

Rhein-Main-Kiefern dagegen traten auf den Randparzellen 68,9 und 34,7% Knickbildungen nach Ausfall des Höhentriebes auf, während der mittlere Wert nur 25,8% beträgt. Und die Rhein-Main-Kiefern haben auf den Randparzellen 33,1 und 42,3% Schneedruckschäden, gegenüber einem Mittelwert von 19,1%. Sobald also ungünstigere Bedingungen auftreten, reagieren die Rhein-Main-Kiefern sofort darauf. Auf der Vergleichsfläche Bodenwöhr im Kreise Regensburg/Bayern wurde schon im 5jährigen Alter als Ergebnis des Schneedrucks des Jahres 1939/40 festgestellt, daß die ostpreußischen Kiefern fast ohne Schaden durchgekommen waren, während die Rhein-Main-Kiefern sehr stark gelitten haben. Es wurden in diesem Jahre 40 000 fm Holz der bodenständigen Kiefernrasse im Forstamt Bodenwöhr (400 m Seehöhe) durch Schnee gebrochen oder geworfen.

R. VANSELOW (1934) zeigte, daß umweltlabile Kiefernrasse in Oberhessen auf Buntsandstein geringen Schiefstand und eine geringe Anzahl von Krümmungen aufwiesen, während dieselben Herkünfte auf Lößböden starken Schiefstand und maximale Krümmungen hatten. Dieser Umstand kann bei der Anerkennung (äußerer Beurteilung) von Beständen zu Täuschungen führen. Unter günstigen Umweltbedingungen werden die Erbanlagen verschleiert.

- Literatur.
1. BACKMAN, G.: Das Wachstum der Bäume. Roux' Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, S. 455—499, 1942. — 2. DUBOIS, G. & C.: Études paléobotaniques de Tourbières de la région parisienne. Bull. Soc. Géol. de France 1937. — 3. FIRBAS, F.: Die Verbreitungsgeschichte der einzelnen Holzarten, spät- und nach-eiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen, Bd. 1, S. 128, 1949. — 4. MALYGINA, E. A.: Untersuchung der Verbreitung des Pollens einiger Bäume mit ihren Arealen im europäischen Teil der UdSSR, Beiträge über die Geomorphologie und Palaeogeographie der UdSSR, Sporen-Pollenanalytische Arbeiten. Trudi Instituti Geografi XLV, Akademia Nauk CCCR 1931. — 5. POP, E.: Die Pinusphase aus dem Becken von Bilbor in den Ostkarpaten, 1936, Bul. Grad. Bot. s. a. Muz. Bot. Univ. Cluj. 23., und Pollenspektrum des Moores von Colacal (Bukowina), Congr. natur. Ruman. 1928 (Cluj. 1929). — 6. SCHMIDT, W.: Unsere Kenntnis vom Forstsaatgut, Berlin 1930. Das Ostwestgefälle der Kiefernrasse. Intersylva 473—492 (1943); Die Ästigkeit von Kiefernherkünften. Z. Forst und Holz 115—117 (1946); Wärme-klima und Ökotypus. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, Band LXVI, Heft 2, (1953). — 7. SCHRÖCK, O. u. K. STERN: Prüfung des Wachstumsganges der Kiefer im Keimlingtest als Auslesemethode. Züchter 23, Heft 4/5, 137/148 (1953). — 8. VANSELOW, R.: Die Kiefernrassefrage in Hessen. Allg. F. u. J. Zt. 1926; Höhenkiefer und Tieflandskiefer. Allg. F. u. J. Zt. 1928; Wuchsformen der Kiefer in Deutschland. Allg. F. u. J. Zt. 1933/34; Ein Kiefernprovenienzversuch im Lehrwald Wildtal des staatl. Forstamts Freiburg i./Br. Allg. F. u. J. Zt. 1938.

(Aus der Forschungsstelle für Geschichte der Kulturpflanzen in der MAX-PLANCK-Gesellschaft, Berlin-Dahlem.
Leiter: Prof. Dr. E. SCHIEMANN.)

Anatomische Untersuchungen an Weizenspelzen und -körnern verschiedener Polyploidiestufen als Vorarbeit für die Bestimmung prähistorischer Funde.

Von MARIA HOPF.

Mit 2 Tafeln, 3 Textabbildungen und 7 Tabellen.

In dem Maße, wie die genaue spezifische Bestimmung der einzelnen Getreidegattungen, ja häufig auch ihre subspezifische Differenzierung zur Deutung kulturhistorischer und phylogenetischer Fragen an Wert gewann, machte sich das Bedürfnis geltend, neben den äußereren, morphologischen, auch solche Merkmale mit einbeziehen zu können, die selbst bei spärlichem oder schlecht erhaltenem Material eine Entscheidung ermöglichen. Dazu boten sich anatomische Merkmale; und es galt hier, in konserviertem — z. B. getrocknetem, verkohltem usw. — Zustande gut messbare, sowie unter verschiedenen Außenbedingungen in ihrer Ausbildung möglichst konstante, zahlenmäßig belegbare Unterschiede zu finden. —

Für die verschiedenen Gramineengattungen wiesen bereits NETOLITZKY, GROB und GHERASIM bei der Untersuchung von Ausgrabungsfunden darauf hin, daß u. a. die Kieselablagerungen in den Epidermiszellen der Spelzen typische Unterschiede zeigen, und in neuester Zeit zeigte GRASSMÉ bei Nahrungsmittelprüfungen, daß die Maße der Lang- und Querzellen in den Fruchtwänden der einzelnen Weizenarten zur Unterscheidung derselben verwendet werden können. Da jedoch Maßangaben vielfach völlig fehlen oder für Bestimmungszwecke unzureichend sind, wurden — vorerst bei *Triticum* — folgende Messungen vorgenommen:

- I. Kieselemente aus der A) Hüllspelze (gluma)
B) Deckspelze (lemma)
C) Vorspelze (palea)

II. Spaltöffnungen aller drei Spelzen.

III. Fruchtwandzellen (Lang- und Querzellen).

Das Material stammt aus dem Weizensortiment der Forschungsstelle für Geschichte der Kulturpflanzen in der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin-Dahlem, und setzt sich aus folgenden Herkünften zusammen:

- a) *Triticum boeoticum* BOISS. — Wild-Einkorn; brüchig
 - T. 498¹ Angora 4 leg. BAUR
 - 499 Angora 6 „ „
 - 500 Konia 4 „ „
 - 501 Konia 5 = *boeoticum* var. *rufinigrum*, leg. BAUR
- b) *Triticum monococcum* L. — Einkorn; zähspindelig
 - T. 482 Dietingen, Württemberg
 - 502 Eskisehir, Unkraut, leg. BAUR
 - 505 Escaña, Spanien
 - 529 Serbien, weiß
 - 530 Serbien, rot
 - 550 Altheim, Nordbaden, Orig.

¹ Sortimentsnummer.

- T. 553 Gieringen Vorarlberg, alte Landsorte, leg. MAYR
 602 Rabat, Marocco, Coll. SHARMAN
 628 var. *macedonicum*, Balkan, leg. Stubbe, 1942
 646 var. *flavescens*, Bucak, Kleinasien, leg. CHRISTIANSEN-WENIGER
 647 var. *vulgare*, Angora, Kleinasien, leg. CHRISTIANSEN-WENIGER
 648 var. *laetissimum*, Angora, Kleinasien, leg. CHRISTIANSEN-WENIGER
 679 var. *laetissimum*, Rabat, Marocco
 680 „ *laetissimum*, „ „ „
 681 „ *flavescens*, „ „ „
 682 „ *flavescens*, „ „ „
 683 „ Coll. M.P.I. für Züchtungsforschung Voldagsen
- c) *Triticum dicoccoides* KCKE. — Wild-Emmer
 T. 65 var. *spontaneovillosum*, Coll. KÖRNICKE, Bonn
 367 Wilder Weizen, leg. PINNER, Palästina, Stamm II von T. 367
 560 var. *antilibani*, Palästina, Coll. Schlanstedt
- d) *Triticum dicoccum* SCHÜBL. — Emmer
 T. 1 Roter Sommer-Emmer, Coll. KÖRNICKE, Bonn
 14 Roter Emmer, Coll. KAJANUS
 176 Pusa Nr. 12, indisches Weizen
 520 Emmer cult., Serbien
 551 Emmer cult., Oerlikon
 569 Piedras blancas, Asturien
 580 var. *farrum*, weißer Amidonnier, Coll. Gatersleben
 603 de Quessan, Marocco, Coll. SHARMAN.
- e) *Triticum durum* DESF. — Hartweizen
 10 Algerischer Sommer-Weizen, Coll. BAUR
 15 Coll. BAUR
 122 Subarin I — Samaria, leg. Eig.
 545 Angora Coll. Müncheberg 1585
 659 var. *africanum*, Algier, Coll. Voldagsen
- f) *Triticum spelta* L. — Spelz
 T. 25 Sommer-Weizen Weißeire
 514 weißer Winterspelz, Sorte Zuzgen, Oerlikon
 516 weißer Winterspelz, Zucht W. E. 19
- g) *Triticum aestivum* L. var. *aestivo-compactum* SCHIEM. — Binkelweizen
 T. 6 Binkelweizen, Svalöf, Coll. NILSSON-EHLE
 91 Schweden, Svalöf, Coll. NILSSON-EHLE
 552 Alpiner Binkelweizen, Tirol, leg. MAYR
 630 Svalöf
 631 „
- h) *Triticum aestivum* L. — Saatweizen
 T. 37 Siebenbürgischer Landweizen
 55 Roter Tiroler Landweizen
 130 Banater Frühjahrsweizen
 139 Frankensteiner
 175 Pusa, Indien
 407 Kotte-Weizen (Svalöf)
 423 Ritter-Weizen (Svalöf)
 448 Panzer-Weizen (Svalöf)
 480 Rumänischer Winterweizen
 487 „Wohltmanns grüne Dame“.

Es wurden also diploide ($2n = 14$), tetraploide ($2n = 28$) und hexaploide ($2n = 42$) Vertreter, nach Möglichkeit von Wild, Spelz- und Nacktweizen gewählt. Bei der vergleichenden Gegenüberstellung der Ergebnisse wurde die bekannte Reihenordnung von SCHULZ zu Grunde gelegt:

	$2n = 14$	$2n = 28$	$2n = 42$
Wildweizen Spelzweizen	<i>T. boeticum</i> <i>T. monococcum</i>	<i>T. dicoccoides</i> <i>T. dicoccum</i>	unbekannt <i>T. spelta</i>
Nacktweizen	nicht vorhanden	<i>T. durum</i>	<i>T. aestivum</i> <i>T. aestivo-compactum</i>

Das gesamte Untersuchungsmaterial an Körnern und Spelzen wurde aus dem unteren Teil der Ähren entnommen unter Fortlassen der ersten beiden, oft schwächer entwickelten Ährchen.

Die Messungen der Spelzelemente beschränkten sich auf die Mittelpartie zwischen den beiden Nerven; Basis, Spitze und Nerven selbst blieben unberücksichtigt auf Grund der später zu beschreibenden Befunde.

Die ausgewählten Spelzenteile wurden in HCl¹ aufgekocht, um eventuell vorhandene, störende Phosphate zu entfernen, dann auf einem Platinblech verascht, bis nur ein rein weißer Rückstand blieb, anschließend vorsichtig in Cedernholzöl eingebettet. Parallel hierzu wurden unpräparierte Spelzen — mit Cedern- oder Nelkenöl auf dem Objektträger befestigt — ins Auflicht unter das Mikroskop oder Ultropak gebracht und die Kieselkörper in beiden Fällen mit dem Zeichenapparat gezeichnet und auf der Zeichnung ausgemessen. Im allgemeinen sind diese Methoden jedoch nur bei den Vorspelzen erforderlich, denn bei einiger Übung kann man die Kieselplatten- und Spaltöffnungsmessungen bei den Hüll- und Deckspelzen mit dem Ultropak direkt an der Ähre vornehmen, ohne diese Elemente abzupräparieren und damit das Ährchen zu zerstören. Dieses Verfahren wäre besonders zu empfehlen bei spärlichen und deshalb umso kostbareren Ausgrabungsfunden, weil das Material unverändert erhalten bleibt. Leider hat sich aber aus den nachstehenden Meßwerten ergeben, daß die Zellelemente der Hüllspelzen, und bis zu einem gewissen Grade auch die der Deckspelzen, für diagnostische Zwecke wenig geeignet sind, also vorzugsweise die Vorspelzen berücksichtigt werden sollten.

Zur Messung der Fruchtwandzellen wurden die Körner 2–3 Stunden in Wasser gequollen, kleine Rechtecke der Epidermzellen aus der Flankenmitte abgezogen, in Cedernholzöl eingebettet und in der gleichen Weise gezeichnet und ausgemessen.

Für die Ermittlung der statistischen Sicherung der gefundenen Werte wurden die Mittelwerte (M), sowie ihre mittleren Fehler (m) nach der Formel:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

miteinander verglichen und der t-Wert aus der PÄTAUSCHEN t-Tafel entnommen. Die zugehörigen p-Werte sind nur in Tabelle 4 und 7a, b mit aufgeführt, im übrigen sind sie im Text angegeben. $p \leq 0,001$ gilt als gesichert, $p \leq 0,0002$ als gut gesichert.

¹ Nach A. RIPPETT in KLEIN: Handbuch der Pflanzenanalyse, Bd. II, S. 56/7.

I. Kieselemente.

Es ist bekannt, daß die Kieselskelette bei den einzelnen Getreidegattungen sehr unterschiedlich ausgebildet sind; so bestand die Möglichkeit, daß auch innerhalb der Gattung Weizen die einzelnen Arten eine typische Ausgestaltung dieser Elemente aufweisen; außerdem sind die Kieselbalken sehr widerstandsfähig, so daß sie selbst bei ältestem, verkohltem oder inkohltem Material noch unverändert vorhanden und — gegebenenfalls nach Veraschung — gut auffindbar sind. Schon bei der ersten Prüfung ergab sich allerdings, daß innerhalb jeder einzelnen Spelze beträchtliche Unterschiede in der Breite der Skelette bestehen, je nachdem, ob man Spelzenspitze, -mitte, -basis- oder -nerven betrachtet (vgl. Abb. 1—3). Die Spelzenbasis enthält bei den drei Spelzenarten aller untersuchten Weizen sehr schmale, eng gelagerte, lange Elemente ohne Kurzzellen. In den Spitzen — zumal bei den stark behaarten Typen — sind die „Skelettbalken“ dagegen verhältnismäßig kurz und breit und besonders häufig von allseitig stark verästelten Kranzellen, d. h. Haarbasiszellen, unterbrochen. Diese wären wohl korrekter als „fakultative Haarbasiszellen“ zu bezeichnen, da sie nicht einmal in der meist stärker behaarten Spelzenspitze in jedem Falle ein Haar ausbilden, viel seltener noch in den mittleren Spelzenpartien. Die Nerven ähneln in ihrer Kieselstruktur der Spelzenbasis; die „Flügel“, d. h. die Seiten außerhalb der Nerven, weisen, ähnlich wie die Spitze, viele Kranzellen auf, ohne daß die Spelze deswegen behaart zu sein braucht.

In der eigentlichen Mittelfläche finden sich stets neben den Kranzellen als Unterbrechung der mittellangen kräftigen Balken sogen. „Zwillingskurzzellen“: eine gekrümmte, schmale „Kahnzelle“, deren konvexe Seite meistens besonders stark und gleichmäßig mit der Querwand des angrenzenden Balkens verzahnt ist, und eine oft nur schwach oder garnicht verkieselte, viereckige bis runde Kurzzelle, welche auf Grund eben dieser geringen Si-Ablagerung von NETOLITZKY „Korkzelle“ genannt wurde. Gegen den Versuch PFITZNER's, diese Zwillingszellen als „fehlgeschlagene Spaltöffnungsmutterzellen“ zu deuten, wendet sich bereits NETOLITZKY mit dem Einwand, daß die Kahnzelle quer zum Verlauf der übrigen Elemente, also auch dem der Spaltöffnungen, liege. Ein weiteres schwerwiegenderes Gegenargument ergibt sich aus ihrer Verteilung unregelmäßig über die Spelzenfläche hin: nicht nur bei den „Bauchspelzen der Gerste“ liegen die Stomata, wie von ZOEBL beschrieben, „in 2 Reihen zu beiden Seiten der Furche“, auch bei den Weizenspelzen finden sich die Schließzellen — in 2 oder mehr eng beisammenliegenden Reihen — in dichter Aufeinanderfolge, im allgemeinen entlang den Nerven und im äußeren Flügelsaum, und zwar mehr oder weniger auf die Spitzenregion beschränkt. Die Zwillingszellen sind dagegen regellos verteilt.

Beim Vergleich der Breite der Kieselbalken, gemessen von Astende zu Astende (vgl. Tabelle 3 S. 177), ergab sich für die drei Polyploidiestufen folgendes Verhältnis:

$$\begin{aligned} 2n &= 14 \quad H > D > V \\ 2n &= 28 \quad H \sim D \sim V \\ 2n &= 42 \quad H < D < V \end{aligned}$$

(H = Hüllspelze, D = Deckspelze, V = Vorspelze).

Die Balken der diploiden Weizen werden von Hüll- zu Vorspelze hin schmäler; bei den tetraploiden Herkünften ist kein klares Verhältnis zu erkennen; bei den hexaploiden jedoch ist ganz eindeutig ein Breiterwerden der Elemente von Hüllspelze zu Vorspelze hin zu beobachten. Unterschiedlos bei allen Herkünften sind die Seitenäste der Kieselkörper aus den Vorspelzen (Abb. 3) am feinsten ausgebildet und häufig verästelt, während besonders diejenigen der Hüllspelzen (Abb. 1) abgestumpft sind und trotz gelegentlicher Verästelung im allgemeinen plump wirken. Außerdem sind diese Balken — ebenso wie die der Deck- (Abb. 2) und Vorspelzen — häufig nur nesterweise anzutreffen, obgleich die Hüllspelzen doch stets besonders starr und spröde wirken, man also auf stärkste Versteifung schließen möchte. Jedoch ließen sich bisher auch in den Zellwänden keine besonders starken Si-Ablagerungen feststellen, selbst nicht in den Aschepräparaten, welche alle Verkieselungen klar hervorheben. Vergleicht man die Größe der Kieselkörper in den derben, festen Hüllspelzen und den zarten Vorspelzen, so ist man geneigt anzunehmen, daß die Festigkeit der Hüllspelze nicht allein auf Kieseläure-Einlagerungen beruhen kann, wie bisher angenommen wurde.

Zur weiteren Klärung dieser Frage wurde der Kieseläuregehalt bei je einem typischen Vertreter jeder Polyploidiestufe maßanalytisch festgestellt. Die Analysen wurden im Institut für Silikatforschung in der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin-Dahlem, unter Herrn Dr. ENGEL ausgeführt, dem ich an dieser Stelle nochmals für seine freundliche Unterstützung danken möchte.

Tabelle 1.

		Hüllspelzen	Deckspelzen	Vorspelzen
Asche				
(% der Trockensubstanz)				
<i>T. monococcum</i>	T 482	6,71	16,2	11,75
<i>T. dicoccum</i>	T 551	7,3	10,8	6,82
<i>T. aestivum</i>	T 423	14,7	13,47	15,1
Si-Gehalt				
(% der Trockensubstanz)				
<i>T. monococcum</i>	T 482	5,82	14,68	10,2
<i>T. dicoccum</i>	T 551	4,87	9,51	5,13
<i>T. aestivum</i>	T 423	12,1	12,01	12,38
Si-Gehalt				
(% der Asche)				
<i>T. monococcum</i>	T 482	86,7	90,6	86,8
<i>T. dicoccum</i>	T 551	66,8	88,0	75,2
<i>T. aestivum</i>	T 423	82,3	89,2	85,0

Eine Beziehung zwischen Si-Gehalt und Kieselplattenbreite (vgl. Tab. 1 u. 3) bei den verschiedenen Spelzen ist nicht unmittelbar festzustellen, wie sich aus folgender Nebeneinanderstellung ergibt:

Tabelle 2.

Breite der Balken mikroskop. Bild	Si-Gehalt % Asche	% Trockensub- stanz
2 n H > D > V	D > V ≥ H	D > V > H
4 n H ~ D ~ V	D > V > H	D > V > H
6 n H < D < V	D > V > H	V > H > D

Die Deckspelzen von *T. monococcum* weisen sowohl im Verhältnis zur Trockensubstanz wie zum Aschegehalt die stärkste Verkieselung auf. Besonders große Unterschiede und bei allen drei Spelzenarten die

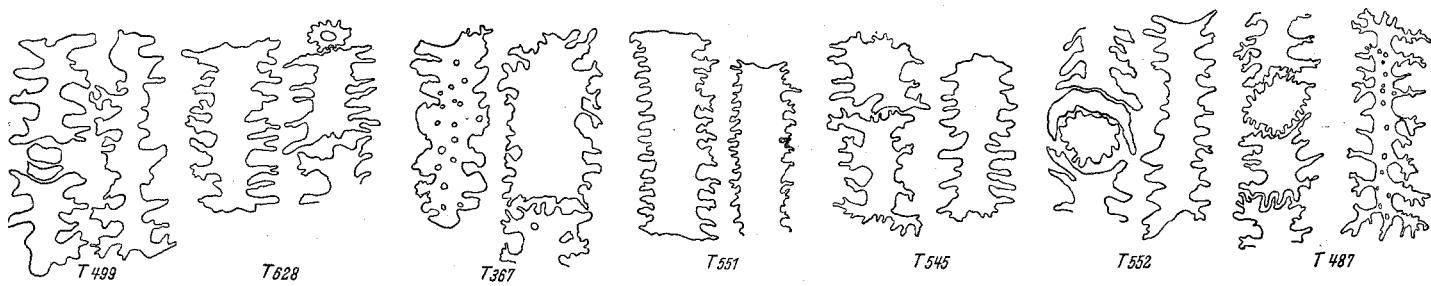


Abb. 1. Hüllspelze. T. 499 *boeoticum* (25,1 mm); T. 628 *monococcum* (24,6 mm); T. 367 *dicoccoides* (22,7 mm); T. 551 *dicoccum* (22,1 mm); T. 545 *durum* (22,3 mm); T. 552 *compactum* (23,7 mm); T. 487 *aestivum* (22,2 mm). (Vergrößerung: 360×).

niedrigsten Werte finden sich bei *T. dicoccum*; annähernd konstant — verglichen mit dem Trockengewicht — bleiben die Si-Anteile nur in den Hüll-, Deck- und Vorspelzen von *T. aestivum*, hingegen bezogen auf den Aschegehalt zeigen sie ähnliche Unterschiede wie bei *T. monococcum*. Eindeutig geht jedoch aus diesen Analysen-Ergebnissen hervor, daß die steifen Hüllspelzen bei allen Weizenarten den geringsten Kieselsäuregehalt besitzen, bezogen auf den Aschegehalt und mit Ausnahme von *T. aestivum* auch im Vergleich zur Trockensubstanz; das Maximum für den Si-Anteil der Asche liegt jeweils bei den Deckspelzen. Die Verkieselung der zarten Vorspelzen ist ausnahmslos stärker als die der Hüllspelzen; ein Befund, der nach dem mikroskopischen Bilde nicht so klar zu erwarten war. Die Festigkeit der Hüllspelzen muß also außer der Verkieselung noch weitere Ursachen haben, vielleicht Zelluloseversteifungen, wie sie beispielsweise ENGEL für die Roggenhalmwände beschreibt. Es wiederholt sich in den Spelzen bis zu einem gewissen Grade der von GENÈRE am Roggenhalm beobachtete Befund, daß der Si-Gehalt von der Wurzel zur Spitze hin — in diesem Falle zur obersten, ontogenetisch jüngsten Spelze hin — zunimmt.

A. Die Breite der Kieselbalken (Tab. 3) bei den Vorspelzen zeigt einen statistisch gut gesicherten Anstieg sowohl innerhalb der einzelnen Polyploidiestufen von den wilden zu den kultivierteren Formen hin¹, wie auch von einer Polyploidiestufe zur nächst höheren;

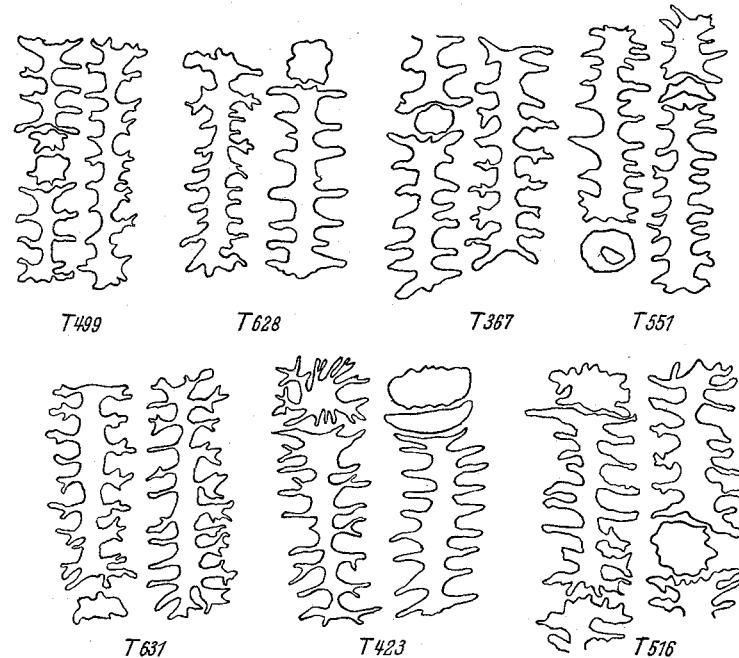


Abb. 2. Deckspelze. T. 499 *boeoticum* (21,2 mm); T. 628 *monococcum* (22,2 mm); T. 367 *dicoccoides* (24,7 mm); T. 551 *dicoccum* (22,0 mm); T. 631 *compactum* (25,5 mm); T. 423 *aestivum* (26,9 mm); T. 516 *spelta* (29,5 mm). (Vergrößerung: 360×).

nur *Triticum dicoccoides* ordnet sich innerhalb der Tetraploiden „falsch“ ein. Der jeweilige Sprung von Di- zu Tetra- und Hexaploiden ist jedoch genügend groß, um eine Einordnung unbekannter Weizenherkünfte in die zugehörige Polyploidiestufe nach diesem Merkmal zu ermöglichen.

¹ Wenn man mit SCHIEMANN *aestivo-compactum* als primitive Form der Saatweizen anerkennt, wozu man nach der Herkunft der hier untersuchten Binkelweizen berechtigt ist.

Tabelle 3.
Breite der Kieselplatten in Weizenspelzen
(gemessen in μ von Seitenastendung zu Seitenastendung)
(Spelzenmitte)

	Hüllspelze			Deckspelze			Vorspelze		
	n	min. — max.	Mittelwert	n	min. — max.	Mittelwert	n	min. — max.	Mittelwert
<i>T. boeoticum</i>	70	15,3—33,7	25,1	274	10,9—30,9	21,2	80	12,7—23,6	17,6
<i>T. monococcum</i>	420	13,3—41,9	24,6	440	10,9—36,4	22,2	358	10,9—30,9	18,7
<i>T. dicoccoides</i>	130	9,2—42,9	22,7	240	16,4—36,4	24,7	80	18,2—29,1	23,6
<i>T. dicoccum</i>	360	10,2—33,6	22,1	300	14,5—34,5	22,0	60	16,4—30,9	22,2
<i>T. durum</i>	116	11,2—36,7	22,3	70	16,1—32,2	23,1	60	14,5—32,7	23,2
<i>T. compactum</i>	60	17,4—31,6	23,7	250	16,4—36,4	25,5	100	18,2—47,3	28,3
<i>T. aestivum</i>	125	8,2—48,0	22,2	260	16,4—36,4	26,9	80	21,8—41,8	30,3
<i>T. spelta</i>	100	25,0—37,5	28,7	75	18,4—40,9	29,5	160	25,0—48,2	31,6
Saqqarah M	40	16,4—31,6	23,8	180	14,5—38,2	23,9	150	14,5—30,9	20,96
Saqqarah K	85	12,3—31,6	20,5	250	16,4—30,9	22,2	36	14,5—29,1	21,2
Saqqarah I ^b				110	16,4—34,5	22,9	70	12,7—34,5	19,6

B. Geringere Differenzen, wenn auch mit der gleichen Tendenz, zeigen die Kieselbalken der Deckspelzen.

C. Nur bei den Hüllspelzen ist das Bild unklar; wie bereits erwähnt, sollte man daher davon absehen, die Hüllspelzen in diesem Zusammenhang als Kriterium bei der Bestimmung von Weizenarten heranzuziehen.

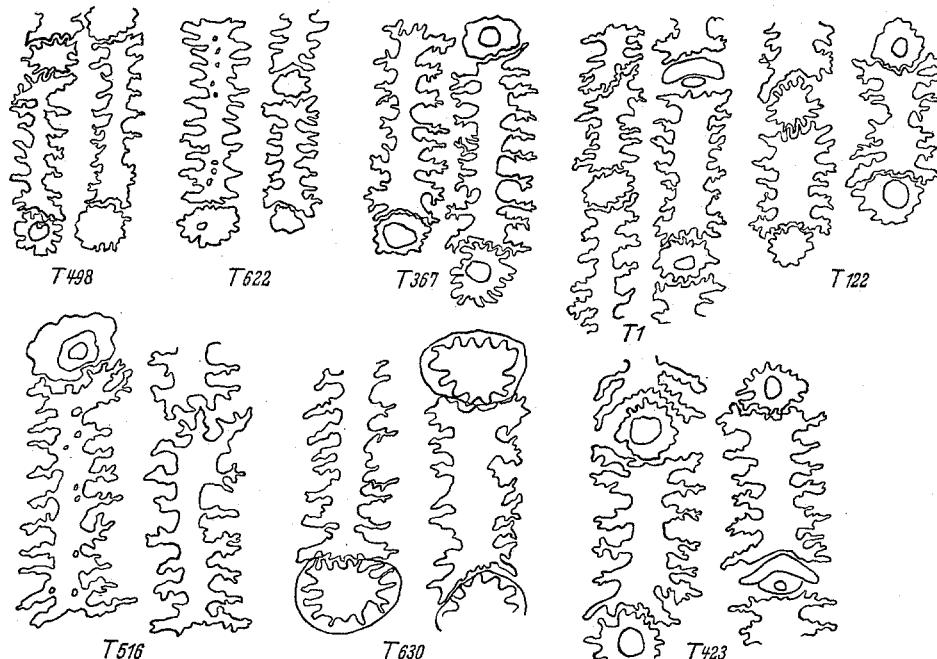


Abb. 3. Vorspelze. T. 498 *boeoticum* (17,6 mm); T. 628 *monococcum* (18,7 mm); T. 367 *dicoccoides* (23,6 mm); T. 1 *dicoccum* (22,2 mm); T. 122 *durum* (23,2 mm); T. 516 *spelta* (31,6 mm); T. 630 *compactum* (28,3 mm); T. 423 *aestivum* (30,3 mm).

Tabelle 4.
p-Werte der Kieselement-Messungen.

	Hüllspelze	Deckspelze	Vorspelze
<i>T. boeoticum-monococcum</i>		0,01	0,0006
<i>T. monococcum-dicoccum</i>	< 0,0002	0,47	< 0,0002
<i>T. monococcum-Saqqarah M</i>	0,13	< 0,0002	< 0,0002
<i>T. monococcum-Saqqarah K</i>	< 0,0002	0,44	< 0,0002
<i>T. dicoccum-Saqqarah M</i>	0,16	< 0,0002	0,0005
<i>T. dicoccum-Saqqarah K</i>	< 0,0002	0,16	0,07
<i>T. monococcum-dicoccoides</i>	0,0015	< 0,0002	< 0,0002
<i>T. dicoccum-dicoccoides</i>		< 0,0002	< 0,0002
<i>T. dicoccum-compactum</i>	0,15	< 0,0002	< 0,0002
<i>T. dicoccum-aestivum</i>		< 0,0002	< 0,0002
<i>T. compactum-aestivum</i>			0,0034

Tabelle 5.

	HELBAEK	HOPF				
		min.	max.	M	min.	max.
<i>Triticum boeoticum</i>	10,6 — 13,9 μ			17,6 μ	(12,7 — 23,6)	
<i>T. monococcum</i>	11,5 — 13,3			18,7	(10,9 — 30,9)	
<i>T. dicoccoides</i>	20 — 21,5			23,6	(18,2 — 29,1)	
<i>T. dicoccum</i>	17,9 — 22,6			22,2	(16,4 — 30,9)	
Saqqarah	17,3 — 20,8			{ M 20,96 K 21,2 1b 19,6	{ (14,5 — 30,9) (14,5 — 29,1) (12,7 — 34,5)	

Beobachtungen über die Häufigkeit und Anordnung der verschiedenen Kieselkurzzellen bei den einzelnen Arten führten bisher zu keinem auswertbaren Ergebnis (Vergl. Taf. I u. II, Nr. IV—XXIX).

Im Verlauf der Untersuchungen konnten auch Proben aus antikem, von SCHIEMANN untersuchtem

Material (Saqqarah, Ägypten, VI. Dynastie), unter den Deckbezeichnungen M, K, 1 b geprüft werden, welche z. T. an *Triticum monococcum* erinnerten. Obgleich nur jeweils 2 Hüll-, Deck- und Vorspelzen vorlagen und diese infolge von Inkohlung sehr brüchig waren, ergaben sich doch statistisch gesicherte Werte, die eine eindeutige Eingliederung der 3 Proben in die tetraploide Reihe — als *Triticum dicoccum* — ermöglichen. Eine inzwischen von H. HELBAEK veröffentlichte Arbeit, welche sich im Zusammenhang mit einem größeren Material der gleichen Herkunft ebenfalls mit den Kieselementen der Weizenarten befaßt, kommt zu entsprechenden Ergebnissen. HELBAEK gibt jedoch nur für die Vorspelzen von rezenten Spelzweizen der ersten beiden Polyploidiestufen Zahlenwerte an. Auch er berücksichtigt ausschließlich die Spelzenmitte; seine absoluten Werte liegen etwas niedriger als die hier wiedergegebenen, weil er die mittlere Zellbreite mißt, unter Vernachlässigung der den Astenden

der Kieselplatten folgenden Ausbuchungen. Er nahm jeweils nur 20 Messungen einer einzigen, rezenten Art, dazu an nur einer Spelze vor — nähere Angaben über deren Insertion an der Ähre und über die behandelten Weizenherkünfte fehlen; so erhielt er, zumal jede Einzelmessung einen Komplex von je 10 Zellen umfaßte, also in sich schon eine Art Mittelwert darstellt, eine geringere Variationsbreite bei den Einzelmessungen, als dies bei Berücksichtigung von Sippen der verschiedensten Verbreitungsgebiete der Fall sein mußte. Denn da die Wanddicke, die Weite des Zell-Lumens, das Vorhandensein oder Fehlen von leistenförmigen Vorsprüngen in den Zellwänden in hohem Grade von Standorteinflüssen abhängig sind (GROB), so muß vorausgesetzt werden, daß Außenfaktoren bei den hier untersuchten Elementen eine gewisse Rolle spielen können. Indessen war die Variationsbreite auch bei Berücksichtigung der verschiedenen Herkünfte nicht so groß, daß die Abgrenzung der Meßwerte gegenüber einander in Frage gestellt worden wäre.

Sowohl bei HELBAEK als auch bei der vorliegenden Arbeit zeigte sich vielmehr, daß an Hand von anatomischen Merkmalen ein Bestimmungsschlüssel aufgestellt werden kann, der es ermöglicht, prähistorische Funde zumindest in die zugehörige Polyploidiestufe einzureihen (Tab. 5).

II. Spaltöffnungen.

Die Spaltöffnungen haben sich als besonders geeignet für Untersuchungen über Größenänderungen von Zellelementen erwiesen, sowohl bei auto- als bei allopolyploiden Pflanzen (vgl. SCHWANITZ und ferner die dort zitierte Literatur); deshalb wurde auch bei dem vorliegenden Weizensortiment die Länge der Schließzellen an den Hüll-, Deck- und Vorspelzen der Einkorn-, Emmer- und Dinkelreihe verglichen (Taf. II Nr. XXXVI bis XLVI):

Bei den Vorspelzen der *monococcum*-Herkünfte war es nur in den seltensten Fällen möglich, Schließzellen aufzufinden, obgleich die Sicht weder durch dichte Behaarung noch durch störende Zellschichten unterhalb der Epidermis behindert wurde. Die spärliche Ausbildung bzw. das völlige Fehlen von Spaltöffnungen an *monococcum*-Vorspelzen darf somit als besonderes Merkmal dieser Weizenart genannt werden.

Die Maße der Schließzellenlänge der Einkorn- und Emmerreihe sind bei allen drei Spelzenarten statistisch gegeneinander

gesichert¹. Eine Abgrenzung der tetra- gegenüber den hexaploiden Weizen ist hingegen nach diesen Werten nicht möglich.

Da an den Vorspelzen des ägyptischen Materials zahlreiche, gut ausgebildete Schließzellen vorhanden waren, deren Länge, ebenso wie bei den Deckspelzen, eindeutig im Bereich der Emmerreihe liegt, wird auch

¹ Auf eine Wiedergabe der p-Werte im einzelnen wurde aus Raumersparnis verzichtet.

Tab. 6. Spaltöffnungen.

	Hüllspelzen	Deckspelzen	Vorspelzen
<i>T. boeoticum</i>	n = 60 32,43	n = 22 33,6	n = 42 31,3
<i>T. monococcum</i>	n = 44 29,9	n = 10 33,5	n = 10 26,5
<i>T. dicoccoides</i>	n = 44 36,2	n = 14 41,2	n = 42 35,7
<i>T. dicoccum</i>	n = 100 38,9	n = 20 36,6	n = 76 38,1
<i>T. durum</i>	n = 56 38,9	n = 32 48,1	n = 48 40,8
<i>T. compactum</i>	n = 66 37,4	n = 37 41,8	n = 61 40,4
<i>T. aestivum</i>	n = 98 40,7	n = 12 37,7	n = 50 41,0
Saqqarah M	n = 20 34,4	n = 32 37,9	n = 20 35,3
Saqqarah K	n = 30 33,8	n = 32 39,3	n = 18 38,0

Tab. 7. Weizenfruchtwandmessungen in μ .

	a Langzellen						Hk.	
	Länge		Breite		Wand			
	min.-max.	Mittel	min.-max.	Mittel	min.-max.	Mittel		
<i>T. boeoticum</i> 500 Messungen	24,8—257,3	120 $\pm 0,598$	6,2—34,1	18,0 $\pm 0,167$	0,7—5,6	2,28 $\pm 0,003$	4	
<i>T. monococcum</i> 1500 Messungen	31,0—307,6	129 $\pm 0,31$	6,2—43,6	22,7 $\pm 0,103$	0,7—7,0	2,43 $\pm 0,028$	14	
<i>T. dicoccoides</i>	65,1—328,6	145 $\pm 0,65$	12,4—52,7	31,9 $\pm 0,09$	1,4—7,0	3,25 $\pm 0,07$	4	
<i>T. dicoccum</i>	62,0—377,2	147 $\pm 0,703$	9,3—62,0	30,1 $\pm 0,116$	1,4—7,0	2,95 $\pm 0,025$	7	
<i>T. compactum</i>	71,1—269,7	153 $\pm 1,122$	24,8—61,0	39,3 $\pm 0,187$	7,0—11,2	7,82 $\pm 0,207$	2	
<i>T. aestivum</i>	83,7—393,7	171 $\pm 0,82$	18,6—58,9	39,3 $\pm 0,145$	3,1—9,3	7,48 $\pm 0,085$	3	
<i>T. monococcum</i> gegen <i>dicoccum</i>		p = < 0,0002		p = < 0,0002		p = < 0,0002		

HK = Anzahl der untersuchten Herkünfte. p = statistische Sicherung

	b Querzellen						Hk.	
	Länge		Breite		Wand			
	min.-max.	Mittel	min.-max.	Mittel	min.-max.	Mittel		
<i>T. boeoticum</i> 500 Messungen	24,8—145,2	66,63 $\pm 0,304$	6,2—24,8	14,5 $\pm 0,161$	0,7—4,2	2,03 $\pm 0,035$	4	
<i>T. monococcum</i> 1500 Messungen	18,6—182,2	74,9 $\pm 0,183$	6,2—31,0	14,9 $\pm 0,026$	0,7—4,2	1,8 $\pm 0,019$	14	
<i>T. dicoccoides</i> 400 Messungen	52,7—148,8	88,3 $\pm 0,33$	9,3—37,2	17,0 $\pm 0,073$	1,4—4,9	2,13 $\pm 0,048$	4	
<i>T. dicoccum</i> 700 Messungen	46,5—213,9	121 $\pm 0,358$	9,3—36,9	18,7 $\pm 0,055$	0,7—4,2	1,49 $\pm 0,025$	7	
<i>T. compactum</i> 200 Messungen	77,5—232,5	127 $\pm 0,64$	12,4—34,1	19,8 $\pm 0,08$	3,1—9,3	5,6 $\pm 0,18$	2	
<i>T. aestivum</i> 400 Messungen	51,0—295,6	128 $\pm 0,49$	15,5—37,4	21,8 $\pm 0,072$	3,1—6,2	4,25 $\pm 0,111$	3	

durch dieses Merkmal die Annahme bestätigt, daß es sich bei den vorliegenden Proben nicht um *Triticum monococcum*, sondern um *Triticum dicoccum* handelt.

III. Fruchtwandmessungen.

Als weiteres Merkmal wurden die Lang- und Querzellen der Fruchtwände untersucht; ihre Länge, Breite, Wanddicke und gegebenenfalls Besonderheiten in der Tüpfelung festgestellt (vgl. Taf. II Nr. XXX—XXXV Tab. 7a und b). Die Längen- und Breitenmaße der Lang- sowohl als auch der Querzellen zeigen einen kontinuierlichen Anstieg innerhalb der einzelnen Polyploidestufen und auch von einer Stufe zur nächst höheren, ausgenommen die Langzellenbreite, welche bei den Hexaploidien gleich bleibt und bei *T. dicoccoides* etwas über der der kultivierten tetraploiden Form liegt. Dieses Verhalten von Wild- zu Kulturform finden wir dann jedoch, abgesehen von den Langzellen *T. boeoticum*/*monococcum*, bei allen Werten für die Wanddicke wieder; sie sind bei den primitiven Formen jeder Gruppe höher als bei den weiter entwickelten. Die auffallend hohen Zahlen der hexaploiden Gruppe werden auch durch Untersuchungen von GRASSMÉ bestätigt. Sie forderte für die wenig geschützten Früchte von Nacktweizen dickere Zellwände als für solche von bespelzten Formen. Das von ihr zur Beweisführung erstellte Zahlenmaterial stimmt mit den hier vorgelegten Werten weitgehend überein. Ein Vergleich ist allerdings nur bis zu einem gewissen Grade möglich, da alle nachstehend behandelten di- und tetraploiden Herkünfte Spelzweizen, nur die beiden hexaploiden Stämme Nacktweizen sind. Doch sind bei den letztgenannten Arten die Zellwände gegenüber den bespelzten Formen der beiden niedrigeren x-Stufen zu stark verdickt, als daß dieser Unterschied allein mit der höheren Polyploidestufe erklärt werden könnte; denn Lang- und Querzellen zusammengenommen, verhält sich der Anstieg der Maße für die

	$2n = 14$	$2n = 28$	$2n = 42$
Zell-Längen	1 : 1,35	1 : 1,62	
Zell-Breiten	1 : 1,35	1 : 1,61	
Wanddicken	1 : 1,16	1 : 2,94	

d. h. der Zuwachs der Wandstärke zwischen der 2. und 3. Stufe beträgt das Drei- bis Vielfache gegenüber dem Zuwachs aller übrigen Werte.

Form und Tüpfelung der Lang- und Querzellen sind recht variabel; die Langzellen von *T. boeoticum* sind zierlich, in der Mitte etwas ausgewölbt, und weisen — entgegen den Angaben von GRASSMÉ — gelegentlich sehr schmale Tüpfel auf; bei *T. monococcum* wirken

sie häufig quadratisch und die Längswände durch zahlreiche, breite Tüpfel perlschnurartig. *T. dicoccoides* hat viele schmale Tüpfel; *T. dicoccum* wenige schmale Tüpfel, so daß die Wände fast einheitlich glatt erscheinen. Die Hexaploidien zeichnen sich durch breite Tüpfel aus; bei *T. aestivum* und *T. compactum* ist auch die Querwand der Langzellen von meistens 3 Tüpfeln durchbrochen. Interzellularen finden sich nur selten. Die für eine Diagnose der Weizenarten brauchbaren Maßzahlen sind in Tab. 7a und b zusammengestellt.

Es muß aber in diesem Zusammenhang ebenso wie für alle vorangegangenen Untersuchungen noch einmal betont werden, daß es irreführend wäre, für die Bestimmung eines rezenten oder prähistorischen Weizens nur ein einzelnes der als brauchbar beschriebenen Unterscheidungsmerkmale, gar auf Grund einiger weniger Messungen, heranzuziehen; es sollten stets mehrere Charakteristika berücksichtigt werden. Wie an dem Beispiel der altägyptischen Proben gezeigt werden konnte, ließ ein Vergleich der Kieselskelette und der Spaltöffnungen — die auch bei völlig verkohltem Material noch gut auffindbar sind — eine Kontrolle der nach morphologischen Gesichtspunkten erfolgten Bestimmung zu.

Die Arbeit wurde mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt, wofür ich an dieser Stelle danken möchte.

Literatur.

1. ENGEL, W.: Untersuchungen über die Kieselsäureverbindungen im Roggenvahlm. *Planta*, Bd. 41, 1953. —
2. GENÈRE, A.: Verteilung einiger Elemente im Strohalm. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 224, 954 (1947); cit. W. ENGEL, *Planta*, Bd. 41, 1952/3, p. 365. — 3. GHERASIM, H.: Neue Kennzeichen der Getreidespelzen und Beiträge zur Bestimmung prähistorischer Pflanzenfunde. *Pharmaz. Monatshefte* 9, Jg. II, Sept. 1921. — 4. GROB, A.: Beiträge zur Anatomie der Epidermis der Gramineenblätter. *Bibliotheca Botanica*, 1896. — 5. HELBAEK, H.: Queen Ichetis' Wheat. *Biol. Medd.* 21, 8 (1953). — 6. MELCHIOR, H. u. GRASSMÉ, G.-CHR.: Der diagnostische Wert der Längs- und Querzellen beim Weizen. Im Druck. — 7. NETOLITZKY, F.: Anatomische Beobachtungen an Zerealienfrüchten. *Österr. Bot. Zeitschr.*, Jg. 1914. — 8. PÄTAU, K.: Zur statistischen Beurteilung von Messungsreihen. (Eine t-Tafel.) *Biol. Zentralblatt*, Bd. 63, H. 3/4, 1943. — 9. PFITZNER: zitiert bei NETOLITZKY. — 10. SCHIEMANN, E.: Weizen, Roggen, Gerste. G. Fischer, Jena 1948. — 11. SCHIEMANN, E.: Einkorn im alten Ägypten? Untersuchungen zur Unterscheidung von Einkorn und Emmer (*Triticum monococcum* und *Triticum dicoccum*). *Züchter* 24, 139—149 (1954). — 12. SCHWANITZ, F.: Die Zellgröße als Grundelement in Phylogenetise und Ontogenese. *Züchter* 23, 17—44 (1953). — 13. ZOEBL, A.: Der anatomische Bau der Fruchtschale der Gerste. *Verh. d. naturforsch. Vereins in Brünn*, Bd. 27.

BUCHBESPRECHUNGEN.

TH. ROEMER, J. SCHMIDT, E. WOERMANN, A. SCHEIBE, **Handbuch der Landwirtschaft.** Lieferung 18 und 20, Band II, Bogen 22—35. Berlin: P. Parey 1953. Je Lieferung Subskriptionspreis DM 9.—

Der Band „Pflanzenbaulehre“ wird fortgesetzt mit dem Beitrag **v. BOGUSLAWSKI, E., „Ölfruchtbau“, S. 318—387.**

Diesem in der deutschen Landwirtschaft nur geringe Anbauflächen einnehmenden, aber in der Welt doch sehr bedeutungsvollen Zweig des Pflanzenbaus ist ein verhältnismäßig umfangreicher Beitrag aus der Feder des für seine Züchtungen an deutschen Ölfrüchten bekannten Gießener Professors gewidmet. Er ist nach dem Aufbau

den vorhergehenden Beiträgen angeglichen und enthält sehr viele in den letzten Jahrzehnten neuerarbeitete Kenntnisse. Wichtig ist besonders auch der Hinweis auf die Qualitätseigenschaften der verschiedenen Pflanzenöle, insbesondere hinsichtlich ihrer Zusammensetzung nach gesättigten und ungesättigten Fettsäuren, die auf Grund neuerer physiologischer Untersuchungen für die menschliche Ernährung eine wichtige Rolle spielen. Auch der Vergleich der Ertragsleistungen der verschiedenen Ölfrüchte ist von allgemeiner Bedeutung. Der besondere Teil schildert die wichtigsten Tatsachen für die Anbaubedingungen und Anbautechnik der einzelnen in Deutschland anbaufähigen Ölfrüchte. Auch einige seltene