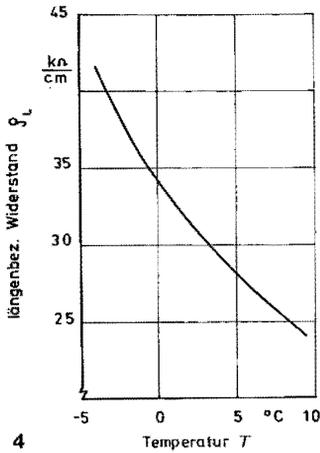
Die absolute Höhe der Widerstände im natürlichen Zustand spielt nur eine untergeordnete Rolle, da die Leitfähigkeitsverhältnisse in den betreffenden Pflanzenteilen beim Durchgang des Stromes sich ständig ändern. Die Beurteilung verfahrenstechnischer und energetischer Aspekte muß deshalb in erster Linie auf Grund der Widerstandsverhältnisse, wie sie während des Trennvorganges vorherrschen, erfolgen.

2. Die Leitfähigkeitsverhältnisse während des Trennvorganges

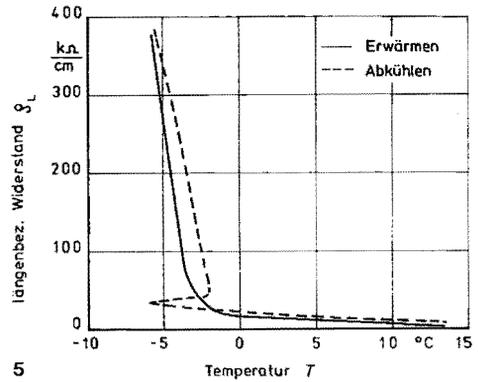
Die Änderung der Widerstände stromdurchflossener Reibteile während des Trennvorganges hat verschiedene Ursachen. Zum einen kommt es, wie bei allen elektrolytischen Leitern, auch an Pflanzenteilen infolge der Erwärmung, wie sie im vorliegenden Falle beim Durchgang des Stromes auftritt, zu einer Abnahme der Widerstände (4). Eine weitere Rolle spielt der Wassergehalt (3, 6, 11). Der Wasserverlust des Gewebes, wie er beispielsweise infolge der extrem starken Erwärmung in der Umgebung der Trennstelle auftritt, führt zu einem Anstieg des Widerstandes der betroffenen Gewebepartien. Darüber hinaus wird die Leitfähigkeit durch den Strom selbst beeinflußt (10), eine Erscheinung, die von entscheidender Bedeutung ist. Um Aufschluß über die Leitfähigkeitsverhältnisse während des Trennvorganges und somit über dessen Ablauf zu bekommen, interessiert zunächst, in welchem Maße die Widerstände der Pflanzenteile durch Temperatur- und Wassergehaltsschwankungen, wie sie während des Trennvorganges auf das Gewebe einwirken, beeinflußt werden.

a) Die Bedeutung der Temperatur

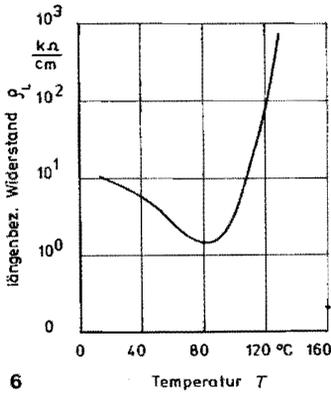
In Abb. 4—6 ist die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur dargestellt. Da im Hinblick auf das Leitfähigkeitsverhalten in Abhängigkeit von der Temperatur zwischen den verschiedenen Reibteilen keine bedeutenden Unterschiede auftreten, wird der Zusammenhang lediglich am Beispiel des Triebes aufgezeigt. Abb. 4 zeigt den Widerstandsverlauf im Temperaturbereich zwischen -5 und $+10$ °C. Erwartungsgemäß verhält sich der Widerstand in der für elektrolytische Leiter cha-



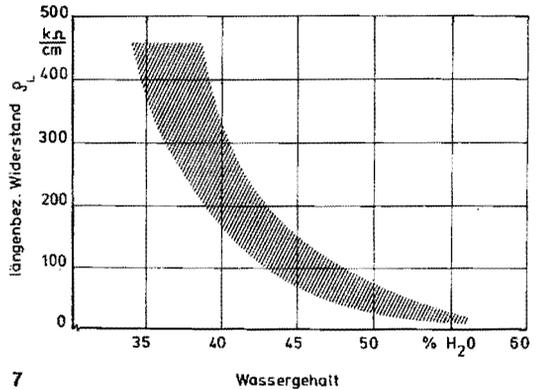
4



5



6



7

Abb. 4.: Widerstand am Trieb in Abhängigkeit von der Temperatur bei Riesling (Gefrierpunkt war nicht unterschritten).

Abb. 5: Widerstand am Trieb in Abhängigkeit von der Temperatur bei Riesling (Gefrierpunkt war unterschritten).

Abb. 6: Widerstand am Trieb in Abhängigkeit von der Temperatur bei starkem Erwärmen (Riesling).

Abb. 7: Widerstand in Abhängigkeit vom Wassergehalt an Trieben (Riesling).

Fig. 4: Resistance of the shoot in dependence on temperature of Riesling (not fallen below freezing point).

Fig. 5: Resistance of the shoot in dependence on temperature of Riesling (fallen below freezing point).

Fig. 6: Resistance of the shoot in dependence on temperature during intensive warming (Riesling).

Fig. 7: Resistance in dependence on the water content of shoots (Riesling).

rakteristischen Art und Weise. Seine Beeinflussung durch die Temperatur läßt sich damit erklären, daß bei Elektrolyten mit zunehmender Temperatur die innere Reibung der Ionen aneinander an Intensität verliert, so daß sie als Ladungsträger beweglicher werden. Der durch die verstärkte Ionenmigration erzeugte Strom bewirkt einen Anstieg der Leitfähigkeit.

Abb. 5 zeigt den Widerstandsverlauf im gleichen Temperaturbereich, wobei jedoch der Gefrierpunkt unterschritten war. Im gefrorenen Zustand ist der Widerstand im Gewebe außerordentlich hoch ($R \rightarrow \infty$). Beim Auftauen sinkt er sehr rasch ab und nimmt, wenn sämtliche Zellsaftfraktionen aufgetaut sind, den üblichen temperaturabhängigen Verlauf an. Hierzu sei bemerkt, daß der Widerstand an Gewebe, das einmal gefroren war, bei gleicher Temperatur stets etwas geringer ist als an Gewebe, das nicht gefroren war. Dies mag darauf zurückzuführen sein, daß das Eis Zellwände zerstört, so daß Zellsaft in die Interzellularräume austritt und dort die Leitfähigkeit erhöht. Die unterbrochene Kurve in Abb. 5 zeigt den Widerstandsverlauf beim Abkühlen. Die Unregelmäßigkeit, die im Temperaturbereich zwischen -5 und 0 °C auftritt, ist auf eine Exotherme zurückzuführen. Diese Erscheinung tritt beim Erstarren sämtlicher Gewebe auf. Erst wenn der Unterkühlungspunkt, der in den Versuchen je nach der chemischen Zusammensetzung des Zellsaftes zwischen -8 und -2 °C lag, erreicht ist, beginnt die Eisbildung. Durch die frei werdende Erstarrungswärme erfolgt spontan ein Temperaturanstieg um einige Grad C auf den eigentlichen Gefrierpunkt (13). Unterhalb des Gefrierpunktes steigt der Widerstand bei weiterem Abkühlen sehr stark an.

Abb. 6 zeigt den Widerstandsverlauf an Gewebe in log-Darstellung beim Erwärmen auf Temperaturen von über 100 °C. Wie erwartet sinkt zunächst der Widerstand mit steigender Temperatur. Etwa von 90 °C an beginnt jedoch ein erneuter Anstieg, der auf den verstärkt einsetzenden Wasserverlust des Gewebes zurückzuführen ist. Bei Temperaturen ab 100 °C verdunstet in sehr kurzer Zeit die gesamte Feuchtigkeit im Gewebe und der Widerstand geht gegen ∞ . Bei höheren Temperaturen wird die Leitfähigkeit also weitgehend von der damit verbundenen Abnahme des Wassergehaltes im Gewebe bestimmt.

b) Die Bedeutung des Wassergehaltes

Die Abhängigkeit der Leitfähigkeit vom Wassergehalt im Gewebe ist, wiederum am Beispiel von Trieben der Sorte Riesling, in Abb. 7 dargestellt. Die Widerstände wurden während einer etwa dreitägigen Anwelkeperiode bei Zimmertemperatur gemessen. Erwartungsgemäß verhalten sie sich bei Triebgewebe von Reben in gleicher Weise wie bei anderen pflanzlichen Geweben und folgen somit einem hyperbelförmigen Verlauf (vergl. Abb. 10). Die Abhängigkeit der Leitfähigkeit pflanzlicher Gewebe von ihrem Wassergehalt geht aus einer Theorie hervor, die am Beispiel von Textilfasern für biologisches Material aufgestellt wurde (5). Aus der Gleichung

$$\sigma = c \cdot d \cdot u \cdot F,$$

bei der σ die spezifische Leitfähigkeit [S/cm]

c die Salzkonzentration [g-Äquiv./cm³]

d der Dissoziationsgrad

u die Ionenbeweglichkeit [cm²/Vs]

und F die Faraday'sche Konstante = $96,5 \cdot 10^3$ [C/g-Äquiv.]

bedeuten, wird ersichtlich, daß die Höhe der Leitfähigkeit der Probe von der Konzentration der dissoziierten und somit als Ladungsträger in Frage kommenden Ionen abhängt, die durch das Produkt $c \cdot d$ verkörpert wird. Dies läßt sich folgendermaßen erklären: Die in der Fraktion befindlichen Wassermoleküle lagern sich als Dipole, entsprechend ihrer Polarität an Salzmoleküle an. Auf diese Weise wird das elektrische Feld zwischen Anion und Kation des Salzmoleküls geschwächt, die gegenseitigen Anziehungskräfte werden geringer, die Ionen dissoziieren und umgeben sich mit einer Hydrathülle. Sie sind damit als Ladungsträger frei beweglich. Je

mehr Wassermoleküle, sofern diese nicht im Überfluß vorhanden sind, zur Verfügung stehen, um so mehr Ionen liegen in dissoziierter Form vor und kommen als Ladungsträger in Frage.

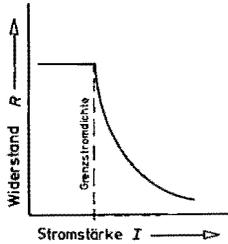


Abb. 8: Widerstand an biologischem Material als Funktion der Stromstärke beim Überschreiten einer Grenzstromdichte (nach PLIQUETT 1969).

Resistance of the biological material as a function of the current intensity when exceeding a limit of current density (from PLIQUETT 1969).

c) Die Bedeutung der Stromstärke

Die Beeinflussung der Leitfähigkeitsverhältnisse an biologischen Objekten durch den Strom selbst wurde erstmals bei Herzmuskelgewebe beobachtet (10). Nachdem eine gewisse Grenzstromdichte, deren Höhe von der Frequenz des Wechselstromes abhängt, überschritten ist, hat das Ohm'sche Gesetz keine Gültigkeit mehr, oder anders ausgedrückt, der elektrische Widerstand R nimmt nach Überschreiten dieser Grenzstromdichte mit zunehmender Stromstärke I , einem annähernd hyperbelförmigen Verlauf folgend, ab (Abb. 8). Es gilt also:

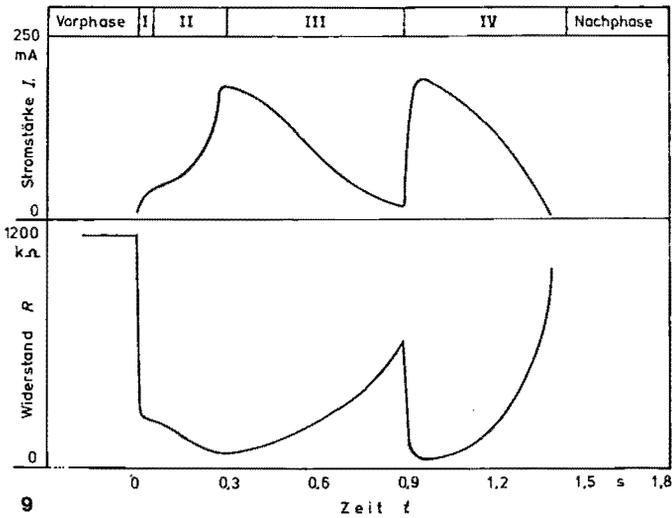
$$R = \text{const. für } i < i_{Gr},$$

$$R \sim \frac{1}{I} \quad \text{für } i > i_{Gr},$$

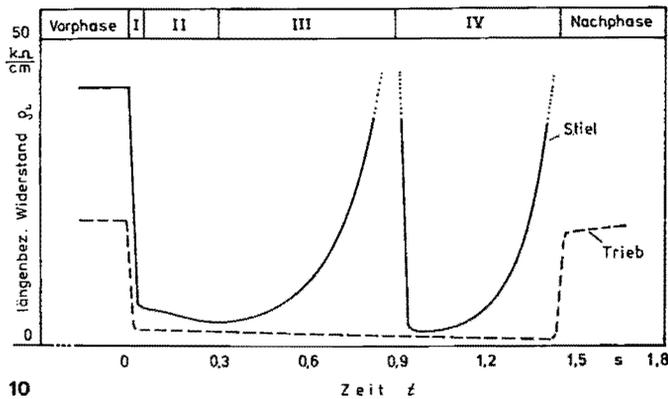
wobei i_{Gr} die Grenzstromdichte für eine bestimmte Wechselstromfrequenz bedeutet. Je niedriger die Frequenz des Wechselstromes ist, um so eher ist bei einem Objekt mit bestimmtem Leiterquerschnitt die Grenzstromstärke erreicht. Wird ein biologisches Objekt von technischem Wechselstrom durchflossen, so ist auf Grund der niedrigen Frequenz die Grenzstromstärke, dem Leiterquerschnitt entsprechend, relativ gering. Auch bei stromdurchflossenen Rebleiten ist dies der Fall. Auf Grund der hohen Stromstärke bei relativ geringem Leiterquerschnitt wird die Grenzstromstärke überschritten und der Gesamtwiderstand des Stromkreises wird entscheidend verringert. Messungen der Stromstärke während des Trennvorganges haben dies bestätigt. Danach betrug die Stromstärke ein Mehrfaches von dem, was sie bei einer bestimmten Spannung auf Grund der im natürlichen Zustand gemessenen Widerstände, unter Berücksichtigung der Einflüsse von Temperatur und Wassergehalt nach dem Ohm'schen Gesetz hätte betragen dürfen.

3. Die Phasen des Trennvorganges

Auf Grund der beschriebenen Einflüsse kommt es während des Abtrennvorganges zu einem ganz charakteristischen Verlauf der Widerstände und der Stromstärke. Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge wird der Trennvorgang in verschiedene Phasen unterteilt. Sinnvoll erscheint dabei die Einteilung in eine Vorphase, vier Hauptphasen und eine Nachphase. Die Vorphase kennzeichnet den Zustand vor dem Schließen des Stromkreises und die Nachphase den Zustand, nachdem der Trennvorgang stattgefunden hat. Während der vier Hauptphasen fließt der Strom, und die Trennung wird vorbereitet und vollzogen. In Abb. 9 ist der Verlauf des Gesamtwiderstandes im Stromkreis sowie der Verlauf der Stromstärke dargestellt. In Abb. 10 ist der Widerstandsverlauf anhand des längenbezogenen Widerstandes für den Trieb sowie für den Traubenstiel an der Trennstelle über der Zeit aufgetragen.



9



10

Abb. 9: Gesamtwiderstand und Stromstärke während des Trennvorganges.

Abb. 10: Widerstandsverlauf am Trieb und am Traubenstiel während des Trennvorganges.

Fig. 9: Total resistance and current intensity during the process of detaching.

Fig. 10: Course of resistance of the shoot and of the peduncle during the process of detaching.

Der Beginn der Phase I, zum Zeitpunkt $t = 0$, ist identisch mit dem Schließen des Stromkreises. Die Phase I ist gekennzeichnet durch einen spontanen, sehr starken Widerstandsabfall an sämtlichen Pflanzenteilen. Sie wird auch als Einleitungsphase bezeichnet und ist nur von sehr kurzer Dauer. Die Phase II ist die wärmebetonte Phase. Hier kommt der Einfluß der Temperatur auf die Höhe der Widerstände zum Tragen. Infolge der Erwärmung sinkt der Widerstand an den Reblteilen weiter ab und erreicht ein Minimum. Der längenbezogene Widerstand am Trieb kann jedoch infolge weiterer Erwärmung auch in Phase III und IV noch geringfügig sinken. Mit erfolgter Trennung erfährt der Widerstand, nachdem der Einfluß des Stromes aufgehoben ist, zunächst sprunghaft einen starken Anstieg, um sich dann in der Nachphase mit sinkender Temperatur wieder dem Ausgangswert zu nähern. Der längenbezogene

Widerstand an der Trennstelle dagegen erfährt bereits in Phase III einen starken Anstieg und bewegt sich am Ende der Phase III infolge des nahezu vollständigen Wasserverlustes gegen ∞ . Wenn trotzdem weiterhin Strom fließt, so ist dies den Vorgängen zu verdanken, welche die Phase IV kennzeichnen. Hier kommt es zu einer sehr starken Erwärmung des Gewebes an der Trennstelle und infolge des damit verbundenen Wasserverlustes schließlich zur Ausbildung von Funkenstrecken, die zum einen den Stromfluß aufrecht erhalten und zum andern den Abtrennvorgang bewirken. Da der Strom über die Funkenstrecken fließt, sinkt der Widerstand in Phase IV scheinbar noch einmal ab. Gegen Ende der Phase IV brennt der Stiel durch, die Funkenstrecken reißen ab, und der Stromkreis ist unterbrochen.

Sowohl den Einflüssen, die während des Stromdurchganges auf die Pflanzenteile einwirken, als auch den Leitfähigkeitsverhältnissen an der Rebe im natürlichen Zustand ist es also zu verdanken, daß der Trennvorgang in der beschriebenen Weise abläuft und daß, mehr noch, überhaupt ein Trenneffekt erzielt wird. Vom Prinzip her ist somit ein elektromechanisches Ablösen der Trauben zwar ohne weiteres zu verwirklichen, die Möglichkeit einer verfahrenstechnischen Anwendung muß jedoch anhand weiterer Aspekte diskutiert werden.

4. Die Schädigung von Pflanzenteilen beim Ernten und Möglichkeiten ihrer Verhütung

Wie bereits angedeutet, wurden nach dem elektromechanischen Ernten an den betreffenden Rebstöcken starke Schädigungen beobachtet. Bei vielen Stöcken kam es im Folgejahr kaum zu einem Austrieb. Ein großer Teil des Ziel- und Tragholzes war tot, und der Stock entwickelte nur unfruchtbare Triebe auf wildem Holz. Die Schäden, die durch die starke Wärmeentwicklung hervorgerufen wurden, beschränkten sich lediglich auf Triebe, obwohl auch andere Pflanzenteile vom Strom durchflossen wurden. An der Bogrebe und am Stamm, wo es infolge des größeren Querschnittes und des damit verbundenen geringeren längenbezogenen Widerstandes kaum zu einer Erwärmung kam, waren keine Schäden feststellbar.

Einen Eindruck von der Art der Schäden, wie sie bei der praktischen Anwendung des elektromechanischen Ernteverfahrens an Trieben zu erwarten sind, vermitteln einige Gewebeschnitte (Abb. 11—15). Je nach den Leitfähigkeitsverhältnissen und der Dauer der Stromeinwirkung waren verschiedene Stadien der Beschädigung anzutreffen. Abb. 11 zeigt einen Schnitt durch einen Trieb, der zwar beerntet wurde, aber keine Anzeichen für eine Schädigung zeigt. Sowohl Holzteil als auch Rindenteil sind völlig unversehrt. Abb. 12 gibt einen Ausschnitt des Holzteiles des gleichen Triebes in stärkerer Vergrößerung wieder. An den Zellen sind keinerlei Veränderungen gegenüber unbeernteten Trieben zu erkennen. In Abb. 13 ist das Triebgewebe deutlich sichtbar geschädigt. Zwar sind die Zellen in ihrer Struktur noch erhalten, der Zellinhalt ist jedoch stark in Mitleidenschaft gezogen, was sich deutlich im Zerfall der Stärkekörner anzeigt (F. SCHNEIDER, Geisenheim, pers. Mitt.). Soweit die Stärke der fortgeschrittenen Holzreife wegen nicht schon abgebaut ist, ist sie zerstört und die Kornstruktur ist nicht mehr zu erkennen — ein sicheres Anzeichen dafür, daß auch weitere Bestandteile des Protoplasmas, die ja wesentlich empfindlicher sind, zerstört und somit die Zellen mit Sicherheit nicht mehr lebensfähig sind. In einem weiter fortgeschrittenen Stadium der Schädigung hat sich, wie in Abb. 14, der Rindenteil vom Holzteil abgelöst. In Abb. 15 weist der Holzteil darüber hinaus starke Verkohlungen auf. Dieses Ausmaß der Schädigung wurde bei den Ernteversuchen jedoch nur selten angetroffen. In der Regel konnten unmittelbar nach dem Ernten an den Trieben keine makroskopisch sichtbaren Schäden entdeckt werden. Im Folgejahr war jedoch bei nur etwa 20 % der angeschnittenen Ruten der

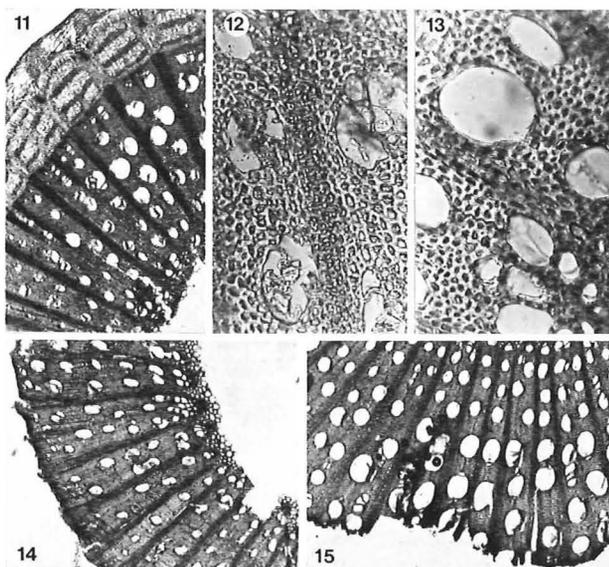


Abb. 11: Querschnitt durch einen ungeschädigten Trieb.

Abb. 12: Holzteil mit Markstrahl eines vermutlich ungeschädigten Triebes.

Abb. 13: Holzteil mit Markstrahl eines geschädigten Triebes, Stärkeköerner bereits zerfallen.

Abb. 14: Stark geschädigter Trieb, Rindenteil hat sich abgelöst.

Abb. 15: Stark geschädigter Trieb, Rindenteil hat sich abgelöst, Holzteil zeigt Verkohlungen.

Fig. 11: Transverse section of an uninjured shoot.

Fig. 12: Xylem with medullary ray of a probably uninjured shoot.

Fig. 13: Xylem with medullary ray of an injured shoot, starch granules already decomposed.

Fig. 14: Heavily injured shoot, the cortex has separated.

Fig. 15: Heavily injured shoot, the cortex has separated, the xylem shows carbonizing.

Austrieb befriedigend, während bei den restlichen Ruten entweder nur wenige Augen trieben oder überhaupt kein Austrieb erfolgte.

Im Zusammenhang mit der Beschädigung von Triebgewebe stellt sich natürlich auch die Frage nach der Beeinflussung der Knospenanlagen. Sicherlich wird dann, wenn es am Trieb in Augennähe zu extremer Erwärmung kommt, auch die Knospenanlage in Mitleidenschaft gezogen. Da jedoch der Trieb am Knoten einen größeren Querschnitt und somit einen wesentlich geringeren längenbezogenen Widerstand hat als am Internodium, ist hier die Erwärmung wesentlich schwächer. Somit dürfte es im allgemeinen, wenn der Trieb nicht übermäßig vom Strom beansprucht wird, nicht zu nennenswerten Schäden an der Knospenanlage kommen. Beim Aufschneiden geschädigter Triebe in Längsrichtung zeigte sich im folgenden Frühjahr, daß das Gewebe im Internodium braun, also abgestorben war, während das Diaphragma und die Knospenanlage noch grün wirkten.

Um den Einfluß der Spannung und der Einwirkdauer des Stromes auf das Ausmaß der Schäden quantitativ zu untersuchen, wurden Rebstöcke, nachdem die Trauben entfernt worden waren, unterschiedlich lang verschiedenen Spannungen ausgesetzt. Der Stromkreis entsprach dem bei Ernterversuchen. Der Strom wurde in Höhe der Traubenzone in den Trieb eingeleitet und über die Bogrebe und den

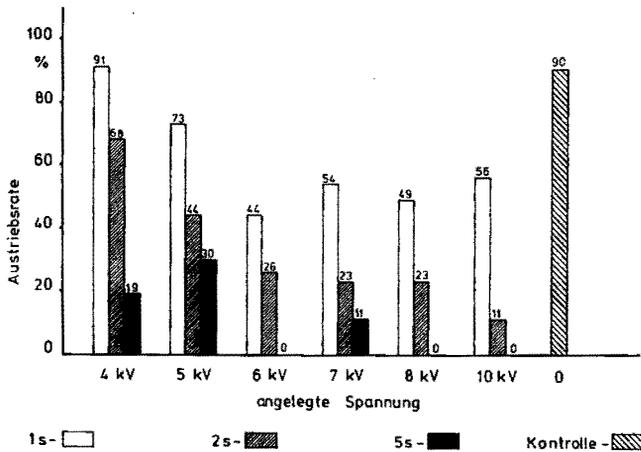


Abb. 16: Austriebsrate an Trieben nach Stromeinwirkung.
Percentage of burst of shoots after action of the current.

Stamm zur Erde abgeführt. Die Einwirkdauer betrug 1, 2 und 5 s bei Spannungen zwischen 4 und 10 kV. Das Ausmaß der Schädigung an Trieben wurde anhand einer Auszählung der ausgetriebenen und der nicht ausgetriebenen Augen ermittelt. In Abb. 16 ist für jede Variante die prozentuale Austriebsrate dargestellt. Das Ausmaß der Schädigung war zwar auch von der Höhe der angelegten Spannung und somit von der Stromstärke, mehr jedoch von der Einwirkdauer des Stromes abhängig. Bei einer Spannung von 4 kV und einer Einwirkdauer von 1 s ergab die Auszählung praktisch keine Schädigung. Die Austriebsrate entsprach in diesem Falle der Austriebsrate der Kontrolle. Bei gleicher Spannung und einer Einwirkdauer von 2 s hatte die Austriebsrate schon merklich abgenommen, bei einer Einwirkdauer von 5 s waren nur noch wenige Augen ausgetrieben. Ab 6 kV hatte die Höhe der Spannung auf das Ausmaß der Schädigung praktisch keinen Einfluß mehr. Es spielte nur noch die Dauer des Stromflusses eine Rolle. Schon bei 1 s Einwirkdauer war in diesem Spannungsbereich ein beträchtlicher Rückgang der Austriebsrate gegenüber der Kontrolle festzustellen. Nach 5 s Stromfluß fand bei Spannungen ab 6 kV so gut wie kein Austrieb mehr statt.

Aufgrund dieser Ergebnisse steht fest, daß eine Anwendung des elektromechanischen Trennverfahrens ohne besondere Vorkehrungen zur Verhinderung von Schäden nicht vertretbar ist. Daraufhin stellt sich zunächst die Frage nach der Möglichkeit, anhand anbautechnischer Maßnahmen Bedingungen zu schaffen, welche die Anwendung des Verfahrens zulassen, ohne daß an Pflanzenteilen, die für die Weitererziehung des Stockes benötigt werden, Schäden in größerem Umfange entstehen. Einmal wäre es denkbar, durch Schaffung optimaler Wachstumsbedingungen und durch einen stärkeren Rückschnitt die Wachsfreudigkeit zu steigern und die Pflanze zu veranlassen, stärkere Triebe auszubilden, so daß infolge eines niedrigeren längenbezogenen Widerstandes die Erwärmung beim Durchgang des Stromes und somit das Ausmaß der Schäden vermindert würde. Da sich die biotechnischen Eigenschaften der Pflanze jedoch nicht in beliebiger Weise beeinflussen lassen, können derartige Maßnahmen lediglich dazu beitragen, daß das Ausmaß der Schäden an weiterhin benötigten Pflanzenteilen zwar reduziert wird, aber nicht, daß sie gänzlich verhindert werden. Eine sichere Möglichkeit, dem Problem zu begegnen,

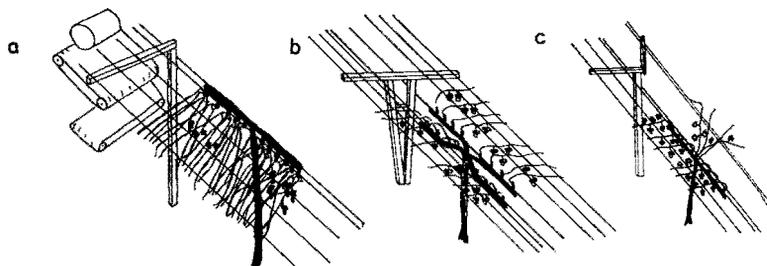


Abb. 17: Geeignete Erziehungsarten für die Anwendung des elektromechanischen Ernteverfahrens. a: einseitige Pergola, b: doppelseitige Pergola, c: Pergola mit erhöhtem Heftdrahtpaar zum Aufbinden einzelner Triebe.

Suitable training systems for the use of the electromechanical harvesting technique. a: One-sided pergola, b: double-sided pergola, c: pergola with an additional pair of upper wires for tying up individual shoots.

kann deshalb nur darin bestehen, die Schäden und damit die Stromführung auf Pflanzenteile zu beschränken, die im Folgejahr nicht mehr zum Anschnitt und zur Weitererziehung des Stockes benötigt werden. Dies könnte in der Weise geschehen, daß die Triebe, die für den Anschnitt im Folgejahr ausersehen sind, so erzogen werden, daß sie nicht in den Einflußbereich der Elektroden gelangen und somit nicht beerntet werden. Eine andere Möglichkeit, mit deren Hilfe die Erhaltung ungeschädigter Triebteile zur Weitererziehung des Stockes denkbar wäre, ergibt sich im Zusammenhang mit einer Kordonerziehung, die allerdings bei vielen Rebsorten mit geringeren Erträgen verbunden ist. Wird der Strom von der Ansatzstelle der Traube aus über den Trieb in akropetaler Richtung abgeleitet, so werden die Triebe unterhalb der Ansatzstelle nicht geschädigt und im Folgejahr können Kordons angeschnitten werden. Auf die technisch einfacher zu realisierende Stromführung in basipetaler Richtung über die Bogrebe und den Stamm zur Erde, wie sie ursprünglich vorgesehen war, muß dabei jedoch verzichtet werden.

Ein Weg, von seiten der Technik das Problem der Schädigung zu bewältigen, könnte darin bestehen, daß der Trennvorgang statt mit technischen Wechselströmen mit höherfrequenten Spannungen herbeigeführt wird. Auf Grund einer selektiven Erwärmung könnte durch die Wahl geeigneter Frequenzen möglicherweise die unerwünschte Erwärmung des Triebgewebes und somit das Ausmaß der Schäden verringert werden. Voraussetzung dazu ist jedoch, daß die entsprechenden dielektrischen Verhältnisse an der Pflanze vorliegen und daß es gelingt, die hochfrequenten Spannungen auf die Pflanze aufzubringen. Zur Klärung diesbezüglicher Fragen bedarf es jedoch einer Reihe weiterer Untersuchungen auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik.

5. Anbautechnische Voraussetzungen für die Verwirklichung eines elektromechanischen Ernteverfahrens

Die Voraussetzungen von seiten des Anbausystems für die Realisierung des elektromechanischen Ernteverfahrens berühren in erster Linie die Erziehungsart. Ihre Bedeutung im Hinblick auf das Ausmaß der Schädigung von Pflanzenteilen, wie sie bereits angesprochen wurde, stellt dabei nur einen Aspekt dar. Die Hauptgesichtspunkte ergeben sich im Zusammenhang mit dem Verfahrensablauf bei der Applikation des Stromes auf die Pflanze. Da der Strom gezielt an die Traube herangeführt werden muß, ohne daß es in größerem Umfange zu Nebenschlüssen mit

anderen Pflanzenteilen kommt, muß die Traube möglichst frei hängen und für die Elektrode gut zugänglich sein. Besonders langstielige Sorten erfüllen in Verbindung mit einer geeigneten Erziehungsart diese Voraussetzung.

Das elektromechanische Abtrennverfahren stellt deshalb ähnliche Anforderungen an die Erziehungsart wie das mechanisch-statische Ernteverfahren (Schneiderverfahren). Für beide Verfahren erscheint eine horizontal ausgerichtete Laubwand, von der die Trauben frei herabhängen, als optimal geeignet. Ähnlich wie der Messerbalken beim mechanisch-statischen Verfahren könnte bei einer derartigen Erziehungsart die Elektrode unterhalb der Traubenzone entlanggeführt werden und, indem sie die Trauben streift, könnten diese mit Strom beaufschlagt werden. Das Schließen der Stromkreise durch die zweite Elektrode kann weniger gezielt an irgend einer geeigneten Stelle erfolgen. Auch das Auffangen des Erntegutes ließe sich bei einer horizontal ausgerichteten Laubwand mit Hilfe einer Aufnahmeeinrichtung unterhalb der Traubenzone auf recht einfache Weise verwirklichen. Das Beernten einer vertikalen Laubwand ist ebenfalls denkbar, allerdings wäre dazu ein wesentlich größerer konstruktiver Aufwand erforderlich (2).

Unter Berücksichtigung der Aspekte, die sich im Zusammenhang mit der Schädigung von Trieben ergeben, werden einige Schnitt- und Erziehungsarten vorgeschlagen, die im wesentlichen einer Dach- oder Pergolaerziehung entsprechen. Abb. 17 a zeigt eine einseitige Pergola, bei der die Position der Ernteeinrichtung angedeutet ist. In gleicher Weise wird die Ernteeinrichtung auch bei den folgenden Erziehungsarten gehandhabt. Die Ernteeinrichtung müßte dabei aus zwei Elektroden besonderer Ausführung bestehen. Die Elektrode, die unterhalb der horizontal ausgerichteten Laubwand entlanggeführt wird und den Kontakt zu den Trauben herstellt, besteht aus einem endlosen Metallband, das entgegengesetzt zur Fahrtrichtung umläuft. Auf diese Weise wird während des elektromechanischen Trennvorganges gleichzeitig eine Kraftkomponente am Traubenstiel wirksam, die den Trennvorgang unterstützt. Die abgelösten Trauben werden durch das Umlaufen des Bandes ständig in eine Aufnahmevorrichtung gefördert, so daß ein Gutstau auf der Elektrodenfläche verhindert wird. Die zweite Elektrode besteht aus einer Walze, die oben auf dem Laubdach abrollt und gleichzeitig die vertikale Führung der Ernteeinrichtung übernimmt. Sie schließt den Stromkreis über die Laubwand. Die basalen Teile der Triebe werden bei dieser Elektrodenanordnung also nicht von Strom durchflossen und bleiben ungeschädigt. Sie stehen im Folgejahr zur Weitererziehung des Stockes zur Verfügung und werden als Kordons angeschnitten. Abb. 17 b zeigt eine doppelseitige Pergola, die der in Amerika gebräuchlichen T-Erziehung entspricht. Der Erntevorgang läuft hier in gleicher Weise ab wie bei der einseitigen Pergola. Auch hier werden die nicht geschädigten basalen Triebteile zur Weitererziehung des Stockes herangezogen. In Abb. 17 c werden bei einer einseitigen Pergola einige stammnahe Triebe (3—4 Stück) vertikal ausgerichtet und mit Hilfe eines erhöhten Heftdrahtpaares aufgebunden. Sie sind so dem Einflußbereich der Elektrode entzogen und werden nicht geschädigt. Eventuell vorhandene Gescheine werden beim Hochbinden zweckmäßigerweise entfernt, oder die Trauben müssen später von Hand geerntet werden. Da diese Triebe im Folgejahr als Tragruten angeschnitten werden, ist darauf zu achten, daß sie auf fruchtbarem Holz inseriert sind.

Diese Beispiele von Anbauverfahren, von denen noch weitere genannt werden könnten, zeigen, daß es zwar Möglichkeiten gibt, den elektromechanischen Trennvorgang verfahrenstechnisch zu nutzen und Schäden an Pflanzenteilen, die zur Weitererziehung des Stockes benötigt werden, weitgehend auszuschließen. Sie zeigen jedoch gleichzeitig, daß die hierfür erforderlichen Schnitt- und Erziehungsarten mit

einem hohen Arbeitsaufwand verbunden sind. Die Möglichkeit einer wirtschaftlichen Anwendung des elektromechanischen Trennverfahrens muß deshalb, genau wie die des mechanisch-statischen Ernteverfahrens, in Frage gestellt werden.

6. Die Stellung des elektromechanischen Abtrennverfahrens in der Erntetechnik

Bei herkömmlichen Ernteverfahren (s. Übersicht) bestehen die Trennorgane aus Messerbalken, Schütteleinrichtungen oder pneumatischen Aggregaten, die Biege-, Zug- oder Scherkräfte am Traubenstiel beziehungsweise an den Beerenstielen wirksam werden lassen. Beim elektromechanischen Ernteverfahren wird dagegen die Trennenergie in Form von elektrischer Energie zugeführt, die an der Trennstelle in thermische Energie umgewandelt wird und den Trennvorgang bewirkt. Dementsprechend unterscheidet sich beim elektromechanischen Verfahren auch die Beeinflussung von Pflanze, Erntegut und Unterstützungseinrichtung von derjenigen anderer Trennverfahren. Während Schäden an der Pflanze und am Drahtrahmen, soweit sie bei den herkömmlichen Verfahren auftreten, durch mechanische Beanspruchung hervorgerufen werden, handelt es sich beim elektromechanischen Verfahren um eine „innere“, biologische, Schädigung der Pflanze. Die Unterstützungseinrichtung wird nicht in Mitleidenschaft gezogen. Die Beeinflussung des Erntegutes ist, wie sich zeigen ließ, besonders im Vergleich zu den pneumatischen Verfahren unbedeutend.

Die gezielte Applikation der Trennenergie auf die Trennstelle ist ein weiteres Kriterium, das in diesem Zusammenhang angesprochen werden muß. Nur beim mechanisch-statischen Verfahren wird die Trennenergie direkt auf die Trennstelle appliziert. Dies ist zwar verfahrenstechnisch nicht einfach und stellt darüber hinaus hohe Ansprüche an den Aufwand bei der Erziehung. Der Leistungsverlust ist jedoch außerordentlich gering, so daß sich im Vergleich zu allen anderen Verfahren ein wesentlich günstigerer energetischer Wirkungsgrad ergibt. Bei allen anderen, einschließlich dem elektromechanischen Trennverfahren, ist eine direkte Applikation der Trennenergie auf die Trennstelle nicht möglich, sondern sie wird über verschiedene Pflanzenteile oder über den Drahtrahmen der Trennstelle zugeführt. Dabei kann an diesen übertragenden Teilen unkontrolliert Energie wirksam werden und zu erheblichen Beschädigungen führen. Während bei den mechanisch-dynamischen Verfahren mechanische Kräfte besonders am Drahtrahmen Schäden verursachen, kann sich beim elektromechanischen Verfahren die Erwärmung der Triebe nachteilig auswirken. Darüber hinaus kommt es an den übertragenden Teilen zu erheblichen Energieverlusten, wodurch sehr geringe energetische Wirkungsgrade bedingt sind. Das elektromechanische Ernteverfahren schneidet in dieser Hinsicht noch ungünstiger ab als die mechanisch-dynamischen und die pneumatischen Verfahren. Auf Grund theoretischer Zusammenhänge wird deshalb angenommen, daß zum Betrieb einer elektromechanischen Erntemaschine ein Leistungsbedarf von 60–80 kW erforderlich wäre.

Ein weiterer Faktor, der ebenfalls im Zusammenhang mit der Applikation der Trennenergie gesehen werden muß, ist die Zusammensetzung des gewonnenen Erntegutes. Ausschließlich ganze Trauben können nur dann anfallen, wenn die Trennenergie, wie beim mechanisch-statischen Verfahren, direkt auf die Trennstelle eingebracht wird. Erfolgt jedoch eine weniger gezielte Applikation, so wird die Trennursache nicht nur am Traubenstiel, sondern auch innerhalb des Traubengerüsts und an den Beerenstielen wirksam. Da dies auch beim elektromechanischen Abtrennverfahren der Fall ist, werden neben ganzen Trauben auch Traubenteile und Einzelbeeren abgeerntet. Diese werden jedoch nicht, wie beim Absaugverfahren,

Übersicht
Beurteilungskriterien von Ernteverfahren

Ernteverfahren	Mechanisch- statisch	Mechanisch- dynamisch	Pneumatisch Saugluft	Pneumatisch Druckluft	Elektro- mechanisch
Trennursache	Scherkraft	Zug- und Scher- kraft	vorwiegend Zugkraft	Zug- und Scher- kraft	Hitzewirkung des Stromes
Trennorgane	Messerbalken	Schwing- oder Stoßschüttler	Saugluftge- bläse	Druckluftgebläse	Elektroden
Erntegut	Trauben	Trauben und Beeren	überwiegend Beeren	Trauben und Beeren	überwiegend Trauben
Applikation der Trennenergie	schwierig	einfach	einfach	einfach	schwierig
Anforderungen an die Erziehungsart	Dacherziehung	Drahrahmener- ziehung (Spalier)	keine besonderen Anforderungen	keine besonderen Anforderungen	Dacherziehung
Beeinflussung der Unterstützungsein- richtung	keine	stark	keine	keine	keine
Beeinflussung der Pflanze	keine	gering	keine	keine	stark
Beeinflussung des Ernteguts	keine	keine	stark	gering	gering
Konstruktiver Aufwand	hoch	hoch	hoch	hoch	hoch
Energetischer Wirkungsgrad	gut	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering
Spezieller Leistungsbedarf	gering	hoch	hoch	sehr hoch	sehr hoch

weiterhin mechanisch beansprucht und zermaischt und sind somit auch kaum einer qualitativen Beeinflussung durch Oxidation ausgesetzt.

Insgesamt gesehen zeigt die Gegenüberstellung der verschiedenen Lösungen, daß bei einer möglichen Verwirklichung des elektromechanischen Ernteverfahrens ähnliche Probleme auftreten wie bei anderen Ernteverfahren. Die Nachteile sind in mancher Beziehung identisch mit denen anderer Ernteverfahren. Dagegen ergeben sich gegenüber den herkömmlichen Verfahren keine entscheidenden Vorteile, so daß nach dem heutigen Stand der Technik wenig dafür spricht, dem elektromechanischen Ernteverfahren den Vorzug gegenüber einem der bisher bekannten Verfahren zu geben. Die Zukunft wird zeigen, ob es bei einer Zusammenarbeit von Biologen und Technikern gelingt, das elektromechanische Ernteverfahren weiter zu entwickeln, so daß es echte Vorteile gegenüber anderen Verfahren bringt und Eingang in die Praxis findet.

Zusammenfassung

Zum Abtrennen von Weintrauben bei der Ernte bietet sich neben mechanisch-statischen, mechanisch-dynamischen und pneumatischen Lösungen ein elektromechanisches Trennverfahren an.

Die Leitfähigkeitsverhältnisse in der Pflanze lassen es zu, den Trennvorgang auf elektromechanischem Wege herbeizuführen. Der Traubenstiel weist zum Erntezeitpunkt einen höheren elektrischen Widerstand auf als die übrigen Pflanzenteile. Diese Widerstandsdifferenz bildet die Grundlage für das Zustandekommen des Trennvorganges. Wird hochgespannter Strom über die Traube durch den Traubenstiel geleitet und über den Trieb abgeführt, so brennt auf Grund des höheren län-genbezogenen Widerstandes der Traubenstiel durch, und die Traube wird unver-sehrt abgelöst. Der Trennvorgang erstreckt sich über einen hinreichend kurzen Zeitraum. Somit ist die Realisierung des elektromechanischen Trennvorganges im Prinzip ohne weiteres möglich.

Bei der praktischen Anwendung des Verfahrens treten jedoch Schwierigkeiten auf. Um den Strom gezielt an die Trauben heranführen zu können, muß diese frei vom Trieb herabhängen und für das Ernteorgan gut zugänglich sein. Dieser For-derung wird am besten eine Dacherziehung gerecht. Das Hauptproblem bei der Realisierung des Verfahrens besteht in der starken Schädigung der stromdurchflos-senen Triebteile bei hohen Spannungen und Einwirkungszeiten über 1 s. Das Ver-fahren muß deshalb so gehandhabt werden, daß Pflanzenteile, die zum Anschnitt im Folgejahr bestimmt sind, ungeschädigt bleiben. Hierzu bedarf es aufwendiger Erziehungsmaßnahmen, welche die Möglichkeit einer wirtschaftlichen Anwendung dieser Erntetechnik in Frage stellen.

Insgesamt gesehen zeigt sich, daß eine praktische Anwendung des elektrome-chanischen Ernteverfahrens unter gewissen Voraussetzungen zwar möglich ist, ent-scheidende Vorteile gegenüber anderen Erntetechniken derzeit jedoch nicht erkenn-bar sind.

Literaturverzeichnis

1. ANONYM, 1973: Weinlese mit Traubenpflücker. VDI-Nachrichten Nr. 3, 10.
2. BÄCKER, G., 1976: Untersuchungen über die Möglichkeit der Anwendung eines elektrome-chanischen Trennverfahrens bei der Weintraubenernte. Forschungsber. Agrartech. MEG H. 9.
3. BROWN, J. H., DAVIDSON, R. W. and SKAAR, C., 1963: Mechanism of electrical conduction in wood. *Forrest Prod. J.* 13, 455—459.

4. CALDER, F. W., MACLEOD, L. B. and HAYDEN, R. J., 1966: Electrical resistance in Alfalfa roots as affected by temperature and light. *Can. J. Plant Sci.* **46**, 185—193.
5. HEARLE, J. W. S., 1953: The electrical resistance of textile materials. *Theory. J. Text. Inst.* **44**, 177—188.
6. KREBB, K., 1966: Die Registrierung des Wasserzustandes über die elektrische Leitfähigkeit der Blätter. *Ber. Dt. Bot. Ges.* **79**, 150—162.
7. MOHSEENIN, N. N., 1970: Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach, New York, London, Paris.
8. MOSER, E., 1969: Mechanisierung der Traubenernte. *Vitis* **8**, 314—324.
9. — — —, 1971: Bestimmung physikalischer Stoffkennwerte für die mechanische Traubenernte. *Vitis* **10**, 222—236.
10. PLIQUETT, F., 1969: Biophysikalische Untersuchungen von Zellen und Geweben durch passive elektrische Verfahren. In: BIERER, W.: Fortschritte der experimentellen und theoretischen Biophysik **11**, 9—57. Thieme-Verlag, Leipzig.
11. RÜHLIG, E. und LAUE, R., 1963: Impedanzmessungen im Rahmen transpirationsphysiologischer Untersuchungen. In: BIERER, W.: Physikalische Grundlagen der Biophysik **3**, 86—112. Leipzig.
12. RÜHLING, W., 1976: Mechanisierte Traubenernte, Aussichten und technische Lösungen. *Wein-Wiss.* **31**, 179—196.
13. SCHNELLE, F., 1963: Frostschutz im Pflanzenbau, Bd. I. BLV-Verlag, München.

Eingegangen am 2. 5. 1977

Dr. G. BÄCKER

Inst. Tech., FA f. Weinbau, Gartenbau,
Getränketechnol. u. Landespflege
6222 Geisenheim

Prof. Dr.-Ing. E. MOSER

Inst. Agrartech., Univ. Hohenheim
7000 Stuttgart 70

Prof. Dr. W. RÜHLING

Inst. Tech., FA f. Weinbau, Gartenbau,
Getränketechnol. u. Landespflege
6222 Geisenheim