

# Ein Verfahren zur näherungsweise Berechnung des Fruchtvolumens bei Äpfeln

KL. ROEMER

Obstbauversuchsanstalt des Alten Landes in Jork

## A method for approximate calculation of fruit volume in apples

**Summary.** Growth rates of fruit volume can be determined more precisely by using the index  $h/\varnothing$  (length of fruit/diameter) than by simply calculating the volume of a sphere based on the measured diameter. Fruit volume is to be calculated by:  $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot K_v$ .

$K_v$  is the factor of deviation of fruit shape from a sphere.  $K_v$  is given for 4 different varieties with varying shape of fruits ('Echter Winterglockenapfel', 'Golden Delicious', 'Cox Orange Pippin' and 'Ingrid Marie'). The increase in volume of any group of apples within one variety or of different varieties can be compared by means of the specific regression of  $h/\varnothing$  to  $K_v$ .

In Untersuchungen über das Wachstum von Apfelfrüchten am Baum legt man häufig Wert auf eine genaue Bestimmung des Fruchtvolumens, um in Meßreihen die täglichen Größenveränderungen am Baum befindlicher Früchte berechnen zu können. Die direkte Messung dieser Größe nach dem Prinzip der Wasserverdrängung ist von JENSEN (1948, 1949) und von SKREBA (1958) versucht worden, sie ist aber zu umständlich und in vielen Fällen überhaupt nicht anwendbar. Meist berechnet man aus dem gemessenen Wert für den Durchmesser der Frucht das Volumen einer Kugel gleichen Durchmessers (BATJER und Mitarb. 1957; HARLEY u. MASURE 1938; LJONES 1951; ROEMER 1963a; STENZ 1962; TUKEY 1956, VERNER 1938). Diese Methode hat den Nachteil einer starken Vereinfachung, sie ergibt infolgedessen nur eine rohe Annäherung an den tatsächlichen Wert, große Abweichungen, deren Ausmaß und Richtung (positiv oder negativ) unbekannt sind, müssen in Kauf genommen werden. Immerhin lassen sich diese Daten nach Durchmesserwerten tabellieren und ersparen so langwierige Rechnungen.

Es wurde daher nach einer Möglichkeit gesucht, das Fruchtvolumen aus leicht erhältlichen Werten (Durchmesser und Höhe der Frucht), bei einer möglichst guten Annäherung an die aus Messungen bekannten Volumina, zu berechnen. Diese Werte für das Fruchtvolumen ergeben sich bei der Bestimmung des spezifischen Gewichtes nach der bei LUSIS (1958) beschriebenen Methode, die mit dem Ziel aufgegriffen wurde (ROEMER 1963b), einen Korrekturfaktor für die Abweichungen einzelner Sorten von der Kugelform in die Volumberechnung einzuführen.

## Material und Methodik

Als Repräsentanten unterschiedlicher Fruchtformen wurden vier Apfelsorten für die folgenden Berechnungen ausgewählt: 'Ingrid Marie', 'Cox Orangen Renette', 'Golden Delicious' und 'Weißer Winterglockenapfel' (Glockenapfel). Neben reifen Früchten unmittelbar nach der Ernte wurden auch Früchte im zweiten Teil der Wachstumsperiode ab Anfang August für die Untersuchung verwendet. Für 'Golden

Delicious' und 'Glockenapfel' liegen spezifische Gewichtsbestimmungen an Entwicklungsreihen (Fruchtwichte ab 8 g) aus mehreren Jahren vor, die getrennt ausgewertet wurden. Für einen Teil der Sorten liegen Werte seit 1959 vor, so daß eventuell jahgangsbedingte Unterschiede in dem Material enthalten sind. Die Fruchtform wurde allein durch den Fruchtformindex  $h/\varnothing$  ( $h$  = gemessene mittlere Höhe der Frucht;  $\varnothing$  = mittlerer Durchmesser) erfaßt, die sorteneigentümliche Fruchtgestalt, wie Ausbildung der Kelch- und Stielgrube sowie der Verlauf der Umrißlinien der Frucht, blieben außer acht. Für das Fruchtvolumen wurde ein Korrekturfaktor,  $K_v$ , berechnet:

$$K_v = \frac{\text{gemessenes Volumen } V_g}{\text{berechnetes Volumen } V_b}$$

Das gemessene Volumen ergibt sich aus:

$$V_g = \frac{A}{d}$$

worin  $A$  der nach LUSIS (1958) gemessene Auftrieb,  $d$  = spezifisches Gewicht des Wassers bei der entsprechenden Temperatur ist. Das berechnete Volumen:

$$V_b = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

Das gesamte Material wurde, getrennt nach Sorten, in Korrelationstabellen zusammengefaßt, die für den Fruchtformindex und den Volumkorrekturfaktor Klassen von 0,02 bzw. 0,04 Einheiten — als dimensionslose Größen — Breite aufwiesen. Aus diesen Tabellen wurden die Mittelwerte, Streuung  $s$ , Korrelationskoeffizienten  $r$  und die Regression vom Korrekturfaktor  $K_v$  auf den Fruchtformindex  $h/\varnothing$  berechnet.

## Ergebnisse

Die Tab. 1 (Spalte 1—7) gibt einen Auszug aus den Daten der Sorte 'Glockenapfel' für eine willkürlich herausgegriffene Gruppe von 15 Früchten wieder, die nach steigendem Fruchtformindex (Spalte 4) angeordnet wurden. In den Spalten 5 und 6 werden die Fruchtvolumina gegenübergestellt, wie sie sich nach der Berechnung aus dem Durchmesser ( $V_b$ , Spalte 5) und bei der Bestimmung des spezifischen Gewichtes ( $V_g$ , Spalte 6) ergeben. Durch Division erhält man für jede einzelne Frucht einen Korrekturfaktor,  $K_v'$  (Spalte 7), dessen Stellenwerte gleichzeitig die prozentuale Abweichung von  $V_b$  darstellen (z. B. 1,25: + 25%). Die Differenzen zwischen berechnetem und gemessenem Volumen steigen bei dieser Sorte mit der Zunahme des Fruchtformindex an und können + 30% übersteigen, sie sind zu groß, um nach der einfachen Berechnung erhaltene Volumina verschiedener Äpfel miteinander zu vergleichen.

Da sich der Korrekturfaktor mit der Fruchtform verändert, wurde die angeführte Korrelations- und Regressionsanalyse durchgeführt, deren Ergebnisse in den Tab. 2 und 3 zusammengefaßt werden.

Tabelle 1. Auszug aus einer Tabelle zur Berechnung des Fruchtvolumens für die Sorte 'Weißer Winterglockenapfel'.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lfd. Nr.	Fruchthöhe h in mm	Fruchtdurchmesser ϕ in mm	Fruchtformindex h/ϕ	Fruchtvolumen berechn. aus dem Durchm. $V_b = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$ in cm <sup>3</sup>	Fruchtvolumen gemessen bei spezifischer Gewichtsbest. $V_g = \frac{A}{0,998}$	Korrekturfaktor für Volumen $K_v' = \frac{V_g}{V_b}$	$K_v$ aus der Regression abgeleitet	Differenz der Spalten 8-7	Fruchtvolumen $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot K_v$
1	66,5	71,4	0,93	190,5	197,0	1,03	1,01	-2%	192,4
2	68,0	72,2	0,94	197,0	204,2	1,04	1,02	-2%	200,9
3	59,5	62,0	0,96	124,8	130,9	1,05	1,04	-1%	129,8
4	67,0	68,8	0,97	170,5	177,8	1,04	1,05	+1%	179,0
5	68,5	70,6	0,97	184,2	195,3	1,06	1,05	-1%	193,4
6	70,0	70,8	0,99	185,8	195,2	1,05	1,07	+2%	198,8
7	70,5	70,1	1,01	180,3	193,0	1,07	1,09	+2%	196,5
8	63,5	61,2	1,04	120,0	139,0	1,16	1,12	-4%	134,4
9	74,0	70,0	1,06	179,6	207,9	1,16	1,15	-1%	206,5
10	66,0	61,6	1,07	122,4	142,3	1,16	1,16	0%	142,0
11	81,0	73,9	1,10	211,3	249,9	1,18	1,19	+1%	251,4
12	80,5	71,0	1,13	187,4	229,2	1,22	1,22	0%	228,6
13	70,5	62,6	1,13	128,4	155,9	1,21	1,22	+1%	156,6
14	82,5	72,6	1,14	200,3	242,5	1,21	1,23	+2%	246,4
15	76,5	66,5	1,15	154,0	192,4	1,25	1,24	-1%	191,0
Summe				2536,5	2852,5	+12,5%			2747,7

Tabelle 2. Angaben zu den einzelnen Sorten.

	Echter Winterglockenapfel	Golden Delicious	Golden Delicious Entwickl.-Reihen	Cox Orangen-Renette	Ingrid Marie
Fruchtzahl n	397	747	162	231	398
Fruchtformindex Mittelwert h/ϕ	1,077	0,946	1,013	0,839	0,774
Streuung s	0,0679	0,0418	0,0641	0,0509	0,0270
Korrekturfaktor Mittelwert $K_v$	1,164	1,039	1,107	0,952	0,876
Streuung s	0,0791	0,0543	0,0765	0,0548	0,0302
Korrelationskoeffizient r	+0,874	+0,820	+0,885	+0,878	+0,867
Bestimmtheitsmaß $r^2$	0,77	0,67	0,78	0,77	0,75
Streuung um die Regressionsgerade (Mittelrestquadrat)	$10,50 \times 10^{-4}$	$9,64 \times 10^{-4}$	$12,38 \times 10^{-4}$	$6,98 \times 10^{-4}$	$2,25 \times 10^{-4}$

Der Fruchtformindex der Sorten unterscheidet sich deutlich, die am stärksten variable Fruchtform zeigt der 'Glockenapfel', während die Fruchtform bei 'Ingrid Marie' konstanter ist; entsprechendes gilt für den Korrekturfaktor. Der Korrelationskoeffizient r ist für alle Sorten positiv und hochsignifikant gesichert. Das Bestimmtheitsmaß r<sup>2</sup> beweist, daß die Veränderungen des Korrekturfaktors innerhalb einer Sorte zu rund 70% auf den Unterschieden der Fruchtform beruhen. Zu beachten ist die stärkere Streuung des Korrekturfaktors gegenüber dem Fruchtformindex, wahrscheinlich hervorgerufen durch die Unterschiede in der Fruchtgestalt sowie durch Unregelmäßigkeiten der Fruchtgestalt, die die Bestimmung der mittleren Höhe einer Frucht erschweren. Hieraus wird deutlich, daß durch die Einführung dieses Korrekturfaktors bei der Berechnung des Fruchtvolumens auch nur eine Annäherung an das tatsächliche Volumen erreicht werden kann.

Tabelle 3. Gleichungen der Regressionsgeraden.

	$y = \bar{y} + b(x - \bar{x})$
Echter Winterglockenapfel	$y = 0,060 + 1,024 x$
Golden Delicious	$0,032 + 1,064 x$
Entwicklungsreihen	$0,035 + 1,059 x$
Cox Orangen Renette	$0,158 + 0,948 x$
Ingrid Marie	$0,123 + 0,972 x$

Die Gleichungen für die Regressionsgeraden (Tab. 3) zeigen eine enge Verwandtschaft, die Gera-

den liegen dicht beieinander und ihr Anstieg weicht nur wenig von 45° ab. Das Ergebnis überrascht, weil die unterschiedliche Fruchtgestalt der Sorten nur einen geringfügigen Einfluß ausübte. Diese Tatsache und die Feststellung, daß auch die Entwicklungsreihen von 'Golden Delicious' und 'Glockenapfel' sich den entsprechenden Regressionsgeraden für reife Früchte anpassen, erlaubt eine für die Praxis wichtige Schlußfolgerung: Bei der Berechnung des Fruchtvolumens aus dem Durchmesser der Früchte wird auf Grund sortenspezifischer Regressionen ein Korrekturfaktor,  $K_v$ , verwendet:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot K_v$$

In dem oben angeführten Beispiel der Sorte 'Glockenapfel' (Tab. 1) werden in Spalte 8 die aus der Regressionsgleichung berechneten Werte für  $K_v$  und in Spalte 9 die Differenzen zu dem in Spalte 7 festgestellten Wert für  $K_v'$ , angegeben. Die Mehrzahl der Abweichungen liegt bei 1-2%, ein Wert, der als gute Annäherung zu betrachten ist. In Spalte 10 erscheinen die unter Verwendung des Korrekturfaktors berechneten Fruchtvolumina, die den gemessenen Werten erheblich näher kommen.

Ganz allgemein beeinflußt die Fruchtform die Richtung der Abweichungen; platte Früchte haben einen Faktor  $K_v < 1$ , für schlankere Früchte übersteigt  $K_v$  den Wert 1. Die Grenze ( $K_v = 1,00$ ) liegt für die hier betrachteten Sorten bei einem Fruchtformindex zwischen 0,88 und 0,92:

'Glockenapfel'	0,918
'Golden Delicious'	0,908
'Cox Orangen Renette'	0,885
'Ingrid Marie'	0,902.

Ein Vergleich mit den Sortenmittelwerten für den Fruchtformindex (Tab. 2) zeigt, daß bei 'Glockenapfel' und 'Golden Delicious' die Berechnung des Frucht volumens ohne Korrekturfaktor zu hohe, bei 'Cox Orangen Renette' und 'Ingrid Marie' zu niedrige Werte ergibt. Die sortencharakteristischen Unterschiede in der Fruchtgestalt kommen in den Werten für den Fruchtformindex der einzelnen Sorten, bei denen  $K_v = 1,00$  wird, zum Ausdruck.

#### Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung des Fruchtformindex  $h/\emptyset$  der einzelnen Frucht kann man den Volumenzuwachs beliebig zusammengesetzter Gruppen von Früchten an verschiedenen Bäumen vergleichen. Bei der Berechnung der Zuwachsraten des Frucht volumens braucht man nur Durchmesser und Höhe der Früchte zu kennen, um das tatsächliche Volumen in guter Annäherung zu berechnen. Die Daten der Regression des Korrekturfaktors für das Volumen ( $K_v$ ) auf den Fruchtformindex werden für vier Sorten stark unterschiedlicher Fruchtform angegeben. Das Volumen der Frucht wird nach folgender Formel berechnet:  $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot K_v$ . Vergleichende Untersuchungen über die Zuwachsrate verschiedener Sor-

ten können bei Verwendung der sortentypischen Regressionen durchgeführt werden.

#### Literatur

- BATJER, L. P., H. D. BILLINGSLEY, M. V. WESTWOOD and B. L. ROGERS: Predicting harvest size of apples at different times during the growing season. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70, 46–57 (1957).
- HARLEY, C. P., and M. P. MASURE: Relation of atmospheric conditions to enlargement rate and periodicity of Winesap apples. Journ. agric. Res. 57, 109–124 (1938).
- JENSEN, G.: Hvor hurtigt vokser æbler? Erhvervsfrugtavlren 14, 287–289 (1948).
- JENSEN, G.: Hvor stærkt vokser æbler? Erhvervsfrugtavlren 15, 216–218 (1949).
- LJONES, B.: Tilveksten hos eple. Meld. Norges Landbrukshøgskole 31, 309–340 (1951).
- LUSIS, E.: Untersuchungen über das spezifische Gewicht bei Äpfeln und Birnen. Arch. f. Gartenbau 6, 91–125 (1958).
- ROEMER, K.: Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf das Wachstum von Apfelfrüchten. Mitt. OVR Jork, Beih. 2 (1963a).
- ROEMER, K.: Zur Frage des spezifischen Gewichtes von Äpfeln als Eigenschaftsmerkmal. Der Züchter 33, 237–249 (1963b).
- SKREBA, V. S.: Die Bestimmung des Fruchtwachstums nach der Volumenmethode (russ.). Meteor. i. Gidrol. 3, 49 (1958). — Ref. in Agrarmeteor. Bibliogr. 1961; Nr. 505.
- STENZ, S.: Über die Fruchtgrößenveränderung einiger Apfelsorten und ihre Abhängigkeit von atmosphärischen Umweltbedingungen. Veröff. Inst. Agrarmet. K.-Marx-Univ. Leipzig 2, 60 pg. (1962).
- TUKEY, L. D.: Some effects of night temperature on the growth of McIntosh apples I. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 68, 32–43 (1956).
- VERNER, L.: A study of growth rates in Stayman Winesap apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 35, 128–131 (1938).

## Cytogenetics of autotetraploid sugar beets (*Beta vulgaris* L.)

### Part II: The type of numerical chromosome reproduction

MECHTILD ROMMEL

Estación Experimental de Aula Dei, Zaragoza

**Summary.** Variety seed samples, samples of eutetraploid plant progenies and samples of aneutetraploid or tetraploid population progenies were investigated for chromosome numbers. Genomal and chromosomal deviations from the artificially induced 4x genome level were encountered. Though deviations from the genome level were found to be exceptional, their impact on the reproduction of chromosome numbers may not be underestimated because sugar beets cross readily between genome levels. In general eutetraploid plants remained stable at the 4x genome level, but produced a high percentage of aneutetraploid plants. The chromosomal deviations on the 4x genome level ranged from -2 to +3 chromosomes. In cytogenetic terms chromosome reproduction of eutetraploid plants is characterized by incomplete selection pressure for euploidy. The type of chromosome reproduction differs from the diploid type in as much as eutetraploid plants do not precisely reproduce the chromosome number and gene content, fundamentals on which are based the Mendelian laws of inheritance. In propagation and selection of tetraploid sugar beets the mode of reproduction of chromosome numbers described has to be taken into account.

#### Introduction

Meiotic regularity, which results in progeny plants with the parental chromosome number is one of the fundamental characteristics of cytogenetics of diploid plants. As a result of the chromosome doubling in induced tetraploids the meiotic configurations necessarily will be different, but besides that may follow a regular pattern. Cytological studies of meiosis in

several induced autotetraploids such as sugar beet (SAVITZKY 1952, MOCHIZUKI 1953, FELTZ 1953, LINDE-LAURSEN 1964, BOSEMARK 1965), corn (RANDOLPH 1935), rye (O'MARA 1943, MÜNTZING 1951) or barley (ROSENDAHL 1944) demonstrated that this is not the case. Chromosome configurations and chromosome divisions were found to proceed in a highly unpredictable way, which results in the formation of gametes with deviating chromosome numbers. It depends from the viability or non-viability of these gametes if euploid chromosome reproduction will be complete or not.

In plant breeding, conservation and propagation of commercialised varieties are based upon the fact that seed parents reproduce themselves with respect to chromosome number, thus permitting to predict their qualities within the limits of Mendelian laws. These essentials will not come through as soon as plants produce progenies with deviating chromosome or genome numbers. In autotetraploid sugar beets, which are used already for commercialised seed production, and where meiotic instability is known to exist (ROMMEL 1965), little was known about the mode of numerical chromosome reproduction. After the number of aneuploids in some tetraploid varieties was found to be rather high (ROMMEL 1963) euploid and aneuploid plants were selected and their progenies investigated for chromosome numbers.