

Aus der Bundesforschungsanstalt für Rebenzüchtung Geilweilerhof

Beiträge zur refraktometrischen Methode der Mostgewichtsbestimmung

von

A. ARNOLD¹⁾

Seit den Arbeiten von BUXBAUM und GERUM (1932) wird die refraktometrische Methode der Mostgewichtsbestimmung wegen ihrer Einfachheit vielfach angewandt. Sie bietet überdies noch den Vorteil, daß man mit sehr geringen Substanzmengen arbeiten kann. Nun werden die Mostgewichte in der Regel in Oechslegraden angegeben, während optisch zunächst nur die Refraktion bestimmt wird. Diese Berechnungswerte werden im Zeiss'schen Eintauchrefraktometer durch eine 100teilige Skala ausgedrückt. Das Zeiss'sche Handzuckerrefraktometer bezieht die Refraktionswerte direkt auf Trockensubstanzgehalte, denen Rohrzuckerlösungen zu Grunde gelegt worden sind.

Die Beziehung zwischen den abzulesenden Refraktometerprozenten des Handzuckerrefraktometers und der in Oechsle gemessenen Rohrzuckerdichte stellt eine leicht nach oben gekrümmte Kurve dar. Die ihr zu Grunde liegenden Werte sind dem Tabellenwerk von Landolt-Börnstein, Band I, S. 463 entnommen worden. Da der Most in der Hauptsache eine Zuckerlösung darstellt, lag es nahe, das Handzuckerrefraktometer von Zeiss auch für die Konzentrationsermittlung bei Mosten zu verwenden. Für die Umrechnung der Refraktometerprocente in Oechslegrade mußte eine Beziehung gefunden werden, die den tatsächlichen Werten der Dichte, wie sie in abgekürzter Form in den Oechslegraden enthalten sind, gerecht wird. Die Auffindung dieses Zusammenhanges machte einige Schwierigkeiten. Von den verschiedenen Autoren wurde versucht, Umrechnungsfaktoren für die Errechnung der Oechslegrade aus den Refraktometerprozenten zu ermitteln. Alle wiesen zwar darauf hin, daß diese Faktoren erheblichen Schwankungen unterworfen sind, kommen dann aber zu dem Schluß, daß ein konstanter Faktor für alle Refraktionsbereiche ausreichend sei (Tab. 1, S. 110).

KRAMER gibt an, daß „bei Mosten von 80^o Oechsle und darüber auffallend niedrige Werte (des Faktors) nicht mehr vorkommen“, geht aber dieser Tatsache nicht weiter nach, sondern stellt ausdrücklich fest, daß bei „Refraktometeruntersuchungen auf die Höhe des Mostgewichtes keine Rücksicht genommen zu werden braucht“. BÖHRINGER ermittelt eine Gerade $y=4,25x$ als die Beziehung zwischen Refraktometerwerten und Oechslegraden, die „unabhängig von Traubensorte und Reifegrad“ ist. Z. T. werden die gefundenen Schwankungen im Umrechnungsfaktor darauf zurückgeführt, daß die betreffenden

¹⁾ Herrn F. BORN danke ich für seine freundliche Mitarbeit, insbesondere bei der Berechnung der Formeln und der Aufstellung der Tabellen.

Tabelle 1

Übersicht über die in der Literatur angegebenen Umrechnungsfaktoren

Name	Jahr	Zahl der Unters.	Faktor	Schwank.-bereich
BUXBAUM	1932	über 100	4,25 „4,2 genügt“	4,17 — 4,35
DALMASSO	1935		4,73	
KRAMER	1936	147	4,09 „4,1 genügt“	3,92 — 4,31
TEICHMANN	1940	300	4,33	4,21 — 4,44
BÖHRINGER	1943	55 (!)	4,25	4,20 — 4,35

Stationen auf verschiedenen Breiteregraden liegen (TEICHMANN). Es wird so erklärlich, daß DALMASSO den hohen Wert von 4,73 für den Umrechnungsfaktor angibt. Auch werden Umrechnungsfaktoren für bestimmte Weinbaugebiete errechnet (BUXBAUM für Rheinhessen, BÖHRINGER für die Pfalz).

Allen diesen Messungen ist gemeinsam, daß sie auf verhältnismäßig wenigen Einzelmessungen basieren, die die Ursache der Schwankungen des Faktorwertes nicht deutlich werden lassen. So ist es nicht verwunderlich, wenn BÖHRINGER bei durchschnittlich 16 Messungen je Weißmostsorte und 3 je Rotmost die Unabhängigkeit von Sorte und Reifegrad findet.

Überblickt man die für die Berechnung der Umrechnungsfaktoren verwendeten Mostgewichte, so läßt sich feststellen, daß die prozentual am häufigsten vertretenen mittleren Mostgewichte für den resultierenden Faktorwert ausschlaggebend gewesen sind. Dagegen treten die extremen, d. h. die hohen und die niederen Mostgewichte unverhältnismäßig selten auf und die aus ihnen errechneten abweichenden Faktorwerte fanden daher nicht genügend Berücksichtigung. Wir sehen darin die Ursache dafür, daß die genannten Autoren zu der Überzeugung kamen, daß man mit einem konstanten Faktor die Umrechnung von Refraktometerprozenten in Oechslegrade in allen Refraktionsbereichen vornehmen könne.

Die Firma Zeiss hat für die Anbringung einer Oechsleskala in ihrem Handzuckerrefraktometer diese Faktorwerte nicht verwendet, sondern aus 31 TEICHMANN'schen Werten und einer „sehr großen Zahl von Erfahrungswerten“ nach schriftlicher Mitteilung von Prof. HENNIG, Geisenheim, eine neue Beziehung zwischen Refraktometerprozenten und Oechslegraden errechnet. Wir müssen annehmen, daß auch hier sich die Hauptmasse der Werte auf mittlere Mostgewichte beschränkt. — Die Gleichung lautet nach brieflicher Mitteilung der Fa. C. Zeiss, Oberkochen:

Oechsle $20^{\circ} = 11,4595 + 1,996\ 105\ R^{\circ}/_{\bullet} + 0,130\ 988\ R^{\circ}/_{\bullet}^2 - 0,002\ 227\ 95\ R^{\circ}/_{\bullet}^3$, wobei $R^{\circ}/_{\bullet}$ = Refraktometerprozent.

Als Geltungsbereich wird der Bereich von 20 bis 130° nach Oechsle angegeben. Die dieser Formel entsprechende Kurve ist in Abb. 1 (Seite 111) als Kurve 1 dargestellt. Auffallend ist, daß auf Grund der Formel kein konstanter

Umrechnungsfaktor auftritt. Er beträgt z. B. bei 4 R‰ 5,35, fällt dann bis 12,5 R‰ auf 4,20, steigt wieder bis 25,5 R‰ auf 4,34, um dann wieder bis zum Ende des interessierenden Bereichs bei 30 R‰ auf 4,30 abzufallen (Abb. 2, Seite 112). Das liegt daran, daß die Formel eine kubische Parabel darstellt, deren Wendepunkt überdies noch unglücklicherweise mitten im interessierenden Bereich bei etwa 110° Oechsle liegt. Ein derartig in seiner Tendenz wechselnder Faktor ist selbst nach den in der Literatur vorliegenden Messungen wenig wahrscheinlich. Ferner hätte man als einen sicheren Fixpunkt den Wert für reines Wasser einsetzen sollen, dem bei 20° C ein Oechslewert von -1,77° entspricht. Der Zeiss'schen Formel entnimmt man jedoch +11,46° als Oechslewert für reines Wasser.

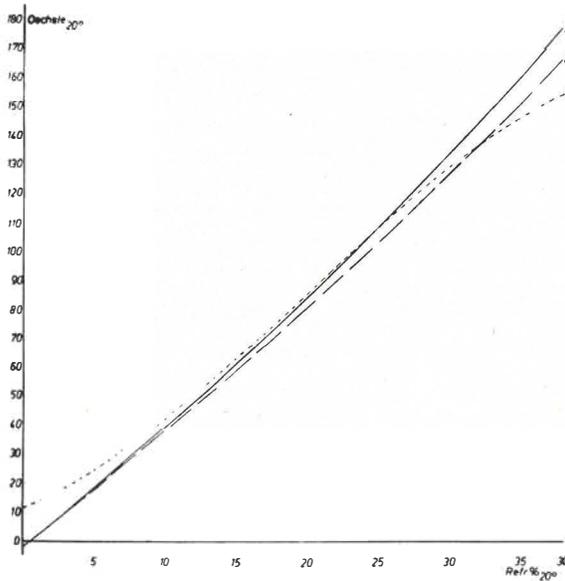


Abb. 1. Beziehungen zwischen den Refraktometerprozenten und den Graden nach Oechsle (bei 20° C) für

1. Most nach der Skala des Zeiss'schen Handzuckerrefraktometers
($\text{Oechsle} = 11,4595 + 1,996\,105\,R\text{‰} + 0,130\,988\,R\text{‰}^2 - 0,002\,227\,95\,R\text{‰}^3$)
2. Rohrzucker nach Landolt-Börnstein, Bd. I, S. 463
($\text{Oechsle} = -1,77 + 3,807\,283\,R\text{‰} + 0,016525\,R\text{‰}^2$)
3. Most nach 1954 eigenen Messungen.
($\text{Oechsle} = -1,77 + 3,906\,495\,R\text{‰} + 0,020\,563\,R\text{‰}^2$)

Zur Klärung der Differenzen (hier konstanter, aber variierender Faktor — da gleitender Faktor mit Wendepunkt) haben wir im Jahre 1951 an 1954 verschiedenen Mosten gleichzeitige Bestimmungen der Dichte mit der WESTPHAL'schen Waage und der Trockensubstanzprozente mit dem Handzuckerrefraktometer durchgeführt. Beide Werte wurden jeweils auf 20°C bezogen. Unsere Proben umfassen einen Bereich von 37 bis 139 Grad nach Oechsle. Die Verteilung, die in Abb. 3 (Seite 112) dargestellt ist, zeigt eine

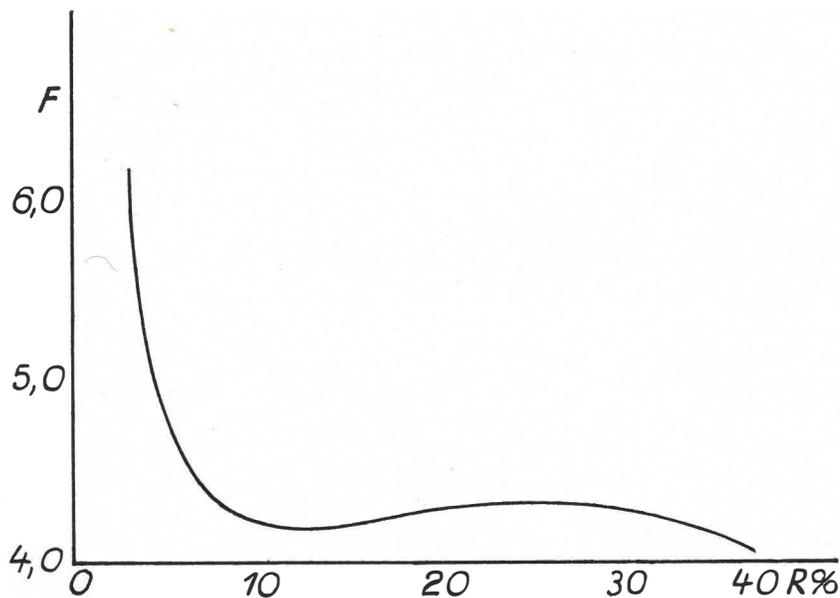


Abb. 2. Abhängigkeit des Umrechnungsfaktors (F) von den Refraktometerprozenten (R%) nach der Zeiss'schen Formel, gültig für das Handzuckerrefraktometer.

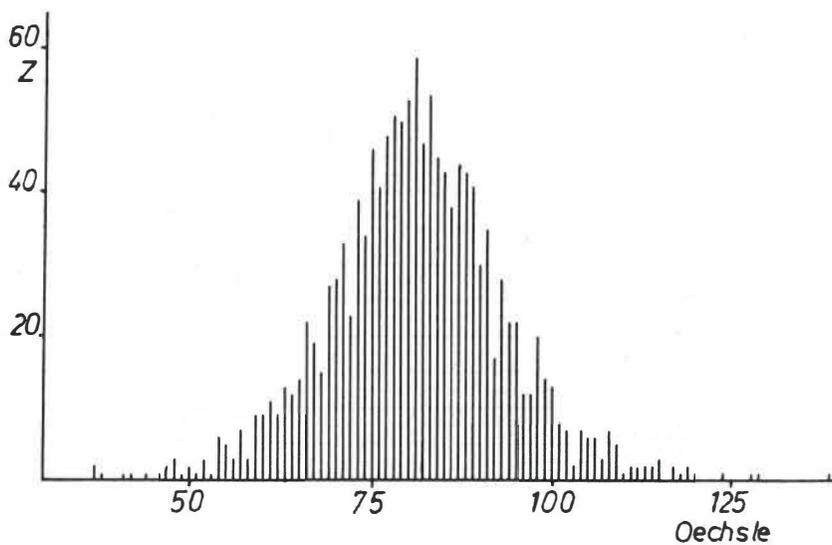


Abb. 3. Verteilung von 1954 Mosten der Lese 1951. Z = Zahl der Beobachtungen.

geringe positive Schiefe, wie das bei biologischen Zusammenhängen die Regel ist. Das Material ist also nicht irgendwie vorselektioniert. Obwohl sich die Messungen über 3 Wochen hinzogen und von 3 verschiedenen Beobachtern durchgeführt wurden, zeigten die Ergebnisse sowohl für die einzelnen Tage als auch für die einzelnen Beobachter keinerlei individuelle Einflüsse. Das Material ist also in dieser Hinsicht homogen. Die getrennte Verrechnung der Europäer-Amerikaner-Kreuzungen ergab ebenfalls keine Unterschiede. Somit konnte das gesamte Material gemeinsam bearbeitet werden.

Da der hauptsächliche Bestandteil des Mostes der Zucker ist und die übrigen Extraktstoffe ihm gegenüber mengenmäßig keine große Rolle spielen, muß die auf Refraktometerprocente bezogene Oechslekurve des Mostes ihrem Charakter nach etwa so verlaufen, wie die von Invertzucker, zumal ja im Most das Fructose-Glucose-Verhältnis praktisch 1:1 ist. Die wenigen Invertzuckerwerte, die wir LANDOLT-BÖRNSTEIN entnehmen konnten, stimmen nun mit den entsprechenden Werten für Rohrzucker so gut überein, daß wir die Oechslekurve für Rohrzucker statt für Invertzucker unseren Untersuchungen an Mosten ohne weiteres zu Grunde legen konnten. Sie läßt sich mit guter Annäherung durch eine nach der Gauss'schen Methode der kleinsten Quadrate errechnete Ausgleichsparabel darstellen.

Die Formel lautet:

$$\text{Oechsle } 20^{\circ} = -1,77 + 3,807\ 283 R^{\circ}/_{0} + 0,016\ 525 R^{\circ}/_{0}^2$$

Die Gleichung ist in Abb. 1 als Kurve 2 dargestellt (Seite 111).

Da, wie gesagt, bei den Mosten ähnliche Verhältnisse vorliegen, muß sich auch deren Oechsle-Kurve durch eine normale Parabel darstellen lassen. Insbesondere weist sie innerhalb des gesamten Bereichs keinen Wendepunkt auf. Daher sind ihrer Berechnung keine höheren Parabelgleichungen zu Grunde zu legen, da sonst durch die Potenzglieder dritter und höherer Ordnung ein oder mehrere Wendepunkte auftreten würden.

Unter Zugrundelegung dieser Feststellungen und unter Benutzung des Fixpunktes für reines Wasser (= 0% Trockensubstanz) mit -1,77° Oechsle, (weil die Dichte des Wassers bei 20°C nach der Dichteskala der PTR, entnommen aus LANDOLT-BÖRNSTEIN, Bd. I, S. 76, 0,99823 und der Oechslewert die um 1,00000 verminderte Dichte ist) wurde nun aus unseren Beobachtungen die Ausgleichsparabel für Moste errechnet.

Es ergab sich folgende, für 20°C gültige Beziehung:

$$\text{Oechsle } 20^{\circ} = -1,77 + 3,906\ 495 R^{\circ}/_{0} + 0,020\ 563 R^{\circ}/_{0}^2.$$

Die Gleichung ist in Abb. 1 als Kurve 3 dargestellt. Eine Tabelle ist beigefügt (Tab. 2, Seite 117).

Bei anderen Temperaturen erhaltene Refraktometerwerte müssen vor Benutzung der Kurve oder der Tabelle 2 nach der beigefügten Korrektortabelle (Tab. 3), die wir nach Angaben aus JAULMES errechneten, korrigiert werden. Im Schnittpunkt der R⁰/₀-Zeile mit der Temperaturspalte steht der für 20°C gültige Refraktometerwert.

Vergleichen wir unsere Oechslekurve mit der von Zeiss im Bereich von 20 bis 130 Grad nach Oechsle, so ergibt sich, daß sie sich bei 107° Oechsle schneiden, daß mit abnehmenden Refraktometerprozenten die Zeiss'sche Oechslekurve zunehmend zu hohe Werte liefert und mit steigenden Refraktometerprozenten ziemlich rasch zu wesentlich geringeren Oechslegraden führt. Die Abweichungen betragen im Bereich von $20 \text{ R}\%$ bis zu $26 \text{ R}\% \pm 1^{\circ}$ Oechsle, machen aber bei $30,3 \text{ R}\%$ bereits -5° Oechsle und bei $5,5 \text{ R}\% + 6^{\circ}$ Oechsle aus.

Die aus unserer Bezugsgleichung ermittelten Umrechnungsfaktoren sind in Abbildung 4 dargestellt. Sie sind keineswegs konstant, sondern steigen

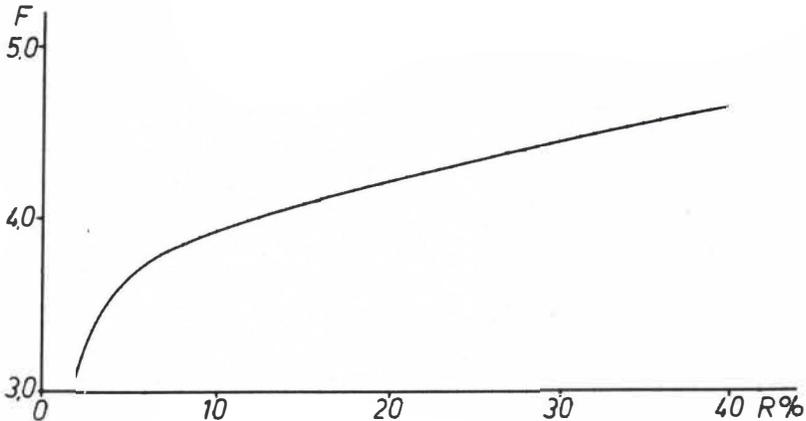


Abb. 4. Abhängigkeit des Umrechnungsfaktors (F) von den Refraktometerprozenten (R%) nach eigenen Messungen.

mit zunehmenden Refraktometerprozenten zuerst rasch, dann langsamer, von etwa $15 \text{ R}\%$ an fast linear an. Ein Vergleich mit den oben angegebenen konstanten Umrechnungsfaktoren zeigt, daß diese nur für einen sehr engen Bereich der Mostgewichte gelten können. Berücksichtigt man aber, daß der Umrechnungsfaktor bei den genannten Autoren ja nur einen Mittelwert darstellt, daß er also in Wirklichkeit einen gewissen Schwankungsbereich aufweist (tiefster Wert bei KRAMER 3,92, höchster Wert bei TEICHMANN 4,44), so lassen sich die Extremwerte recht gut in unserer Faktorenkurve unterbringen. Aus diesem Bereich fällt der von DALMASSO für italienische Moste mit durchschnittlich höheren Refraktometerprozenten angegebene Wert von 4,73 nur wenig heraus.

Bei dieser Gelegenheit wollen wir auch das GERUM'sche Verfahren der Mostgewichtsbestimmung mit Hilfe des Zeiss'schen Eintauchrefraktometers einer kurzen Prüfung unterziehen. Nach seiner Methode wird von den bei $17,5^{\circ} \text{C}$ abgelesenen Skalenwerten des Eintauchrefraktometers eine bestimmte Maßzahl abgezogen, um direkt zu den für $17,5^{\circ} \text{C}$ gültigen Oechslegraden zu kommen. (Alle folgenden Angaben beziehen sich demnach nunmehr auf $17,5^{\circ} \text{C}$). Als mittlere Maßzahl gibt er den Wert von 12,54 an und behauptet, daß dieses Verfahren genauer sei, als das von BUXBAUM benutzte, bei dem aus den Refraktometerprozenten durch Multiplikation mit 4,25 die Oechslegrade bestimmt wurden.

Da die Skala des Eintauchrefraktometers nur bis zu 106 Skalenteilen reicht, lassen sich zunächst nur Moste bis zu einem Mostgewicht von $93,5^0$ Oechsle bestimmen. Höhere Mostgewichte müssen also auf anderem Wege ermittelt werden. Auch dann bleibt noch die Frage, ob das Abzugsglied von 12,54 als konstanter Wert eingesetzt werden darf. Nach GERUM's Angaben schwanken die Werte zwischen 11 und 13. Ohne auf die Gründe einzugehen, findet sich jedoch nebenbei die Bemerkung, daß „wir in den beiden säurereichen Jahrgängen 1930 und 1931 eine konstante Differenzzahl von 12,6 im Mittel erhielten, während wir heuer (1932) bei den verhältnismäßig normalen Säuregraden (zwischen 8 und 11‰) eine Zahl von 12,33 ermittelt haben“. Da saure Moste im allgemeinen auch weniger Zucker haben, also schwächere Refraktion aufweisen, scheint schwache Refraktion mit größerer Differenzzahl parallel zu gehen und umgekehrt. Das ist nun aber durchaus kein Zufall, sondern eine von GERUM leider nicht beachtete Gesetzmäßigkeit.

Wir haben auf Grund unserer Beziehungsformel für einige Refraktometerprozent-Werte sowohl die Oechslegrade, korrigiert auf $17,5^0\text{C}$, als auch die entsprechenden Skalenwerte des Eintauchrefraktometers errechnet. Die Differenz beider Werte müßte die nach GERUM konstante Differenzzahl 12,54 ergeben. (Tab. 4).

Tabelle 4

Beispiele für die Veränderlichkeit der GERUM'schen Differenzzahl

R‰	5	10	15	20	21
dazugehörige Skalenteile des Eintauchrefraktometers	33,00	53,50	74,75	97,60	102,13
Oechsle $17,5^0$	18,80	39,93	62,09	85,30	90,07
GERUM'sche Differenzzahl	14,20	13,57	12,66	12,30	12,06

Aus der Tabelle geht klar hervor, daß von einer konstanten Differenzzahl keine Rede sein kann. Dieser Wert nimmt vielmehr mit zunehmender Refraktion ab. Er würde bei reinem Wasser, das bei $17,5^0\text{C}$ eine Dichte von 0,99869 — entspr. $-1,31^0$ Oechsle — besitzt, 16,31 und bei 21 Refraktometerprozent, entsprechend 102,13 Skalenteilen des Eintauchrefraktometers 12,06 betragen. Nur bei 17 R‰ des Handzuckerrefraktometers = 83,6 Skalenteilen des Eintauchrefraktometers liefern GERUM's und unsere Methode die gleichen Ergebnisse. Darüber (bis 21 R‰ = 102,13 Skalenteile) werden bei GERUM bis zu 0,5 Oechsle zu wenig ermittelt, darunter (bis 10 R‰ = 53,5 Skalenteile) 1,03 Oechsle zu viel errechnet.

Zusammenfassung

- 1.) Es wird eine Beziehungsgleichung für den Zusammenhang zwischen Trockensubstanzprozenten (Refraktometerprozenten des Zeiss'schen Handzuckerrefraktometers) und Graden nach Oechsle angegeben. Die Auswertung dieser Gleichung ergab die beiliegende Tabelle 2 (Seite 117). Eine Temperaturkorrekturtablette ist als Tabelle 3 (Seite 118) beigegeben.
- 2.) Nach unseren Untersuchungen gibt es keinen konstanten Faktor für die Umrechnung von Trockensubstanzprozenten in Grade nach Oechsle. Auch die Oechsleskala im Zeiss'schen Handzuckerrefraktometer, die nicht auf Benutzung eines konstanten Umrechnungsfaktors abgestellt ist, bedarf einer Korrektur.
- 3.) Das GERUM'sche Verfahren der Mostgewichtsbestimmung mit dem Zeiss'schen Eintauchrefraktometer zeigt zwar etwas geringere Abweichungen innerhalb des Bereiches von 10 — 21 R‰ = 40 — 90° Oechsle, ist jedoch für Moste mit mehr als 93,5° Oechsle nicht mehr anwendbar.
- 4.) Auch bei GERUM gibt es keinen konstanten Wert für die Umrechnung von Skalenteilen in Grade nach Oechsle. Die nach GERUM von den abgelesenen Skalenteilen abzuziehende Größe sinkt von 16,31 für reines Wasser auf 12,06 für Moste mit 90° Oechsle.

Literaturverzeichnis

- BÖHRINGER, P. Über die Bestimmung des Refraktometerwertes von Pfälzer Trauben mittels des Zeiss'schen Handzuckerrefraktometers. *Gartenbauwiss.*, **17**, 505 — 520 (1943).
- BUXBAUM, W. Mostgewichtsbestimmung auf optischem Wege mit Hilfe des Zeiss'schen Handzuckerrefraktometers. *Wein und Rebe*, **14**, 171 — 174 (1932).
- DALMASSO, G. Il controllo del grado di maturità delle uove da tavola e l'applicazione del rifrattometro. *Annali delle R. stazione sperimentale di Viticoltura e di Enologia di Conegliano*, **XV** (1935).
- GERUM, J. Die Bestimmung der Oechslegrade mit Hilfe des Zeiss'schen Eintauchrefraktometers. *Wein und Rebe*, **14**, 235 — 238 (1932).
- JAULMES, P. *Analyse des Vins*, 2. Auflage, Montpellier, Librairie Poulain, Tabelle IV, S. 521 (1951).
- KRAMER, O. Die Bestimmung des Mostgewichtes mittels des Zeiss'schen Handzuckerrefraktometers. *Wein und Rebe*, **17**, 275 — 281 (1936).
- LANDOLT-BÖRNSTEIN. *Physikalisch-Chemische Tabellen*. 5. Auflage, 1923 — 1931.
- ZWEIGELT, F. Rund um das Zeiss'sche Handrefraktometer. *Wein und Rebe*, **20**, 112 — 118 (1938).

Tabelle 2

Beziehungen zwischen den Refraktometerprozenten des Zeiss'schen Handzuckerrefraktometers und den Graden nach Oechsle, gültig für 20 °C
(Nach eigenen Messungen an Mosten des Jahres 1951)

Ref.‰	° Oe.						
2,0	6,1						
3,0	10,1	16,0	66,0	25,0	108,7	34,0	154,8
4,0	14,2	16,2	66,9	25,2	109,7	34,2	155,9
5,0	18,3	16,4	67,8	25,4	110,7	34,4	156,9
6,0	22,4	16,6	68,7	25,6	111,7	34,6	158,0
7,0	26,6	16,8	69,7	25,8	112,7	34,8	159,1
8,0	30,8	17,0	70,6	26,0	113,7	35,0	160,1
8,2	31,6	17,2	71,5	26,2	114,7	35,2	161,2
8,4	32,5	17,4	72,4	26,4	115,7	35,4	162,3
8,6	33,3	17,6	73,4	26,6	116,7	35,6	163,4
8,8	34,2	17,8	74,3	26,8	117,7	35,8	164,4
9,0	35,1	18,0	75,2	27,0	118,7	36,0	165,5
9,2	35,9	18,2	76,1	27,2	119,7	36,2	166,6
9,4	36,8	18,4	77,1	27,4	120,7	36,4	167,7
9,6	37,6	18,6	78,1	27,6	121,7	36,6	168,8
9,8	38,5	18,8	79,0	27,8	122,7	36,8	169,8
10,0	39,4	19,0	79,9	28,0	123,7	37,0	170,9
10,2	40,2	19,2	80,8	28,2	124,7	37,2	172,0
10,4	41,1	19,4	81,8	28,4	125,8	37,4	173,1
10,6	41,9	19,6	82,7	28,6	126,8	37,6	174,2
10,8	42,8	19,8	83,6	28,8	127,8	37,8	175,3
11,0	43,7	20,0	84,6	29,0	128,8	38,0	176,4
11,2	44,6	20,2	85,5	29,2	129,8	38,2	177,5
11,4	45,4	20,4	86,5	29,4	130,9	38,4	178,6
11,6	46,3	20,6	87,5	29,6	131,9	38,6	179,7
11,8	47,2	20,8	88,4	29,8	132,9	38,8	180,8
12,0	48,1	21,0	89,3	30,0	133,9	39,0	181,9
12,2	49,0	21,2	90,3	30,2	135,0	39,2	183,0
12,4	49,8	21,4	91,2	30,4	136,0	39,4	184,1
12,6	50,7	21,6	92,2	30,6	137,0	39,6	185,2
12,8	51,6	21,8	93,2	30,8	138,1	39,8	186,3
13,0	52,5	22,0	94,1	31,0	139,1	40,0	187,4
13,2	53,4	22,2	95,1	31,2	140,1		
13,4	54,3	22,4	96,1	31,4	141,2		
13,6	55,2	22,6	97,0	31,6	142,2		
13,8	56,1	22,8	98,0	31,8	143,3		
14,0	57,0	23,0	99,0	32,0	144,3		
14,2	57,8	23,2	99,9	32,2	145,3		
14,4	58,7	23,4	100,9	32,4	146,4		
14,6	59,6	23,6	101,9	32,6	147,4		
14,8	60,6	23,8	102,9	32,8	148,5		
15,0	61,5	24,0	103,8	33,0	149,5		
15,2	62,4	24,2	104,8	33,2	150,6		
15,4	63,3	24,4	105,8	33,4	151,6		
15,6	64,2	24,6	106,8	33,6	152,7		
15,8	65,1	24,8	107,8	33,8	153,8		

Tabelle 3

Tabelle zur Korrektur der mit dem Refraktometer abgelesenen
Refraktometerprozente auf 20 °C

(Im Schnittpunkt der Ref.‰-Zeile mit der Spalte für die abgelesene Temperatur
steht der für 20 °C gültige Refraktometerwert)

abgel. Ref.‰	abgelesene Temperatur										
	10 °	12 °	14 °	16 °	18 °	20 °	22 °	24 °	26 °	28 °	30 °
8,0	7,4	7,5	7,6	7,8	7,9	8,0	8,1	8,3	8,4	8,6	8,8
8,2	7,6	7,7	7,8	8,0	8,1	8,2	8,3	8,5	8,6	8,8	9,0
8,4	7,8	7,9	8,0	8,2	8,3	8,4	8,5	8,7	8,8	9,0	9,2
8,6	8,0	8,1	8,2	8,4	8,5	8,6	8,7	8,9	9,0	9,2	9,4
8,8	8,2	8,3	8,4	8,6	8,7	8,8	8,9	9,1	9,2	9,4	9,6
9,0	8,4	8,5	8,6	8,8	8,9	9,0	9,1	9,3	9,4	9,6	9,8
9,2	8,6	8,7	8,8	9,0	9,1	9,2	9,3	9,5	9,6	9,8	10,0
9,4	8,8	8,9	9,0	9,2	9,3	9,4	9,5	9,7	9,8	10,0	10,2
9,6	9,0	9,1	9,2	9,4	9,5	9,6	9,7	9,9	10,0	10,2	10,4
9,8	9,2	9,3	9,4	9,6	9,7	9,8	9,9	10,1	10,2	10,4	10,6
10,0	9,4	9,5	9,6	9,8	9,9	10,0	10,1	10,3	10,4	10,6	10,8
10,2	9,6	9,7	9,8	10,0	10,1	10,2	10,3	10,5	10,6	10,8	11,0
10,4	9,8	9,9	10,0	10,2	10,3	10,4	10,5	10,7	10,8	11,0	11,2
10,6	10,0	10,1	10,2	10,4	10,5	10,6	10,7	10,9	11,0	11,2	11,4
10,8	10,2	10,3	10,4	10,6	10,7	10,8	10,9	11,1	11,2	11,4	11,6
11,0	10,4	10,5	10,6	10,8	10,9	11,0	11,1	11,3	11,4	11,6	11,8
11,2	10,6	10,7	10,8	11,0	11,1	11,2	11,3	11,5	11,6	11,8	12,0
11,4	10,8	10,9	11,0	11,2	11,3	11,4	11,5	11,7	11,8	12,0	12,2
11,6	11,0	11,1	11,2	11,4	11,5	11,6	11,7	11,9	12,0	12,2	12,4
11,8	11,2	11,3	11,4	11,6	11,7	11,8	11,9	12,1	12,2	12,4	12,6
12,0	11,4	11,5	11,6	11,8	11,9	12,0	12,1	12,3	12,4	12,6	12,8
12,2	11,6	11,7	11,8	12,0	12,1	12,2	12,3	12,5	12,6	12,8	13,0
12,4	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,4	12,5	12,7	12,8	13,0	13,2
12,6	12,0	12,1	12,2	12,3	12,5	12,6	12,7	12,9	13,0	13,2	13,4
12,8	12,2	12,3	12,4	12,5	12,7	12,8	12,9	13,1	13,2	13,4	13,6
13,0	12,4	12,5	12,6	12,7	12,9	13,0	13,1	13,3	13,4	13,6	13,8
13,2	12,6	12,7	12,8	12,9	13,1	13,2	13,3	13,5	13,6	13,8	14,0
13,4	12,8	12,9	13,0	13,1	13,3	13,4	13,5	13,7	13,8	14,0	14,2
13,6	13,0	13,1	13,2	13,3	13,5	13,6	13,7	13,9	14,0	14,2	14,4
13,8	13,2	13,3	13,4	13,5	13,7	13,8	13,9	14,1	14,2	14,4	14,6
14,0	13,4	13,5	13,6	13,7	13,9	14,0	14,1	14,3	14,4	14,6	14,8
14,2	13,6	13,7	13,8	13,9	14,1	14,2	14,3	14,5	14,6	14,8	15,0
14,4	13,8	13,9	14,0	14,1	14,3	14,4	14,5	14,7	14,8	15,0	15,2
14,6	14,0	14,1	14,2	14,3	14,5	14,6	14,7	14,9	15,0	15,2	15,4
14,8	14,2	14,3	14,4	14,5	14,7	14,8	14,9	15,1	15,2	15,4	15,6
15,0	14,4	14,5	14,6	14,7	14,9	15,0	15,1	15,3	15,4	15,6	15,8
15,2	14,6	14,7	14,8	14,9	15,1	15,2	15,3	15,5	15,6	15,8	16,0
15,4	14,8	14,9	15,0	15,1	15,3	15,4	15,5	15,7	15,8	16,0	16,2
15,6	15,0	15,1	15,2	15,3	15,5	15,6	15,7	15,9	16,0	16,2	16,4
15,8	15,2	15,3	15,4	15,5	15,7	15,8	15,9	16,1	16,2	16,4	16,6

(Fortsetzung Tabelle 3)

abgel. Ref.‰	abgelesene Temperatur										
	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°
16,0	15,4	15,5	15,6	15,7	15,9	16,0	16,1	16,3	16,4	16,6	16,8
16,2	15,6	15,7	15,8	15,9	16,1	16,2	16,3	16,5	16,6	16,8	17,0
16,4	15,8	15,9	16,0	16,1	16,3	16,4	16,5	16,7	16,8	17,0	17,2
16,6	16,0	16,1	16,2	16,3	16,5	16,6	16,7	16,9	17,0	17,2	17,4
16,8	16,2	16,3	16,4	16,5	16,7	16,8	16,9	17,1	17,2	17,4	17,6
17,0	16,4	16,5	16,6	16,7	16,9	17,0	17,1	17,3	17,4	17,6	17,8
17,2	16,6	16,7	16,8	16,9	17,1	17,2	17,3	17,5	17,6	17,8	18,0
17,4	16,8	16,9	17,0	17,1	17,3	17,4	17,5	17,7	17,8	18,0	18,2
17,6	17,0	17,1	17,2	17,3	17,5	17,6	17,8	17,9	18,1	18,2	18,4
17,8	17,2	17,3	17,4	17,5	17,7	17,8	18,0	18,1	18,3	18,4	18,6
18,0	17,4	17,5	17,6	17,7	17,9	18,0	18,2	18,3	18,5	18,6	18,8
18,2	17,6	17,7	17,8	17,9	18,1	18,2	18,4	18,5	18,7	18,8	19,0
18,4	17,8	17,9	18,0	18,1	18,3	18,4	18,6	18,7	18,9	19,0	19,2
18,6	18,0	18,1	18,2	18,3	18,5	18,6	18,8	18,9	19,1	19,2	19,4
18,8	18,2	18,3	18,4	18,5	18,7	18,8	19,0	19,1	19,3	19,4	19,6
19,0	18,4	18,5	18,6	18,7	18,9	19,0	19,2	19,3	19,5	19,6	19,8
19,2	18,6	18,7	18,8	18,9	19,1	19,2	19,4	19,5	19,7	19,8	20,0
19,4	18,8	18,9	19,0	19,1	19,3	19,4	19,6	19,7	19,9	20,0	20,2
19,6	19,0	19,1	19,2	19,3	19,5	19,6	19,8	19,9	20,1	20,2	20,4
19,8	19,2	19,3	19,4	19,5	19,7	19,8	20,0	20,1	20,3	20,4	20,6
20,0	19,4	19,5	19,6	19,7	19,9	20,0	20,2	20,3	20,5	20,6	20,8
20,2	19,6	19,7	19,8	19,9	20,1	20,2	20,4	20,5	20,7	20,8	21,0
20,4	19,8	19,9	20,0	20,1	20,3	20,4	20,6	20,7	20,9	21,0	21,2
20,6	20,0	20,1	20,2	20,3	20,5	20,6	20,8	20,9	21,1	21,2	21,4
20,8	20,2	20,3	20,4	20,5	20,7	20,8	21,0	21,1	21,3	21,4	21,6
21,0	20,4	20,5	20,6	20,7	20,9	21,0	21,2	21,3	21,5	21,6	21,8
21,2	20,6	20,7	20,8	20,9	21,1	21,2	21,4	21,5	21,7	21,8	22,0
21,4	20,8	20,9	21,0	21,1	21,3	21,4	21,6	21,7	21,9	22,0	22,2
21,6	21,0	21,1	21,2	21,3	21,5	21,6	21,8	21,9	22,1	22,2	22,4
21,8	21,2	21,3	21,4	21,5	21,7	21,8	22,0	22,1	22,3	22,4	22,6
22,0	21,4	21,5	21,6	21,7	21,9	22,0	22,2	22,3	22,5	22,6	22,8
22,2	21,6	21,7	21,8	21,9	22,1	22,2	22,4	22,5	22,7	22,8	23,0
22,4	21,8	21,9	22,0	22,1	22,3	22,4	22,6	22,7	22,9	23,0	23,2
22,6	22,0	22,1	22,2	22,3	22,5	22,6	22,8	22,9	23,1	23,2	23,4
22,8	22,2	22,3	22,4	22,5	22,7	22,8	23,0	23,1	23,3	23,4	23,6
23,0	22,4	22,5	22,6	22,7	22,9	23,0	23,2	23,3	23,5	23,6	23,8
23,2	22,6	22,7	22,8	22,9	23,1	23,2	23,4	23,5	23,7	23,8	24,0
23,4	22,8	22,9	23,0	23,1	23,3	23,4	23,6	23,7	23,9	24,0	24,2
23,6	23,0	23,1	23,2	23,3	23,5	23,6	23,8	23,9	24,1	24,2	24,4
23,8	23,2	23,3	23,4	23,5	23,7	23,8	24,0	24,1	24,3	24,4	24,6
24,0	23,4	23,5	23,6	23,7	23,9	24,0	24,2	24,3	24,5	24,6	24,8
24,2	23,6	23,7	23,8	23,9	24,1	24,2	24,4	24,5	24,7	24,8	25,0
24,4	23,8	23,9	24,0	24,1	24,3	24,4	24,6	24,7	24,9	25,0	25,2
24,6	23,9	24,1	24,2	24,3	24,5	24,6	24,8	24,9	25,1	25,2	25,4
24,8	24,1	24,3	24,4	24,5	24,7	24,8	25,0	25,1	25,3	25,4	25,6

(Fortsetzung Tabelle 3)

abgel. Ref. °/°	abgelesene Temperatur										
	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°
25,0	24,3	24,5	24,6	24,7	24,9	25,0	25,2	25,3	25,5	25,6	25,8
25,2	24,5	24,7	24,8	24,9	25,1	25,2	25,4	25,5	25,7	25,8	26,0
25,4	24,7	24,9	25,0	25,1	25,3	25,4	25,6	25,7	25,9	26,0	26,2
25,6	24,9	25,1	25,2	25,3	25,5	25,6	25,8	25,9	26,1	26,2	26,4
25,8	25,1	25,3	25,4	25,5	25,7	25,8	26,0	26,1	26,3	26,4	26,6
26,0	25,3	25,5	25,6	25,7	25,8	26,0	26,2	26,3	26,5	26,6	26,8
26,2	25,5	25,7	25,8	25,9	26,1	26,2	26,4	26,5	26,7	26,8	27,0
26,4	25,7	25,9	26,0	26,1	26,3	26,4	26,6	26,7	26,9	27,0	27,2
26,6	25,9	26,1	26,2	26,3	26,5	26,6	26,8	26,9	27,1	27,2	27,4
26,8	26,1	26,3	26,4	26,5	26,7	26,8	27,0	27,1	27,3	27,4	27,6
27,0	26,3	26,5	26,6	26,7	26,9	27,0	27,2	27,3	27,5	27,6	27,8
27,2	26,5	26,7	26,8	26,9	27,1	27,2	27,4	27,5	27,7	27,8	28,0
27,4	26,7	26,9	27,0	27,1	27,3	27,4	27,6	27,7	27,9	28,0	28,2
27,6	26,9	27,1	27,2	27,3	27,5	27,6	27,8	27,9	28,1	28,2	28,4
27,8	27,1	27,3	27,4	27,5	27,7	27,8	28,0	28,1	28,3	28,4	28,6
28,0	27,3	27,5	27,6	27,7	27,9	28,0	28,2	28,3	28,5	28,6	28,8
28,2	27,5	27,7	27,8	27,9	28,1	28,2	28,4	28,5	28,7	28,8	29,0
28,4	27,7	27,9	28,0	28,1	28,3	28,4	28,6	28,7	28,9	29,0	29,2
28,6	27,9	28,1	28,2	28,3	28,5	28,6	28,8	28,9	29,1	29,2	29,4
28,8	28,1	28,3	28,4	28,5	28,7	28,8	29,0	29,1	29,3	29,4	29,6
29,0	28,3	28,5	28,6	28,7	28,9	29,0	29,2	29,3	29,5	29,6	29,8
29,2	28,5	28,7	28,8	28,9	29,1	29,2	29,4	29,5	29,7	29,8	30,0
29,4	28,7	28,9	29,0	29,1	29,3	29,4	29,6	29,7	29,9	30,0	30,2
29,6	28,9	29,0	29,2	29,3	29,5	29,6	29,8	29,9	30,1	30,2	30,4
29,8	29,1	29,2	29,4	29,5	29,7	29,8	30,0	30,1	30,3	30,4	30,6
30,0	29,3	29,4	29,6	29,7	29,9	30,0	30,2	30,3	30,5	30,6	30,8