

## Biochemisch-physiologische Untersuchungen an Traubenbeeren

### II. Verteilung und Veratmung von zugeführten $^{14}\text{C}$ -Verbindungen

von

F. DRAWERT und H. STEFFAN

Wie bei vielen anderen Früchten ist auch die Reifung der Beeren der Rebe durch einen lebhaften Säure-Zucker-Stoffwechsel gekennzeichnet. Die titrimetrische Acidität steigt im Verlauf des Beerenwachstums an und fällt während der Periode der Reifung wieder ab. Als Beginn der Reifung wird im allgemeinen das Maximum der Säurekurve bezeichnet (Abb. 1), häufig erkennbar an einer Änderung der Färbung; gleichzeitig steigt die Konzentration der Zucker an. Dieser mit dem Umbiegen der Säurekurve zusammenfallende Beginn der Phase der Reifung scheint auch sonst ein recht entscheidender Abschnitt im Beerenwachstum zu sein, denn nach L. GENEVOIS (1) hört etwa zu diesem Zeitpunkt die Vermehrung der Zellzahl auf; ein weiteres Wachstum wird von ihm allein durch Zellvergrößerung erklärt. Die zeitliche Lage

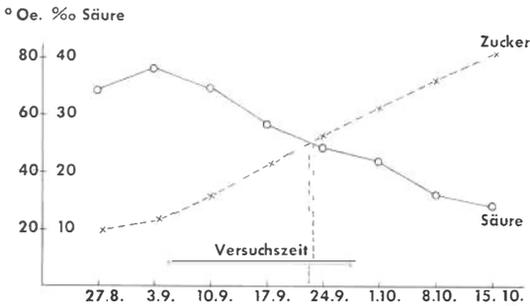


Abb. 1: Reifungskurven des für die Versuche verwendeten Riesling 90/wurzelecht.  
°Oe = Zucker in Grad Oechsle;  $\frac{0}{100}$  Säure als Weinsäure.

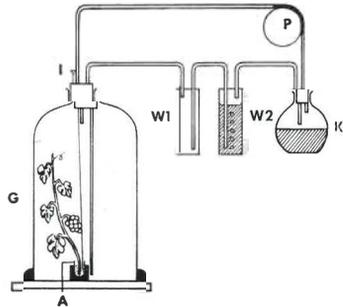


Abb. 2: Versuchsordnung.  
G = Glasglocke, A = Aufnahmegefäß, I = Injektionsnadel, W<sub>1</sub> = Sicherheitswaschflasche, W<sub>2</sub> = Waschflasche mit Kalilauge, K = Kolben mit gesättigter Natriumchloridlösung, P = Umlaufpumpe.

und die Höhe des Säuremaximums hängen von der Rebensorte und stark von den Umwelteinflüssen ab. Stellt man den Verlauf der Säureab- und der Zuckerzunahme im Verlauf der Beerenreifung graphisch dar, so entstehen sog. Reifungskurven mit einem Schnittpunkt. Wie von B. HUSFELD (2, 3) ausführlich beschrieben wurde, bringen die Reifungskurven — in einem geeigneten Bezugssystem dargestellt — zusammen mit den Schnittpunkten gewisse Leistungseigenschaften von Rebensorten zum Ausdruck. Frühreife Sorten haben z. B. einen zeitlich frühen Schnittpunkt; ist die Lage dabei noch hoch, so besagt dies, daß schnell und intensiv Zucker aufgebaut

werden. Unter bewußtem Verzicht auf physiologische Fragestellungen entstehen so Arbeits- und Richtwerte, die für züchterische Sortenvergleiche gut geeignet sind. Die Säuren bestehen zu etwa 90% aus L-Äpfel- und D-Weinsäure, die Zucker vorwiegend aus Glucose und Fructose.

Durch eingehende Untersuchung der freien Aminosäuren im Beeren-saft während der Reifung stellten wir fest, daß zu Beginn der Reifung nur wenige Aminosäuren neben primitiven Stickstoffverbindungen vorliegen, und daß im weiteren Verlauf der Reifung je nach Sorte und Jahrgang (Umweltbedingungen) sowohl die Zahl der Aminosäuren als auch deren Konzentration steigt. Wird der Zustand der „physiologischen Reife“ erreicht, was nur bei den Beeren bestimmter Rebsorten der Fall war (Geilweilerhof), dann erreichen die Summen aller Aminosäuren optimale Konzentrationswerte, die bislang ansteigenden Kurven treten in ein „Plateau“ ein (4). Da die Konzentration der freien Aminosäuren im allgemeinen aber auch ein Maß für den höher organisierten N-Stoffwechsel (Eiweiße, Fermente) ist und zu Beginn der Reifung, wie gesagt, nur wenige Aminosäuren vorliegen, ist der Schluß berechtigt, daß die Enzymausstattung der Beeren zu Beginn der Reifung gering ist. Diese Feststellung deckt sich mit den Ausführungen von J. WOLF (5), der zusammenfassend folgert, daß z. B. kurz nach dem Fruchtansatz die Frucht in ihrer enzymatischen Ausstattung dem Blatt ähnelt. Sie wird deshalb (s. WOLF) die einzelnen Säuren in einem ähnlichen Verhältnis produzieren wie das Blatt. Im Verlauf der Beerenentwicklung ist mit der weiteren Differenzierung auch die Ausbildung eines fruchteigenen Stoffwechsels verbunden. Es ist also damit zu rechnen, daß je nach Entwicklungszustand der Beeren sowohl Stoffe in die Beeren einströmen (Assimilate und Folgeprodukte) als auch in ihr gebildet werden, und daß sich diesem Geschehen (mit fortschreitender Reifung) in zunehmendem Maße enzymatische Umwandlungsprozesse überlagern.

Um ein zutreffendes physiologisches und biochemisches Bild der Reifungsvorgänge zu bekommen sind zunächst die Entstehungsorte (Bildungsorte) der mengenmäßig in der Beere überwiegenden Stoffe Säuren und Zucker von Belang und sodann deren Stoffwechsel.

Als Bildungsorte für Säuren und Zucker kommen wohl alle assimilierenden Teile der Rebe in Betracht. M. A. AMERINE (6), E. PEYNAUD und A. MAURIÉ (7) sowie L. GENEVOIS (1) folgern aus Analysendaten, daß Äpfel- und Weinsäure bevorzugt in den Blättern gebildet werden und von dort aus in die Beeren einwandern. Die Abnahme der Säuren im Verlauf der Beerenreife wird von AMERINE und PEYNAUD durch Veratmung erklärt. Während der Beerenreife nimmt die Äpfelsäure in den Beeren im allgemeinen stetig ab — die Weinsäure weniger stark — wogegen in den Blättern die Äpfelsäure ansteigt und die Weinsäure abnimmt (Mai-Oktober). PEYNAUD und AMERINE folgern, daß Äpfel- und Weinsäure in Beeren bevorzugt veratmet werden. Wie wir heute wissen, ist der Anteil der Säuren am Atmungsstoffwechsel nur ein begrenzter Teil des Gesamtstoffwechsels, wenn man Zulieferung, Eigensynthese und vor allem die Umwandlung z. B. in Zucker (8) berücksichtigt. Nach GENEVOIS geht die Säureanreicherung in den Beeren solange vor sich, bis das Größenwachstum beendet ist. J. CARLES und A. ALQUIER-BOUFFARD (9) fanden, daß die Äpfelsäure Anfang August ein Konzentrationsmaximum in den Blatträndern aufweist, mit abnehmender Tendenz über Blattstiele, Holz, Trauben- und Beerenstiele zu den Traubenkernen. Die Weinsäure hingegen soll gleichzeitig ihre maximale Konzentration im Holz haben und zum Blattrand und den Kernen hin abnehmen. Nach J. DELMAS und Mitarb. (10) beträgt bei jungen Rebenblättern der Anteil der

Äpfelsäure etwa 25% und der der Weinsäure etwa 50% der organischen Gesamtsäure mit einem erheblichen Anteil von Oxalsäure. Im weiteren Verlauf gleichen sich die Konzentrationen der Äpfel- und Weinsäure einander an (etwa 50 : 50). Die Oxalsäure verschwindet weitgehend. Als weiteren Ort der Säurebildung bzw. Speicherung geben G. RIBÉREAU-GAYON (11) und J. CARLES (9) Stamm und Wurzel der Rebe an.

Bezüglich des Ortes der Säurebildung und der Translokation sind Versuche mit  $^{14}\text{C}$ -Verbindungen besonders aussagekräftig. H. A. STAFFORD und F. A. LOEWUS (12) ließen isolierte Rebenblätter  $^{14}\text{CO}_2$  assimilieren und fanden 76–90% der Gesamtaktivität in der Äpfelsäure und nur 0,1% in der Weinsäure. G. und P. RIBÉREAU-GAYON (13) führten Blättern und Beeren (20. 7. 62; 30 Tage nach der Blüte; Cabernet-Sauvignon)  $^{14}\text{CO}_2$  und  $^{14}\text{C}$ -Glucose (uniform markiert) zu. Im  $^{14}\text{CO}_2$ -Versuch wurden Blätter und Beeren nach einer Expositionszeit von 2 bzw. 15 h auf die Fraktionen Neutralstoffe (Zucker), Aminosäuren und organische Säuren aufgearbeitet und die Radioaktivität der einzelnen Fraktionen gemessen. In den Blättern betrug das Verhältnis der Aktivitäten in den 3 Fraktionen nach 2 h 100 : 2 : 10, nach 15 h 27 : 1 : 4; in den Beeren 9 : 0,5 : 1 bzw. 15 : 1 : 4. Aus den Verhältniszahlen ist zu ersehen, daß neben Säuren beträchtliche Mengen an Neutralstoffen während der Versuchsdauer von 2 h in den Blättern gebildet werden, die wie die anderen gebildeten Stoffe entweder abwandern oder veratmet werden. Für die Abwanderung spricht die zeitliche Abnahme der Aktivität in den 3 Fraktionen der Blätter; auch die applizierte  $^{14}\text{C}$ -Glucose wird in allen 3 Fraktionen wiedergefunden.

Aus den Versuchen von RIBÉREAU-GAYON geht hervor, daß Blätter Bildungsort von Säuren und Zucker unter den angegebenen Bedingungen sind. Einen wesentlichen Beitrag zur Klärung der Frage, inwieweit die Beere selbst Syntheseort sein kann, erbrachte C. R. HALE (14). Er führte den Blättern unmittelbar über einer Traube  $^{14}\text{CO}_2$  zu und unterband den Phloemtransport 11 h nach Versuchsbeginn durch Ringelung. Von diesem Zeitpunkt an stieg die Radioaktivität der Säurefraktion innerhalb 37 h von 11 auf 28%, wobei die Äpfelsäure von 62 auf 73% und die Weinsäure von 13 auf 15% anstieg. Diese Versuche zeigen klar, daß sowohl die Blätter als auch die Beeren Syntheseort für Säure sind. Nachgewiesen ist ferner die Synthese von Zuckern in den Blättern. Wir selber fanden, daß die Beeren u. a. zur Synthese von Zuckern befähigt sind (8).

Weit weniger als über Bildungsorte ist über den Stoffwechsel der Säuren und Zucker bekannt. Neben den schon im Zusammenhang mit den Bildungsorten erwähnten Fakten weisen Ergebnisse von C. GERBER (15) aus dem Jahre 1897 darauf hin, daß Säuren am Atmungsstoffwechsel beteiligt sind. Verschiedene Vermutungen, wie Säuren in Zucker oder Zucker in Säuren übergehen könnten, hat J. WOLF (5) zusammenfassend dargestellt.

Von den möglichen Reaktionspartnern Äpfelsäure, Weinsäure, Glucose und Fructose wählten wir in einer ersten Versuchsreihe Weinsäure und Glucose aus. Die Weinsäure deshalb, weil sie als Metabolit kaum bekannt ist und von ihr vorderhand angenommen werden kann, daß sie auf andere Art und Weise am Stoffwechsel teilnimmt wie die als Metabolit bekannte Äpfelsäure. Um nun Aussagen über die grundsätzlich möglichen Stoffwechselwege zu bekommen, führten wir  $^{14}\text{C}$ -Weinsäure und  $^{14}\text{C}$ -Glucose und vergleichsweise  $^{14}\text{C}$ -Glutaminsäure und  $^{14}\text{C}$ -Acetat durch die Schnittstellen von traubentragenden Trieben und von Trauben zu und untersuchten die Verteilung der Radioaktivität gemäß Tabelle 1. Die Versuche wurden so ange-

Tabelle 1  
Zugeführte  $^{14}\text{C}$ -Verbindungen und die prozentuale Verteilung der Radioaktivität

Verteilung von $^{14}\text{C}$	1,4- $^{14}\text{C}$ -Wein- säure <sup>1)</sup>	$^{14}\text{C}$ -Glucose (U) <sup>2)</sup>	$^{14}\text{C}$ -Glutamin- säure (U) <sup>3)</sup>	1- $^{14}\text{C}$ -Acetat <sup>4)</sup>
<b>Trieb mit Traube</b>				
Blätter	15,8	4,2	5,6	1,1
Blattstiel und Sproßachse	43,0	14,4	15,5	20,0
Beerenstiele	8,2	6,0	5,0	6,9
Beerenrückstände	0,2	4,3	12,8	2,5
Beerenextrakte	9,9	39,5	6,6	6,5
Atmungs- $\text{CO}_2$	23,0	31,6	54,5	63,0
<b>Traube</b>				
Beerenstiele	57,8	27,2	12,5	17,5
Beerenrückstände	0,8	4,3	4,0	9,2
Beerenextrakte	10,4	55,0	30,0	12,3
Atmungs- $\text{CO}_2$	31,0	13,5	53,5	61,0

<sup>1)</sup> CFA 165; <sup>2)</sup> CFB 2; <sup>3)</sup> CFB 10; <sup>4)</sup> CFA 229; Radiochemical Centre, Amersham, Buckinghamshire, England.

Pro Versuch Trieb mit Traube wurden 0,1 mC, pro Traubenversuch 0,05 mC zugeführt.

setzt, daß auch Maßzahlen für die Veratmung der aufgenommenen  $^{14}\text{C}$ -markierten Verbindungen gewonnen werden konnten. Damit ergeben sich auch Zahlenwerte für die sog. biologischen Halbwertszeiten der einzelnen Substanzen unter den experimentellen Bedingungen.

### Beschreibung der Versuche

Die Versuchsanordnung (Abb. 2) besteht aus einer etwa 35 cm hohen Glasglocke von ca. 10 l Inhalt mit einem nach oben offenen Tubus. Dieser ist mit einem doppelt durchbohrten Gummistopfen verschlossen, durch den zwei Glasrohre und eine Injektionsnadel gehen. Ein Glasrohr reicht bis zum Boden der Glocke, das andere endet im oberen Teil des Gefäßes. Die Glasglocke selbst steht auf einer ebenen Glasplatte, die zur Abdichtung mit Talg bestrichen ist. Nach dem Aufsetzen der Glocke wird der Rand von außen nochmals mit Talg gedichtet. Das bis zum Boden reichende Glasrohr ist mit einer leeren Vorschaltflasche und einer Waschflasche verbunden, die mit 20%iger KOH gefüllt ist (100 ml). Daran angeschlossen ist ein Kolben mit einer NaCl-Suspension zur Aufrechterhaltung der Luftfeuchtigkeit. Die Anordnung wird über eine Pumpe in Kreislauf geschaltet.

Als Versuchsmaterial wurde Riesling 90 wurzelecht, Standort Steigert 11 (Geilweilerhof), verwendet. Es wird jeweils ein dekapitierter Trieb ausgewählt, der 2 Trauben trägt, die nahe beieinander hängen, und der unterhalb der Traube ein Blatt und oberhalb dieser drei Blätter trägt. Der Trieb wird unter Wasser abgeschnitten, 3–4 h dunkel adaptiert und danach in die Lösung der radioaktiv markierten Substanz in der beschriebenen Versuchsanordnung eingesetzt. Die eine Traube ist abgeschnitten und in einer zweiten, gleichen Versuchsanordnung mit derselben  $^{14}\text{C}$ -Verbindung behandelt worden. Anstelle der 10-l-Glasglocke tritt hierbei ein

Wittscher Topf von ca. 1,5 l Inhalt. Die Injektionsnadel reicht bis in das Gefäß der aktiven Lösung, damit im Verlauf des Versuches Wasser nachgefüllt werden kann. Die Versuchsreihe lag in der Zeit vom 4. 9. — 26. 9. 1962. Die entsprechenden Daten der Traubenreife sind aus Abb. 1 ersichtlich. Nach dem Einbringen der Versuchspflanzen wurden die Gefäße verdunkelt. Das Luftvolumen wird durch die Pumpe laufend umgewälzt und das von den Pflanzen ausgeatmete Kohlendioxid in der Kaliumhydroxidlösung absorbiert. Im Abstand von 6 bzw. 12 h werden Proben von je 10 ml zur Bestimmung der Radioaktivität aus der KOH entnommen. Die Versuche liefen jeweils 64 h. Während dieser Zeit betrug die Temperatur innerhalb der Glasglocken 26–28° C und die Luftfeuchtigkeit 65–70%.

**Aufarbeitung:** Nach Beendigung des Versuches werden Trieb mit Traube und Traube aus der Lösung genommen und die Eintauchstelle (Schnittstelle) des Stengels gut abgespült. Blätter und Traube werden abgeschnitten und von den Trauben die Beeren entfernt. Nach dem Zerschneiden der Stengel und Traubentriebe werden sie, ebenso wie die Blätter, in einer Reibschale mit flüssigem Stickstoff übergossen und verrieben. Anschließend läßt man die Proben im Vakuumexsikkator über Phosphorpentoxid trocknen. Die Beeren werden mit 20 ml 5%iger Trichloressigsäure und 10 ml Äthanol homogenisiert (Bühler Homogenisator). Nach Zentrifugieren und mehrmaligem Nachwaschen des Sedimentes mit destilliertem Wasser wird in Bodensatz und Überstand (Extrakt) getrennt. Beide Fraktionen läßt man gefriertrocknen. Der getrocknete Extrakt wird in 50 ml Wasser aufgenommen und zur Gruppentrennung auf Wofatit Ionenaustauscher gegeben. Dabei werden auf dem sauren Kationenaustauscher KPS<sup>1)</sup> (H<sup>+</sup>-Form) die Aminosäuren, und auf dem nachgeschalteten basischen Anionenaustauscher L 150<sup>1)</sup> (OH-Form) die Carbonsäuren festgehalten. Im Auslauf befinden sich Neutralstoffe (Zucker). Die Elution der Aminosäuren erfolgt mit 2n-HCl, die der Carbonsäuren mit 0,5-NaOH. Über das Verfahren zur Gruppentrennung berichten wir gesondert (16). Das von den Pflanzen und Beeren veratmete Kohlendioxid läßt sich in der Kalilauge titrimetrisch bestimmen.

**Messung der Radioaktivität:** Die aus den Blättern, Stengeln und Beerenrückständen gewonnenen Trockenpulver werden nach der Kolbenverbrennungsmethode (17) im sauerstoffgefüllten Kolben verbrannt und das CO<sub>2</sub> in Methanol/Äthylamin (15/85) absorbiert. Die Messung erfolgte wie beschrieben (18) mit Hilfe eines Flüssigkeits-Szintillationszählers<sup>2)</sup>. Die Kalilauge mit den absorbierten Veratmungs-CO<sub>2</sub> wird in aliquoten Proben in Zersetzungsröhrchen eingetrocknet. Nach Zersetzung des bei Trocknung zurückbleibenden Gemisches KOH/K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> mit Phosphorsäure in einer speziellen Apparatur (17) wird <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> in ein Gasfüllzählrohr überführt und die Radioaktivität wie beschrieben gemessen.

### Ergebnisse und Diskussion

Die Versuche wurden im Dunkeln durchgeführt, um insbesondere festzustellen, in welchem Umfang Weinsäure und Glucose vergleichsweise veratmet werden, und, um die Verteilung der zugeführten <sup>14</sup>C-Verbindungen ohne Störung durch Photosyntheseprozesse, besonders Rückassimilation von <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>, prüfen zu können. Die

<sup>1)</sup> Wofatite der Fa. Agfa, Wolfen, der wir für die Überlassung des Materials danken.

<sup>2)</sup> Herrn Dr. K. H. SCHWEER, Inst. f. Radiochemie, Kernforschungszentrum Karlsruhe, danken wir für die Überlassung der Meßapparatur und für seine Unterstützung bei der Durchführung der Messungen.

Versuchstemperatur von 26–28° C wurde gewählt, weil bekannt ist, daß steigende Temperaturen den Abbau von organischen Säuren fördern und Zucker „schont“. Unterhalb 20° soll Zucker als hauptsächlichliches Atmungssubstrat dienen. Mit steigenden Temperaturen wird dann die Äpfelsäure bevorzugtes Atmungssubstrat; um 30° beginnt auch eine nennenswerte Veratmung der Weinsäure (vgl. J. WOLFF [5]). Wie aus Abb. 1 zu ersehen ist, liegt der Beginn der Versuchsreihe zu Anfang der Traubenreife und erstreckt sich etwa bis zur Mitte.

Die Ergebnisse (Tabelle 1) zeigen, daß in den Versuchen mit traubentragenden Trieben die aufgenommene Weinsäure sich stärker in den Blättern, Blattstielen und in der Sproßachse anreichert als im Beerenextrakt. Die Glucose dagegen wandert bevorzugt in die Beeren ein. Dieselbe Verteilung wird in den Versuchen mit isolierten Trauben festgestellt. Das hohe Maß der Anreicherung von Weinsäure in der Sproßachse, in den Blatt- und Traubenstielen läßt auf eine Speicherfunktion dieser Teile für Weinsäure schließen. Dieses Ergebnis steht in Übereinstimmung mit Befunden von PEYNAUD und MAURIE (19), wonach mit fortschreitender Reife die Säure nur im Fruchtfleisch schwindet, in den Hülsen und Stielen dagegen zunimmt.

Die Atmungswerte zeigen, daß Glucose von den Beeren der Traubenversuche nur halb so stark veratmet wird wie von dem traubentragenden Trieb. Die Weinsäure hingegen wird von der isolierten Traube in stärkerem Maße veratmet als vom Trieb. Weinsäure ist demnach unter den experimentellen Bedingungen gegenüber Glucose bevorzugtes Atmungssubstrat der Beeren.

<sup>14</sup>C-Glutaminsäure und <sup>14</sup>C-Acetat werden entsprechend der Rolle dieser Substanzen als Metabolite relativ stark veratmet. Der Aktivitätsanteil von 30% der aufgenommenen Glutaminsäure in der Fraktion Beerenextrakt des Traubenversuches besteht nur zum Teil aus Glutaminsäure selbst. Wie die Gruppentrennung in die Fraktionen Aminosäuren, organische Säuren und Neutralstoffe (Zucker) ergeben hat, sind Aktivitäten in allen drei Gruppen vorhanden. Dies trifft auch für andere Extraktwerte zu. Hierüber wird im Zusammenhang gesondert berichtet.

Die zu den Versuchen Trieb mit Traube gehörenden Atmungskurven (Abb. 3) lassen erkennen, daß Weinsäure nach Art einer linearen Funktion langsam und stetig veratmet wird. Dies kann mit der genannten Speicherung zusammenhängen. Der Hauptteil der Glucose, die veratmet wird, erscheint schon nach ca. 10 h als CO<sub>2</sub>. Dies kann mit einer rascheren Translokation der Glucose zusammenhängen. Ähnlich rasch gelangt der Anteil von Glutaminsäure und Acetat zur Veratmung.

Aus den Atmungswerten ergeben sich Anhaltspunkte für die biologischen Halbwertszeiten<sup>3)</sup> der zugeführten Verbindungen unter den experimentellen Voraussetzungen. Sie liegen für Acetat und Glutaminsäure in den Versuchen Trieb mit Traube und isolierte Traube bei 51 bzw. 53 h. Für Glucose und Weinsäure im Versuch Trieb mit Traube bei 100 bzw. 140 h. In den isolierten Trauben dagegen ergeben sich biologische Halbwertszeiten von ca. 250 h für Glucose und ca. 100 h für Weinsäure.

Die hier dargestellten Versuche bringen zum Ausdruck, daß die Traubenbeeren selbst über einen intensiven Stoffwechsel verfügen. In weiteren Berichten wird dargestellt, in welche Folgeprodukte die zugeführten <sup>14</sup>C-Verbindungen umgewandelt werden.

<sup>3)</sup> Die Zeit, in der die Hälfte der zugeführten Verbindung umgesetzt ist.

**Zusammenfassung**

<sup>14</sup>C-Weinsäure, <sup>14</sup>C-Glucose, <sup>14</sup>C-Glutaminsäure und <sup>14</sup>C-Acetat wurden Trieben mit je 4 Blättern und einer Traube und parallel dazu je einer Traube durch die Schnittstellen zugeführt.

Nach 64 h Versuchsdauer im Dunkeln unter konstanten Bedingungen erfolgte eine Aufteilung des Materials in Blätter, Blattstiele und Stängel, Beerensiele und Beeren, wobei die Beeren zusätzlich in Beerenrückstände und Beerenextrakt unterteilt wurden. Die Bestimmung der Radioaktivität der Teile ist nach entsprechender Aufarbeitung, die des Atmungskohlendioxids nach Absorption vorgenommen worden.

Alle zugeführten <sup>14</sup>C-Verbindungen werden mehr oder weniger stark veratmet, wobei Unterschiede auftreten zwischen dem Trieb mit Traube und der demselben Trieb entstammenden isolierten Traube. Während der Trieb mit Traube mehr <sup>14</sup>C-Glucose veratmete als die isolierte Traube, lagen die Verhältnisse bei der Weinsäure umgekehrt. <sup>14</sup>C-Glutaminsäure und <sup>14</sup>C-Acetat werden entsprechend ihrer Rolle als Metabolite verhältnismäßig stark veratmet. Neben der prozentualen Verteilung der Radioaktivität über die verschiedenen Teile ergaben sich Hinweise auf die biologischen Halbwertszeiten der zugeführten Verbindungen.

Herrn Professor Dr. B. HUSFELD danken wir für die Förderung unserer Arbeiten und für anregende Diskussionen. Die Untersuchungen wurden mit Förderungsmitteln des Bundesministeriums für wissenschaftliche Forschung unterstützt.

**Literaturverzeichnis**

1. GENEVOIS, L.: Formation et évolution physiologique des acides organiques dans les raisins. Rev. Vitic. 88, 103—121, 382—447 (1938).
2. HUSFELD, B.: Aussichten auf Qualitätsreben bei der Resistenzzüchtung. Dt. Weinbau 7, 539—540 (1952).
3. — : Reben. Handb. Pflanzenzüchtung, 2. Aufl., 6, S. 756. Verlag Parey, Berlin 1962.
4. DRAWERT, F.: Biochemisch-physiologische Untersuchungen an Traubenbeeren. Das Verhalten der Aminosäuren während der Reifung und der Zucker nach Einfrieren der Beeren. Vitis 4, 49—56 (1963).
5. WOLF, J.: in W. RUHLAND: Handb. Pflanzenphysiologie 12/2, S. 720, Springer-Verlag, Heidelberg 1960.
6. AMERINE, M. A.: The maturation of wine grapes. Wines and Vines 37, 27—38 (1956).

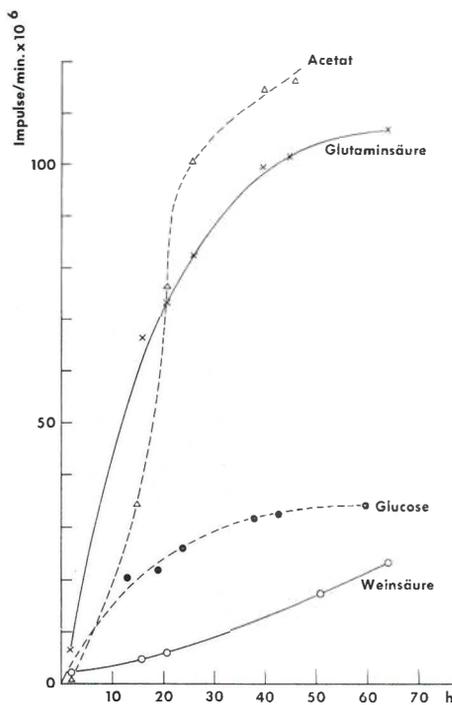


Abb. 3: Die Veratmungsgeschwindigkeit markierter Verbindungen, gemessen am <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft. Übersicht über vier Einzeluntersuchungen.

7. PEYNAUD, E. et A. MAURIÉ: Synthesis of tartaric and malic acids by grape vines. *Amer. J. Enol.* **9**, 32—36 (1958).
8. DRAWERT, F., H. STEFFAN, K. ALLMANN und O. BACHMANN: Bildung von  $^{14}\text{C}$ -Glucose und  $^{14}\text{C}$ -Fructose aus  $^{14}\text{C}$ -Weinsäure in reifenden Beeren der Rebe. *Naturwiss.* **49**, 159—160 (1962).
9. CARLES, J. et A. ALOUIER-BOUFFARD: Les acides organiques de la vigne et leurs gradients. *C. R. Acad. Sci. (Paris)* **254**, 925—927 (1962).
10. DELMAS, J., N. POITOU et B. LEVADOU: Séparation par chromatographie des principaux acides organiques dans la feuille de vigne. *Chim. Anl.* **45** (2), 1—3 (1963); *C. R. Acad. Sci. (Paris)* **253**, 1018 (1961).
11. RIBÉREAU-GAYON, G.: Sur la genèse des acides organiques dans la vigne. *C. R. Acad. Sci. (Paris)* **248**, 3606—3608 (1959).
12. STAFFORD, H. A. and F. A. LOEWUS: Fixation of  $^{14}\text{CO}_2$  into tartaric and malic acids of excised grape leaves. *Plant Physiol.* **33**, 155—158 (1958).
13. RIBÉREAU-GAYON, G. et P. RIBÉREAU-GAYON: Utilisation de  $^{14}\text{CO}_2$  et de glucose  $\text{U}^{14}\text{C}$  pour l'étude du métabolisme des acides organiques de *Vitis vinifera*. *C. R. Acad. Sci. (Paris)* **257**, 778—780 (1963).
14. HALE, C. R.: Synthesis of organic acids in the fruit of the grape. *Nature* **195**, 917—918 (1962).
15. GERBER, C.: Recherches sur la maturation des fruits charnus. *Ann. Sci. Nat. Bot.*, **S. 8**, 4, 1—277 (1896).
16. DRAWERT, F. und H. STEFFAN: *J. Chromatog.*, im Druck.
17. — — , A. RAPP, A. ZIEGLER, O. BACHMANN und H. STEFFAN: Schnellmethoden zur Bestimmung von  $^{14}\text{C}$ -Verbindungen in der Gasphase. *Chem.-Ing.-Techn.* **35**, 853—855 (1963).
18. MILOSAVLJEVIĆ, M., F. DRAWERT, G. ALLEWELDT und K. H. SCHWEER: Die  $^{14}\text{CO}_2$ -Aufnahme von Pfropfbreben nach unterschiedlicher photoperiodischer Vorbehandlung. *Z. Naturforschg.*, im Druck.
19. PEYNAUD, E. et A. MAURIÉ: Evolution des acides organiques dans le grain de raisin au cours de la maturation en 1951. *Ann. Technol. Agric.* **2**, 83—94 (1953).

Eingegangen am 18. 3. 1965

Dr. F. DRAWERT  
Forschungs-Institut für Rebenzüchtung  
Geilweilerhof  
Siebeldingen, Landau/Pfalz