

Zusammenhang zwischen dem Wasser-, Fett- und Eiweissgehalt des Rindfleisches aufgrund von Massenuntersuchungen

K. PUSZTAI, A. CSIBA und L. KÖRMENDY

Ungarisches Forschungsinstitut für Fleischwirtschaft, Budapest, Ungarn

Zusammenfassung

Die Verfasser untersuchten den Zusammenhang zwischen Fett-, Wasser- und Eiweissgehalt an 1263 für Rindfleisch erhaltene Daten. Sie fanden einen engen, aber nicht-linearen Zusammenhang zwischen Fett- und Wassergehalt. Die Zusammenhänge mit dem Eiweissgehalt waren loser. Die Verfasser erklären dies folgend: die relativ kleine Schwankungen des Eiweissgehalts wird durch die enge Korrelation zwischen Wasser- und Fettgehalt verursacht. Das Verhältnis Bindegewebe-Eiweiss/Gesamteinweiss wies lose Zusammenhänge mit dem Wasser-, Fett- und Eiweissgehalt auf. Das Verhältnis Wasser-Eiweiss in Funktion des Fett- bzw. Wassergehalts gibt eine durch einen Extremwert passierende Kurve /Minimumkurve/. Der Zusammenhang zwischen der fettfreien organischen Substanz und dem laut Kjedahl bestimmten Eiweissgehalt war loser als erwartet.

Zusammenhang zwischen dem Wasser-, Fett- und Eiweissgehalt des Rindfleisches aufgrund von Massenuntersuchungen

K. PUSZTAI, A. CSIBA und L. KÖRMENDY

Ungarisches Forschungsinstitut für Fleischwirtschaft, Budapest, Ungarn

Der enge Zusammenhang zwischen dem Wasser-, Fett- und Eiweissgehalt von Rohfleisch wird in mehreren Mitteilungen erwähnt /1, 2, 3, 4./. Die Frage hat auch eine praktische Bedeutung, da es nicht gleichgültig ist, wie man aus einem analytisch am leichtesten bestimmbaren Komponenten auf die beiden anderen folgern kann. Dies spielt besonders bei der Regelung der Zusammensetzung der zur Herstellung von Fleischerzeugnissen dienenden Bräten eine wichtige Rolle /5./. In der gegenwertigen Mitteilung berichten wir über die mathematisch-statistische Aufarbeitung der chemischen Zusammensetzung von 1263 rohen Rindfleischproben und über die Auswertung der Ergebnisse. Es wurden also Massenuntersuchungen vorgenommen, was die Verlässlichkeit der Folgerungen stark erhöht.

Material und Methoden

Insgesamt wurden 70 Rinder in den Untersuchungen einbezogen /Ungarisches Fleckvieh: 20 Kühe, 5 Kalber, 10 Stiere; Holstein-Fresien: 5 Kühe, 5 Stiere; Ungarisches Fleckvieh x Holstein-Fresien: 5 Kühe, 5 Stiere; Ungarisches Fleckvieh x Rot Holstein-Fresien: 5 Stiere; Ungarisches Fleckvieh x Jersey: 5 Kühe; Ungarisches Fleckvieh x Hereford: 5 Stiere/.

Aus einem Tier wurden durchschnittlich 18 Proben genommen /Fleischteile: Hals, Mittelrippenstück+Nackenstück, Rippenfleisch+Bauchfleck, Schulter, schmales Ried, Lendenstück, Ried, Schenkel/, und zwar derart, dass aus dem Fleisch den Vorschriften der ungarischen Materialnorm entsprechend organoleptisch 3 Qualitätsklassen gebildet wurden: I. mager; II. mittelfett; III. fet /6./.

Der Wassergehalt wurde bei 105°C durch Trocknen bestimmt /7./. Die Bestimmung des Fett-

gehalts erfolgte unterhalb 5 % mittels Soxhlet-Extraktion, über 5 % mit einem Butirometer /8./. Der Eiweissgehalt wurde nach Zersetzung mit H_2SO_4 und H_2O_2 laut Kjeldahl betimmt /9/. Bindegewebe-Eiweissgehalt wurde mit der Hydroxyprolin-Methode ^{2 2} bestimmt /10./.

Die Untersuchungen dauerten zwei Jahre lang. In der Bestimmung des Wasser- und Fettgehalts beteiligten sich je 4 separate Personen /Laboranten/ zu verschiedenen Zeitpunkten. Aus jedem Probenelement erfolgten 2 parallele Bestimmungen, mit Ausnahme der Eiweissbestimmung, wo nur eine Zersetzung vorgenommen wurde.

Korrelations- und Regressionsrechnung erfolgten in der üblichen Weise, mit der Methode der kleinsten Quadrate /11, 12./. Zur Probenahme wurde die ganze Menge des klassifizierten Fleisches in einem Fleischwolf mit 2 mm Scheibe zerkleinert. Die Homogenisierung der Probe wurde dann in einem Kutter fortgesetzt, aus dem ein Aliquot herausgenommen und in einem Laboratoriumshomogenisator /MOULINETTE/ weiter zerkleinert wurde.

Zur Berechnung der fettfreien organischen Substanz diente der folgende Zusammenhang: $ONF = 100 - W - F - 0,05 P$, wo ONF = fettfreie organische Substanz /berechneter Eiweissgehalt/, W = Wassergehalt %, F = Fettgehalt %, P = Eiweissgehalt % bedeutet.

Das Verhältnis Asche-Eiweiss wurde als konstant /0,05/ genommen.

Untersuchungsergebnisse und ihre Diskussion

Der Bereich der untersuchten Daten war wie folgt: Wassergehalt zwischen 45 % und 78 %, Fettgehalt zwischen 0,8 % und 43,0 %, Eiweissgehalt /N x 6,25/ zwischen 12,87 % und 24,4 %, Bindegewebe-Eiweissgehalt zwischen 0,49 % und 8,07 %.

Die Verteilung der Durchschnitte und der Standardabweichungen zwischen den einzelnen Qualitätskategorien ist in Tabelle 1. zusammengefasst. Wie bereits bekannt, nehmen Wasser- und Eiweissgehalt mit anwachsendem Fettgehalt ab. In "fettigerem" Fleisch ist der Anteil des Bindegewebe-Eiweisses höher. Es ist weiter interessant, dass auch das Verhältnis Wasser-Eiweiss in fettigerem Fleisch /sehr stark signifikant/ niedriger ist, als in magerem Fleisch.

Abb. 1. zeigt die Verteilung des Fett+Wasser+Eiweiss+Aschegehaltes. Die Form der Verteilungskurve, wie dies durch die Abweichung der Probitwerte von Linearität anzeigt, ist nicht normal, sondern ein wenig asymmetrisch.

Der arithmetische Durchschnitt der Verteilung: $\bar{x} = 99,63$, ihre Standardabweichung : $s = 1,45$. Der Verteilungsbereich liegt zwischen 93,64 und 104,23. Der analytische Messfehler der Summe von Wasser-, Fett- und Eiweissgehalt ist: $\bar{s} = \sqrt{0,4^2 + 0,6^2 + 0,3^2} = 0,78$, also bedeutend kleiner als die Standardabweichung der Verteilung $/s=1,45/$. Es muss jedoch in Betracht gezogen werden, dass die Bestimmung der Standardabweichung der analytischen Methoden unter sorgfältig kontrollierten Umständen erfolgte, und eigentlich handelt es sich dabei um den Standardfehler je einer Person. Es ist jedoch bekannt, dass die Standardabweichung der analytischen Methoden nicht konsistent ist /13/, die Standardabweichung vier verschiedener Personen kann in einer Zweijahrsperiode bedeutend grösser sein, als der vorangehend gemessene Wert.

Unter den Zusammenhängen ist der enge Zusammenhang zwischen Wasser- und Fettgehalt auffallend /s. Abb. 2./, ferner die Tatsache, dass die quadratische Gleichung einen sehr stark signifikant höheren Korrelationskoeffizienten, d.h. bessere Anpassung ergibt, als die lineare. Die Koeffizienten der linearen Gleichung stehen übrigens der Gleichung von Gallow /1/ nahe /77 bzw. -0,77/, d.h. das System verhält sich näherungsweise so, als wenn ein kleine Zusammensetzungsschwankungen aufweisendes, mageres, fettfreies Fleisch mit reinem Fett gemischt wäre. Die Abweichung von Linearität kann mehrere Gründe haben: laut Czeplédi /14/ ist die Wassergehaltbestimmung mittels Trocknen bei 105°C über einen Fettgehalt von 30 % mit systematischem Fehler behaftet, der gemessene Wert ist etwas höher als der tatsächliche Wert. Dies kann verursachen, dass die Steilheit der Kurve in der Richtung grösserer Fettgehalte etwas abnimmt.

Einen nicht-linearen Zusammenhang kann auch die systematische Änderung des Wasser-Eiweissverhältnisses verursachen. Mit zunehmendem Fettgehalt erhöht sich der Anteil des Binde-

gewebe-Eiweisses /s. Abb. 3./, obzwar dieser Zusammenhang nicht eng ist. /In Abb. 3. ist die lineare Regression angegeben./ Das Wasser-Eiweissverhältnis des Talggewebes weist sich sehr ändernde Werte auf. Mihályi erhielt für das Wasser-Eiweissverhältnis verschiedener Talgarten Werte von 1,8 bis 5,06 /15./. Aus anderen Daten berechnet schwankte das Wasser-Eiweissverhältnis des Talggewebes zwischen 2,47 und 6,55 /16./. Das Wasser-Eiweissverhältnis durchschreitet in Funktion des Fett- und Wassergehaltes ein Minimum /eine Regressionsform von Typ $y = a + bx + cx^2$ an die Messpunkte anpassend, mit der Methode der kleinsten Quadrate, Abb. 4./. Mathematisch kann es nachgewiesen werden, dass auch dies zu einer milden Abbeugung der Wasser-Fettkurve führen kann. Thornton und Mitarbeiter /3/ fanden einen linearen Zusammenhang zwischen Wasser- und Fettgehalt. Es muss jedoch in Betracht gezogen werden, dass die den Zusammenhang an einer wesentlich geringeren Zahl von Daten untersuchten.

Die Zusammenhänge zwischen Wasser- und Eiweissgehalt ist auch nicht linear /s. Abb. 5./ und der Korrelationskoeffizient r ist auch wesentlich kleiner, als beim Zusammenhang zwischen Wasser- und Fettgehalt.

Die Ursachen des kleineren Korrelationskoeffizienten sind die folgenden: Wie aus Tabelle 1. ersichtlich, ist die Standardabweichung des Eiweissgehalts wesentlich kleiner, als die Standardabweichungen des Wasser- bzw. des Fettgehalts. Dies kann durch die enge Korrelation zwischen Fett- und Wassergehalt erklärt werden. Wenn man in erster Annäherung den Eiweissgehalt mit der fettfreien organischen Substanz /ONF/ gleich setzt:

$P = 100 - W - F - A$, und die Schwankungen des Aschegehalts vernachlässigt, dann ist laut des Gesetzes der Standardabweichungs-Fortpflanzung /17./:

$s_P^2 = s_W^2 + s_F^2 + 2rs_F s_W$, wo s_P , s_W und s_F die Standardabweichungen der entsprechenden Komponenten; r = Korrelationskoeffizient zwischen Wasser- und Fettgehalt. Da $r \approx -1$, $s_P \approx s_F - s_W$, d.h. die Differenz der beiden Standardabweichungen gibt ungefähr die Standardabweichung des Eiweissgehaltes.

Nun kann es nachgewiesen werden, dass der Korrelationskoeffizient bei kleineren Standardabweichungen kleiner ist. Die s_{yx} Werte sind auch hier nicht grösser, als beim Zusammenhang zwischen Wasser- und Fettgehalt. Was kleiner ist, ist der s_p^2 -Wert.

$$r^2 = 1 - \frac{\frac{n-2}{s_{yx}^2}}{\frac{n-1}{s_p^2}}$$

/Diese Tatsache mahnt übrigens zur behutsamen Beurteilung der Korrelationskoeffizienten, was in den Mitteilungen in der Fachliteratur nicht immer der Fall ist./ Es muss ausserdem in Betracht gezogen werden, dass wegen der kleinen Schwankungen des tatsächlichen Eiweissgehaltes auch der Messfehler der Bestimmung dieser Komponente den Korrelationskoeffizient stärker herabsetzen kann /12, 17./.

Zwischen der fettfreien organischen Substanz /dem sogenn. berechneten Eiweiss/ und dem gemessenen Eiweissgehalt ist wegen "Einengung" des Standardabweichungswertes der Zusammenhang auch loser. Standardabweichung um die Regressionsgerade ist auch ziemlich gross, was anzeigt, dass nicht dasselbe von den beiden verschiedenen Kennwerte gemessen wird; es ist nicht egal, ob $N \times 6,25$ als Mass des tatsächlichen Eiweissgehalt betrachtet wird, oder der $ONP = 100 - W - F - A$ Wert. Abb. 6. zeigt die lineare Regressionskurve.

Tabelle 1. Durchschnitt \bar{x} und Standardabweichung s der chemischen Zusammensetzung bei in die drei verschiedenen Klassen eingereihtem Rindfleisch

	n	\bar{W}	s	\bar{F}	s	\bar{P}	s	\bar{BE}	s	$\frac{\bar{W}}{P}$	$\frac{\bar{BE}}{P}$	s
I	433	73,17	2,56	4,88	2,83	20,55	1,12	1,687	0,654	3,570	0,08257	0,0329
II	434	66,07	4,60	12,78	6,23	19,48	1,53	3,179	0,979	3,400	0,1641	0,0488
III	346	58,44	4,83	23,10	6,62	17,64	1,64	3,725	1,123	3,325	0,2111	0,0592
insgesamt	1263	66,42	7,06	12,90	8,95	19,34	1,83	2,825	1,256	3,438	0,1490	0,0700

Literaturverzeichnis

1. Callow, E.H. /1962/ Food Processing and Packaging 31, 123. 166.
2. Cassey, J.C., Crossland, A.R. /1982/ J. Food Technology 17, 567.
3. Thornton, R.F., Husband, P.M., Larsen, T.W. /1981/ Food Techn. Austr. 33, 468.
4. Lawrie, R.A. /1975/ Proc. 21st Easter School, Univ. Nottingham, p. 249. /Buttelworths/
5. Körmendy, L., Erdős, Z., Zukál, E., /1979/ Acta Alimentaria 8, 343.
6. Húsipari termelési normák és húskészítmény anyagnorma irányelvek. /Fleischwirtschaft-Produktionsnormen und Direktiven der Materialnormen für Fleischerzeugnisse./ Herausg. Állatforgalmi és Húsipari Tröszt, Budapest.
7. Ungarische Norm MSZ-5874-4.
8. Ungarische Norm MSZ-5874-2.
9. Ungarische Norm MSZ-5874-8.
10. Ungarische Norm MSZ-5874-9.
11. Weber, E. /1972/ Grundriss der biologischen Statistik /Fischer V., Jena/.
12. Hald, A. /1962/ Statistical theory with engineering applications /J. Wiley, New York/.
13. Mandel, J. /1963/ The statistical analysis of experimental data /Interscience, New York/
14. Czeglédi, J. /1982/ Persönliche Mitteilung.
15. Mihályi, Gy. /1983/ Persönliche Mitteilung
16. Kiermeier, F. /1968/ Handbuch der Lebensmittelchemie. Tierische Lebensmittel. /Springer/
17. Rauen, H.M. /1964/ Biochemisches Taschenbuch. II. p. 985. /Springer V., Berlin/
18. Körmendy, L., Mihályi, Gy., Zukál, E. /1981/ Élelmezési Ipar 35, 285.

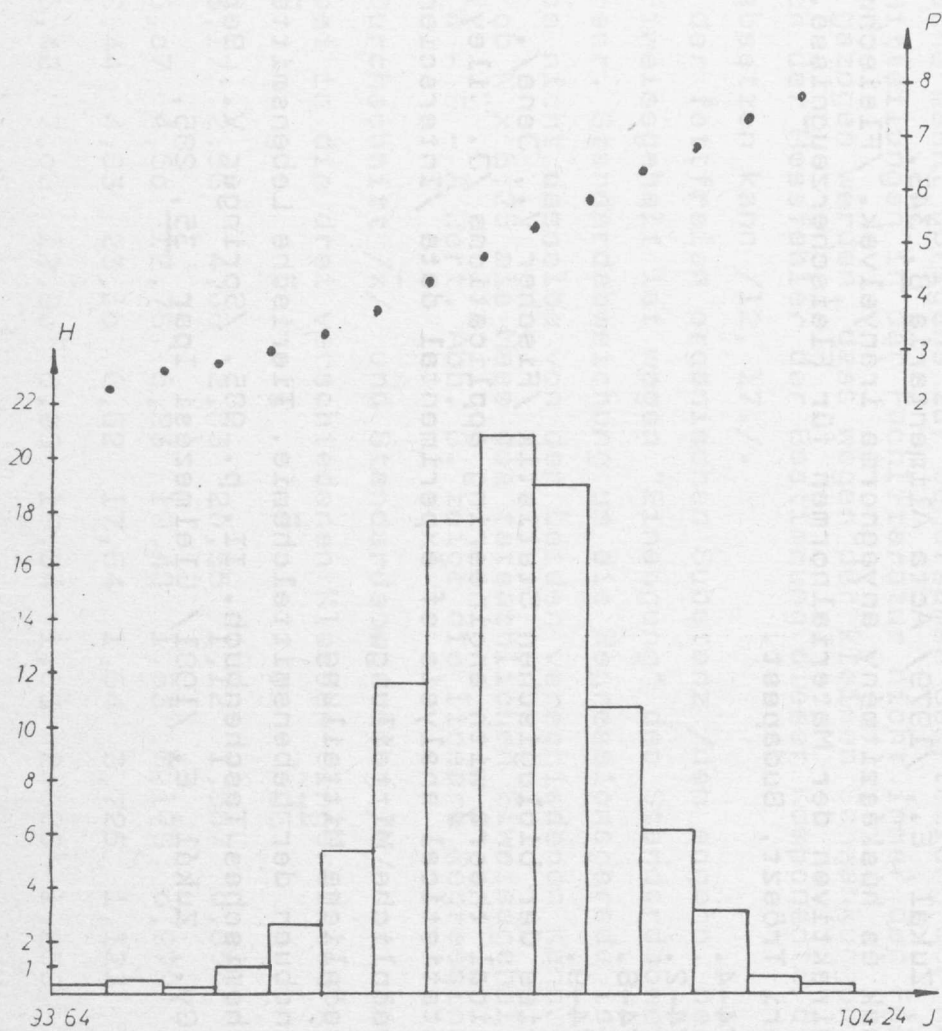


Abb. 1. Verteilung des Wasser+Fett+Eiweiss+Aschegehaltes /n = 1263/
 H = relative Häufigkeit; I = Interval; P = Probitwerte

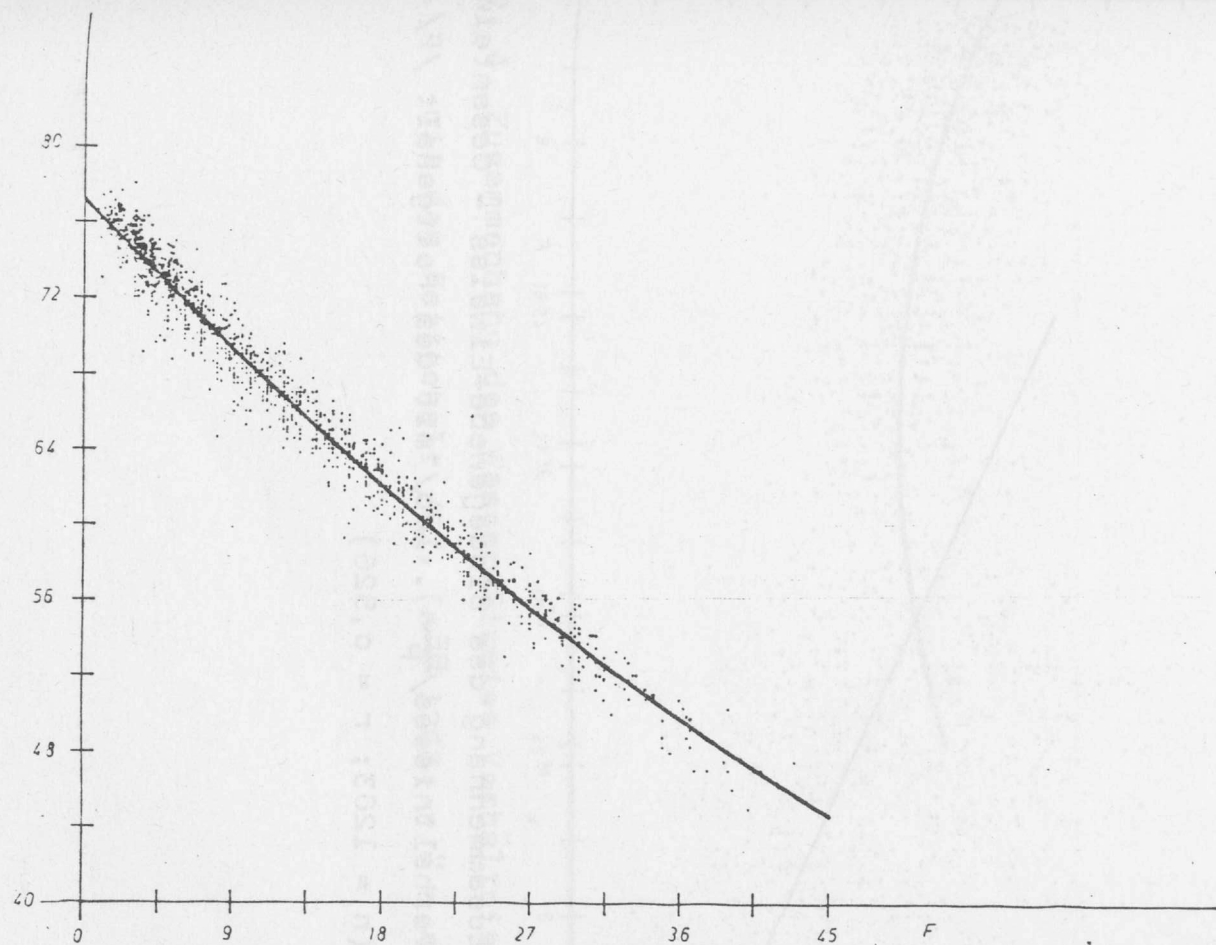


Abb. 2. Zusammenhang zwischen Wasser- /W/ und Fettgehalt /F/ ($n = 1263$; $r = 0.987$)

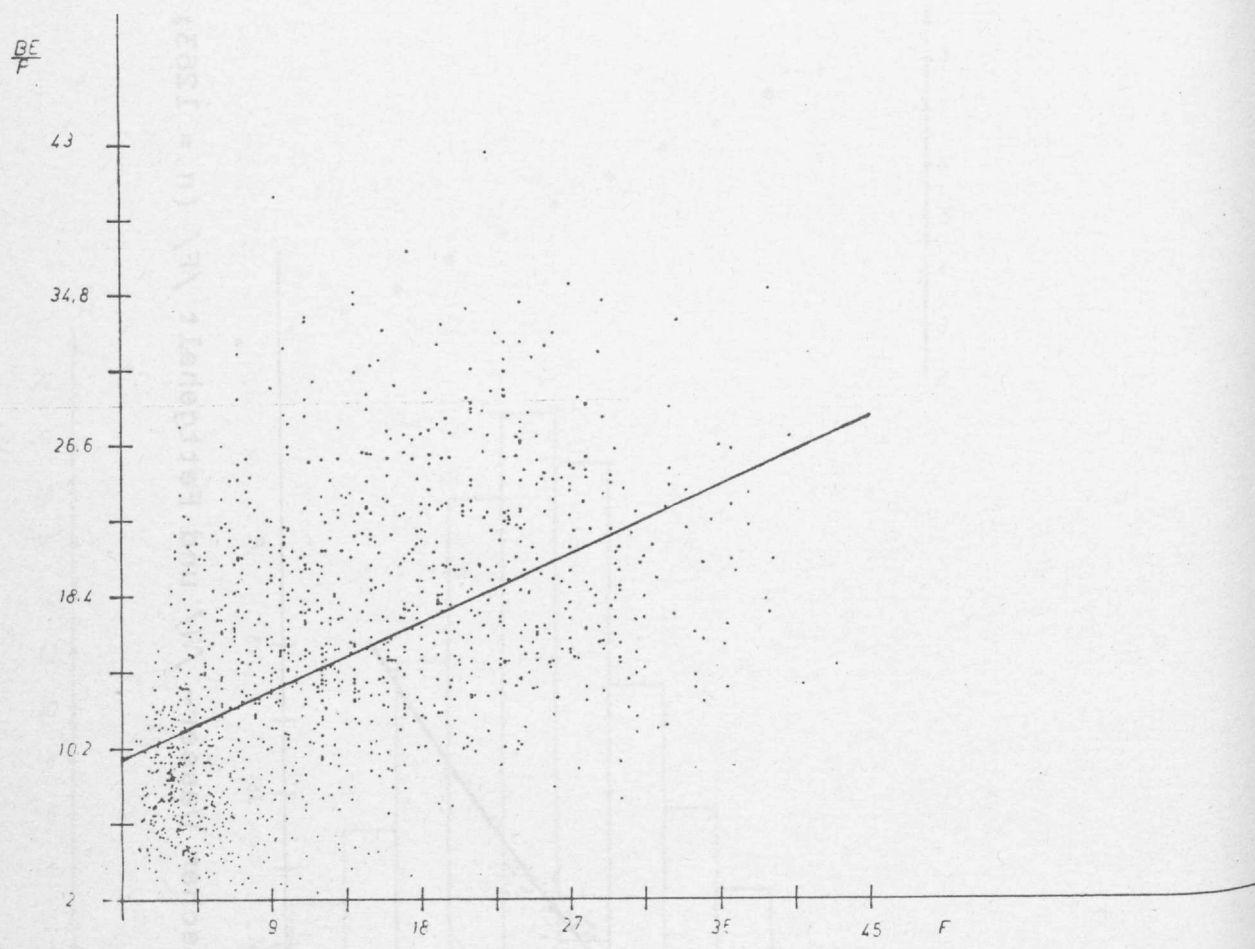


Abb. 3. Zusammenhang des Bindegewebe-Eiweiss - Gesamteiweiss⁶⁶ Verhältnisses $\frac{BF}{P} \cdot 100$ mit dem Fettgehalt F .
 (n = 1263; r = 0,526)

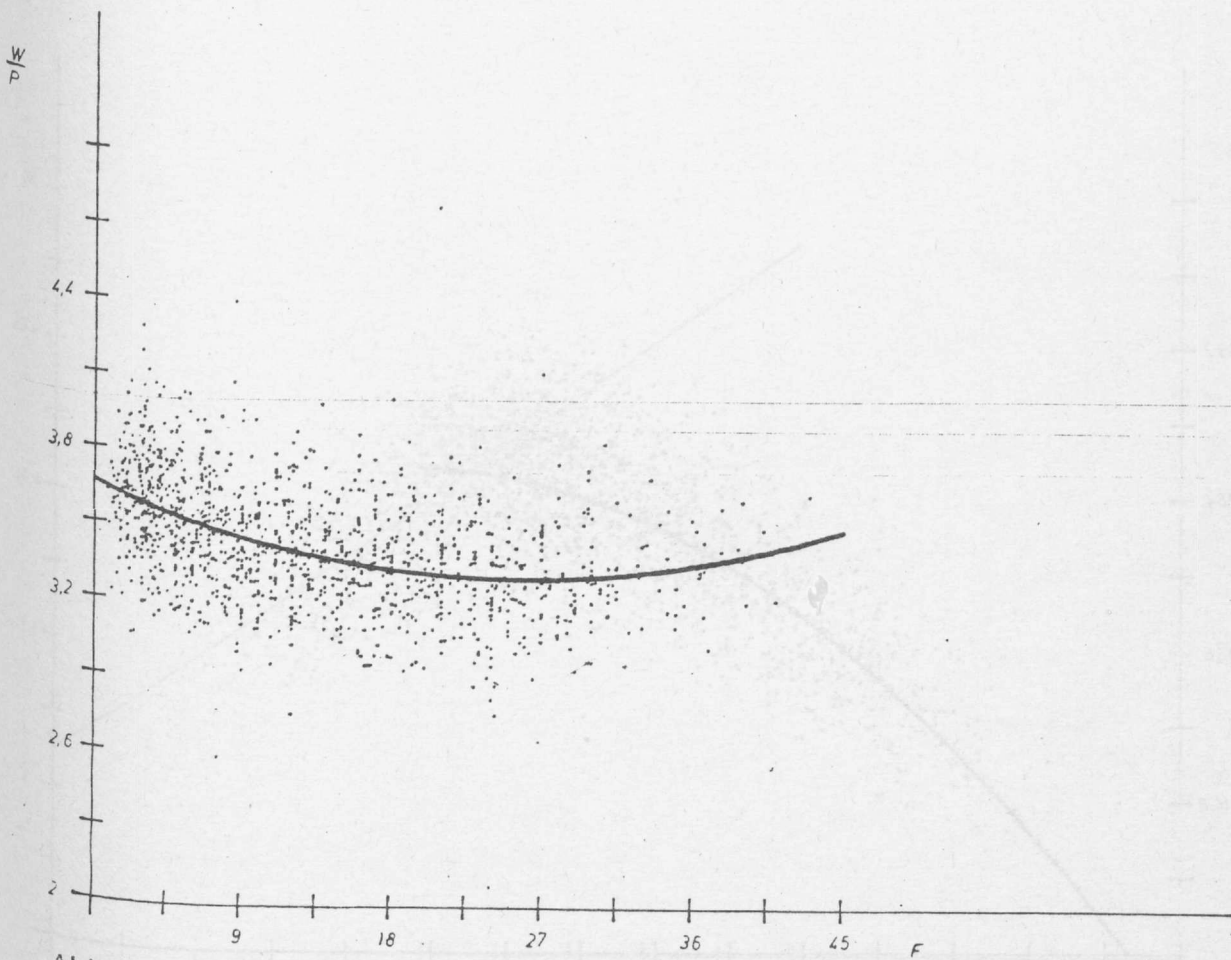


Abb. 4. Zusammenhang des Wasser-Eiweiss Verhältnisses $\frac{W}{P}$ mit dem Fettgehalt F . ($n = 1263$; $r = 0,458$)

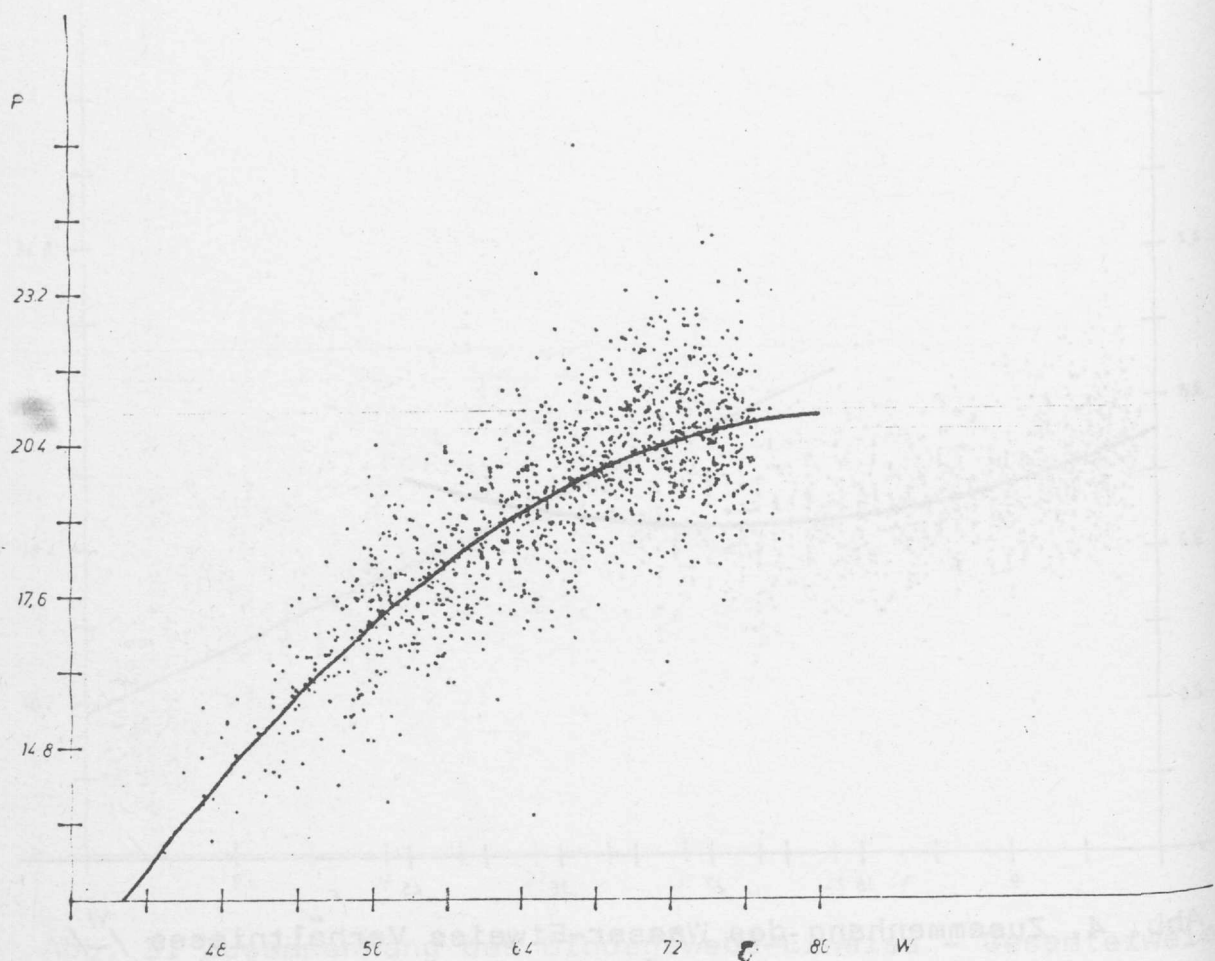


Abb. 5. Zusammenhang zwischen Eiweiss- /P/ und Wassergehalt /W/
 (n = 1263; r = 0,801)

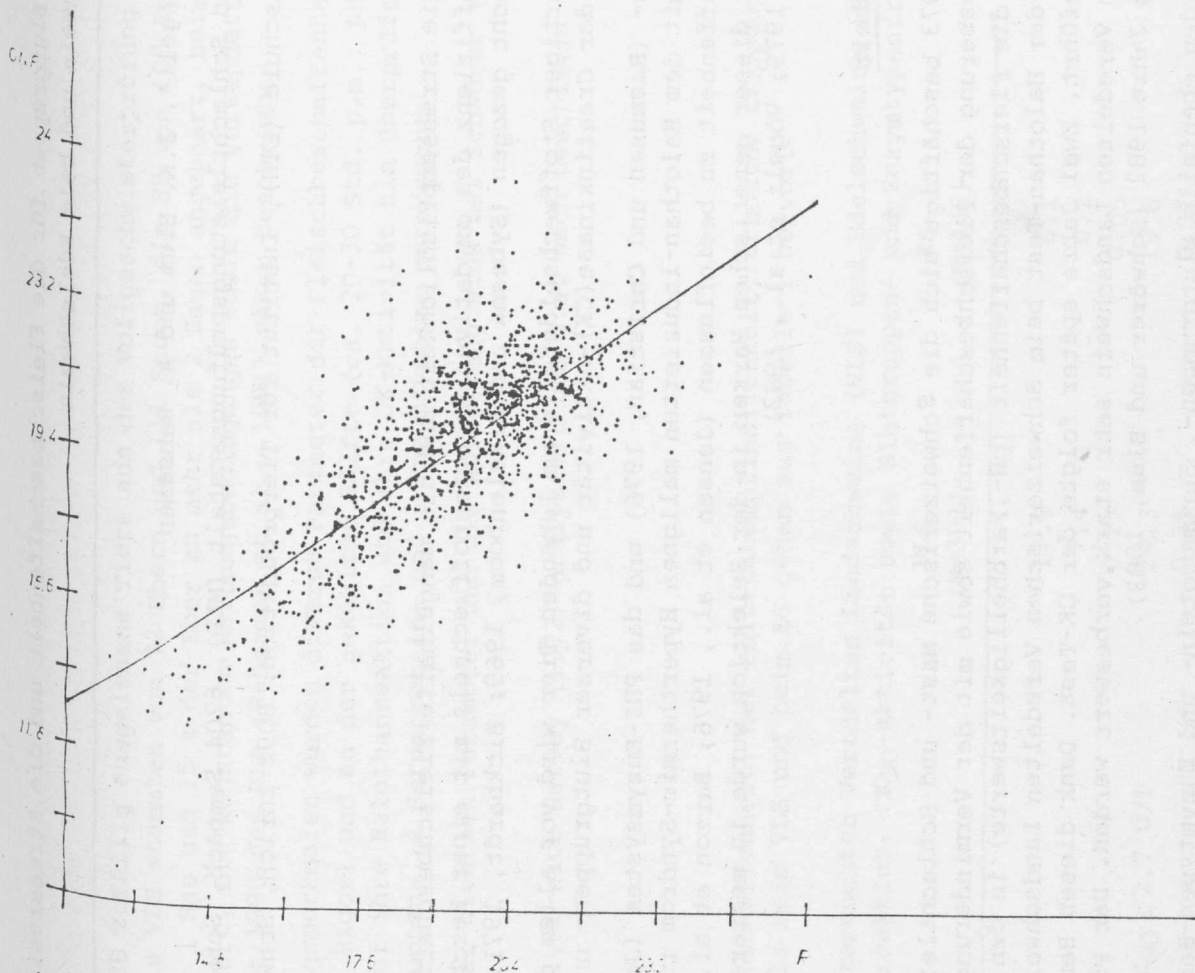


Abb. 6. Zusammenhang zwischen der fettfreien organischen Substanz /ONF/ und dem Eiweissgehalt /P/.
(n = 1263; r = 0,765)