

K o h l e n h y d r a t e

**in Samen von Getreide und Pseudogetreide sowie in
Knollen, Wurzeln und Ganzpflanzen verschiedener Arten**

von

Prof. Dr. Walter H. Schuster und

Prof. Dr. Richard A. Marquard

mit 16 Darstellungen, 10 Tabellen und 85 Bildtafeln

Fotos von Prof. Dr. W. H. Schuster

**Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I der
Justus-Liebig-Universität in Gießen**

Elektronische Bibliothek der Universität Gießen

Vorwort

Diese Veröffentlichung ist eine Fortsetzung aus unseren Arbeiten über die Darstellung von Kulturpflanzen in Wort und Bild, wobei stets auch weniger bekannte Arten in die Betrachtung einbezogen wurden, um damit zur Erhaltung der Artenvielfalt beizutragen.

Bisher sind erschienen:

„Ölpflanzen in Europa“, DLG-Verlag Frankfurt am Main 1992

„Leguminosen zur Kornnutzung“, Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung, Reihe II (Monographien) Band 11, 1998 (auf CD als Buch) und in der elektronische Bibliothek der Justus-Liebig-Universität Gießen. URL. <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltext/2000/320/>

Die vorliegende Publikation enthält einen Vorspann über die Biosynthese, Chemie und Verwendung der Kohlenhydrate. Bei der Abhandlung der Pflanzen liegt der Schwerpunkt auf der Bilddokumentation, so dass der Text relativ kurz gehalten werden konnte. Zu jeder Pflanzenart ist die verfügbare einschlägige Literatur angegeben, so dass insgesamt eine recht umfassende Literaturübersicht enthalten ist.

An dieser Stelle möchten wir für die zahlreichen Hilfen, die uns diese Zusammenstellung ermöglicht haben, herzlich danken:

Für die Beschaffung von Samen und Pflanzenmaterial Herrn Prof. Dr. Joachim Alkämper, Gießen und Herrn Prof. Dr. Rainer Schulze-Kraft, Stuttgart-Hohenheim; für die Anzucht von Pflanzen Herrn Roland Kürschner und Mitarbeiterinnen im Gewächshaus in Gießen; den Damen und Herren des Botanischen Gartens in Gießen, insbesondere den Herren Dipl.Ing Holger Laake und Michael Jaeger sowie im Phytotron und Gewächshaus in Rauisch-Holzhausen Frau Sieglinde Leonhäuser und Herrn Dr. Michael Gaudchau; für Schreibarbeiten und Anfertigung von Darstellungen Frau Sieglinde und Herrn Heinrich Leonhäuser, Rauisch-Holzhausen, für das Scannen des umfangreichen Bildmaterials Herrn Wilhelm Hettche, Gießen; für Computerarbeiten Herrn Dipl.-Ing.agr. Stefan Bingel und für die Beschaffung von Literatur Frau Anna Bietz.

Gießen, im Mai 2005

W. Schuster, R. Marquard

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	III
Verzeichnis der Abbildungen.....	VIII
Verzeichnis der Tabellen.....	IX
Verzeichnis der Bildtafeln.....	X
1 Einführung.....	1
2 Kohlenhydratbildung durch Photosynthese.....	2
2.1 C ₃ - und C ₄ -Pflanzen, Biosynthesewege.....	3
3 Chemie der Kohlenhydrate.....	7
3.1 Monosaccharide.....	7
3.2 Disaccharide.....	8
3.3 Oligosaccharide.....	9
3.4 Polysaccharide.....	10
3.4.1 Für den Menschen vollständig verdauliche und verwertbare Polysaccharide.....	10
3.4.2 Teilweise verdauliche und verwertbare Polysaccharide.....	11
3.4.3 Unverdauliche Polysaccharide (Ballaststoffe).....	12
3.4.4 Hemicellulosen.....	12
4 Kohlenhydrate in der Ernährung.....	14
4.1 Verdauung und Absorption der Kohlenhydrate.....	14
4.2 Verwertung der Kohlenhydrate im Organismus.....	15
5 Kohlenhydrate als nachwachsende Rohstoffe für industrielle Nutzung.....	16
5.1 Verwendung von Zucker.....	17
5.2 Verwendung von Stärke.....	19
5.3 Verwendung von Holz und Cellulose.....	21
5.4 Verwendung von Pflanzenfasern.....	22
5.5 Nutzung als Bioenergie.....	24
6 Kohlenhydrate liefernde Pflanzen.....	28
6.1 Cerealien und Pseudocerealien (Getreide und Pseudogetreide).....	28
6.1.1 Cerealien (Getreide).....	30

6.1.1.1	Weizen, <i>Triticum spec.</i>	30
6.1.1.1.1	Weichweizen (<i>Triticum aestivum</i> L.)	38
6.1.1.1.2	Hartweizen (<i>Triticum durum</i> Desf.)	40
6.1.1.1.3	Spelz, Dinkel (<i>Triticum spelta</i> L.)	42
6.1.1.2	Gerste (<i>Hordeum vulgare</i> L.).....	44
6.1.1.3	Hafer, <i>Avena spec.</i>	48
6.1.1.3.1	Saat-Hafer (<i>Avena sativa</i> L.).....	50
6.1.1.3.2	Byzantinischer Hafer (<i>Avena byzantina</i> Koch).....	52
6.1.1.4	Roggen (<i>Secale cereale</i> L.)	54
6.1.1.5	Triticale (<i>Triticosecale</i> Wittm. ext. Camus).....	58
6.1.1.6	Reis (<i>Oryza sativa</i> L.)	62
6.1.1.7	Mais (<i>Zea mays</i> L.)	64
6.1.1.8	Sorghumhirsen, <i>Sorghum spec.</i> (= <i>Andropogon</i> Moench).....	68
6.1.1.8.1	Johnsongras, Aleppo-Hirse (<i>Sorghum halepense</i> L. Moench)	70
6.1.1.8.2	Sudangras, einschließlich Sudangras-Hybriden (<i>Sorghum sudanense</i> [Piper] Stapf. [= <i>S. bicolor</i> var. <i>sudanense</i>])	72
6.1.1.8.3	Zuckerhirse (<i>Sorghum saccharatum</i> Nees [= <i>S. bicolor</i> var. <i>saccharatum</i>]).....	74
6.1.1.8.4	Besenhirse (<i>Sorghum technicum</i> Koern. [= <i>S. dochna</i> [Forsk.] Snowden = <i>S. bicolor</i> var. <i>technicum</i>]).....	77
6.1.1.8.5	Mohrenhirse, Korn-Sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> [L.] Moench [= <i>S. vulgare</i> Pers.].....	80
6.1.1.8.5.1	Durra (<i>Sorghum durra</i> [Forsk.] Stapf. [= <i>S. bicolor</i> var. <i>durra</i>]).....	82
6.1.1.8.5.2	Weißer Durra (<i>Sorghum cernuum</i> [Ard.] Host. [= <i>S. bicolor</i> var. <i>cernuum</i>])	84
6.1.1.8.5.3	Kafir, Kafferkorn (<i>Sorghum caffrorum</i> [Relz.] Beauv. [= <i>Sorghum bicolor</i> var. <i>caffrorum</i>]).....	86
6.1.1.8.5.4	Guinea-Korn (<i>Sorghum guinense</i> Stapf. em. Snowden [= <i>Sorghum bicolor</i> var. <i>guinense</i>])	88
6.1.1.8.5.5	Feterita (<i>Sorghum caudatum</i> [Hack.] Stapf [= <i>S. bicolor</i> var. <i>caudatum</i>]).....	90
6.1.1.8.5.6	Kaoliang (<i>Sorghum nervosum</i> Bess. ex Schult. [= <i>S. bicolor</i> var. <i>nervosum</i>]).....	92

6.1.1.8.5.7	Milo (<i>Sorghum subglabrescens</i> [Steud] Schweinf. et Aschers. [= <i>S. bicolor</i> var. <i>subglabrescens</i>]).....	94
6.1.1.9	Perlhirse (<i>Pennisetum americanum</i> [L.] Leeke [= <i>P. spicatum</i> [L.] Roem. et Schult. = <i>P. glaucum</i> [L.] R. Br.).....	96
6.1.1.10	Rispenhirsen, <i>Panicum</i> spec.....	99
6.1.1.10.1	Rispenhirse (<i>Panicum miliaceum</i> L.).....	99
6.1.1.10.2	Kutkihirse (<i>Panicum sumatrense</i> Roth.).....	102
6.1.1.11	Borstenhirsen, Kolbenhirsen <i>Setaria</i> spec.....	104
6.1.1.11.1	Grüne Borstenhirse (<i>Setaria viridis</i> [L.] P.B.)	105
6.1.1.11.2	Kolbenhirse, Borstenhirse (<i>Setaria italica</i> [L.] P. Beauv.).....	108
6.1.1.12	Fingerhirse (<i>Eleusine coracana</i> [L.] Gaertn.).....	111
6.1.1.13	Hühnerhirsen, Sawahirschen , <i>Echinochloa</i> spec.	114
6.1.1.13.1	Hühnerhirse (<i>Echinochloa crus-galli</i> [L.] Beauv.)	114
6.1.1.13.2	Shamahirse (<i>Echinochloa colona</i> [L.] Link).....	116
6.1.1.13.3	Weizenhirse, Sawahirse (<i>Echinochloa frumentacea</i> [Roxb.] Link)....	118
6.1.1.13.4	Japanische Hirse (<i>Echinochloa utilis</i> Ohwi et Yabuno)	120
6.1.1.14	Fingerhirsen, <i>Digitaria</i> spec.	122
6.1.1.14.1	Blut-Fingerhirse (<i>Digitaria sanguinalis</i> [L.] Scop.)	122
6.1.1.14.2	Fonio-Hirse, Hungerhirse (<i>Digitaria exilis</i> [Kipp.] Stapf)	124
6.1.1.15	Koda-Hirse (<i>Paspalum scrobiculatum</i> L.)	126
6.1.1.16	Kanariengras (<i>Phalaris canariensis</i> L.).....	128
6.1.1.17	Teff (<i>Eragrostis tef</i> [Zuccani.] Rotter = <i>Eragrostis abyssinica</i> Link).....	130
6.1.1.18	<i>Brachiaria</i> spec.....	132
6.1.1.18.1	Braunspitzen-Hirse (<i>Brachiaria ramosa</i> [L.] Stapf.).....	132
6.1.1.18.2	Kolo rassé (<i>Brachiaria deflexa</i> [Schumach.] Hubb. var. <i>sativa</i> R. Port.)	134
6.1.1.19	Hiobsträne (<i>Coix lacryma-jobi</i> L.).....	136
6.1.2	Pseudocerealien, andere Mehlf Früchte.....	138
6.1.2.1	Buchweizen, <i>Fagopyrum</i> spec.....	138
6.1.2.1.1	Saat-Buchweizen (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench. [= <i>F.</i> <i>sagittatum</i> Gibib.]	140
6.1.2.1.2	Tatarischer Buchweizen (<i>Fagopyrum tataricum</i> [L.] Gaertn.)	142

6.1.2.2	Amarant, <i>Amaranthus</i> spec.....	144
6.1.2.2.1	Gemeiner Amarant (<i>Amaranthus lividus</i> L.) und Rauhaariger Amarant (<i>Amaranthus retroflexus</i> L.).....	145
6.1.2.2.2	Inkaweizen, Fuchsschwanz (<i>Amaranthus caudatus</i> L. [= <i>A. edulis</i> Speg. = <i>A. mantegazianus</i> Poni.]).....	148
6.1.2.2.3	Körneramarant (<i>Amaranthus hypochondriacus</i> L [= <i>A. hybridus</i> L.]).....	150
6.1.2.3	Gänsefuß, Melde. <i>Chenopodium</i> spec.....	152
6.1.2.3.1	Weißer Gänsefuß, Weiße Melde (<i>Chenopodium album</i> L.).....	152
6.1.2.3.2	Reismelde, Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.).....	154
6.1.2.4	Gartenmelde (<i>Atriplex hortensis</i> L.).....	156
6.2	Kohlenhydrate in Wurzeln, Knollen und Gesamtpflanze	158
6.2.1	Wurzel und Knollenfrüchte	158
6.2.1.1	<i>Beta</i> -Rüben, <i>Beta</i> spec.....	158
6.2.1.1.1	Zuckerrübe (<i>Beta vulgaris</i> L. ssp. <i>vulgaris</i> var. <i>altissima</i> Doell)	160
6.2.1.1.2	Futterrübe, Runkelrübe (<i>Beta vulgaris</i> L. ssp. <i>vulgaris</i> var. <i>alba</i> D. C. [= <i>Beta vulgaris</i> L. var. <i>crassa</i> Mansf.]).....	164
6.2.1.2	Kohlrüben und Futterkohl, <i>Brassica</i> spec.....	168
6.2.1.2.1	Kohlrübe (<i>Brassica napus</i> ssp. <i>rapifera</i> [Metzg.] Sinsk [= <i>Br. napus</i> var. <i>napobrassica</i> [L.] Peter]).....	170
6.2.1.2.2	Stoppel- Wasser- oder Herbstrübe (<i>Brassica campestris</i> ssp. <i>rapifera</i> [Metzg.] Sinsk.).....	172
6.2.1.2.3	Futterkohl (<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>acephala</i> [D.C.] Alef.)	175
6.2.1.3	Futtermöhre (<i>Daucus carotta</i> L. ssp. <i>sativus</i> [Hoffmann] Hay.)	178
6.2.1.4	Zichorie (<i>Cichorium intybus</i> L. var. <i>sativum</i> D. C.).....	180
6.2.1.5	Topinambur (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)	183
6.2.1.6	Kartoffel (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	186
6.2.1.7	Süßkartoffel, Batate (<i>Ipomoea batatas</i> [L.] Poir. in Lam.).....	190
6.2.1.8	Yam, <i>Dioscorea</i> spec.....	193
6.2.1.8.1	Wasseryam (<i>Dioscorea alata</i> L.).....	194
6.2.1.8.2	Weißer Yam (<i>Dioscorea rotundata</i> Poir.)	196
6.2.1.8.3	Asiatischer Yam (<i>Dioscorea esculenta</i> [Laur.] Burk)	198
6.2.1.8.4	Gelber Yam (<i>Dioscorea cayenensis</i> Lam.).....	200
6.2.1.8.5	Kartoffel-Yam (<i>Dioscorea bulbifera</i> L.).....	202

6.2.1.9	Maniok, Cassava (<i>Manihot esculenta</i> Crantz [= <i>M. utilissima</i> Pohl]).....	204
6.2.1.10	Taro, Coco-Yam (<i>Colocasia esculenta</i> [L.] Schott [= <i>C. antiquorum</i> Schott]).....	207
6.2.1.11	Tania, Coco-Yam (<i>Xanthosoma sagittifolium</i> [L.] Schott)	210
6.2.1.12	Pfeilwurz (<i>Maranta arundinacea</i> L.).....	212
6.2.1.13	Knollensauerklee, Oka (<i>Oxalis tuberosa</i> Mol.)	214
6.2.1.14	Ulluco (<i>Ullucus tuberosus</i> Caldas)	216
6.2.1.15	Tahiti-Pfeilwurz (<i>Tacca leontopoides</i> [L.] O. Kuntze).....	218
6.2.1.16	Blumenrohr, Eßbare Canna (<i>Canna edulis</i> Ker.-Gawl.).....	220
6.2.1.17	Elefantenfutter-Yam (<i>Amorphophallus campanulatus</i> [Roxb.] Bl. ex Decne) und Knollen-Elefantenfutter (<i>Amorphophallus bulbifer</i> Blume.) .	222
6.2.1.18	Gigant-Taro (<i>Alocasia macrorrhiza</i> [L.] G. Don)	224
6.2.1.19	Knollige Kapuzinerkresse, Anu (<i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz et Pav.)...	226
6.2.1.20	Löwenzahn (<i>Taraxacum officinale</i> Wiggers); einschließlich Kok-Saghys (<i>Taraxacum kok-saghys</i> Rodin [= <i>Taraxacum bicorne</i>] und Krim-Saghys (<i>Taraxacum hybernum</i> Stev.).....	228
6.2.1.21	Weißer Seerose (<i>Nymphaea alba</i> L.) und Gelbe Teichrose (<i>Nuphar lutea</i> [L.] Sm.).....	232
6.2.1.22	Knollenbohnen, <i>Pachyrrhizus</i> spec.	234
6.2.1.22.1	Knollenbohne (<i>Pachyrrhizus tuberosus</i> [Lam.] Spreng.)	236
6.2.1.22.2	Yambohne (<i>Pachyrrhizus erosus</i> [L.] Urban.)	238
6.2.1.22.3	Andine Knollenbohne (<i>Pachyrrhizus ahipa</i> [Wed.] Parodi).....	240
6.2.1.23	Afrikanische Yambohne, Knollenbohne (<i>Sphenostylis stenocarpa</i> [Hochst.] Harms)	242
6.2.1.24	Knollen-Platterbse (<i>Lathyrus tuberosus</i> L.)	244
6.2.2	Kohlenhydrate in der Gesamtpflanze	246
6.2.2.1	Zuckerrohr (<i>Saccharum officinarum</i> L.).....	246
6.2.2.2	Elefantengras (<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.).....	249
6.2.2.3	Gigant-Sonnenblume (<i>Helianthus annuus</i> L. var. <i>giganteus</i>)	252

Verzeichnis der Abbildungen

Darst. 1:	Grundschemata der Photosynthese (nach HELDT 1996)	2
Darst. 2:	Umwandlung von CO ₂ in Triosephosphat (HELDT 1996).....	3
Darst.3:	Kohlenhydratbiosynthese der C ₃ -Pflanzen (KINDL, 1987) (Umwandlung von CO ₂ im CALVIN-Zyklus).....	4
Darst. 4:	Dicarbonsäure- bzw C ₄ -Reaktionsweg der C ₄ -Pflanzen (MENGEL 1991)	5
Darst. 5:	Strukturverwandschaft der Raffinose-Oligosaccharide (Aus ELMADFA und LEITZMANN 1990).....	10
Darst. 6:	Verwendungsmöglichkeiten Nachwachsender Rohstoffe (BMFT- Broschüre Nachwachsender Rohstoffe. ANONYM 1990)	17
Darst. 7:	Zucker als Nachwachsender Rohstoff auf dem pharmazeutischen und chemischen Sektor (BMFT-Broschüre, ANONYM 1990)	18
Darst. 8:	Industrielle Verwendung der Stärke (BMFT-Broschüre, ANONYM 1990)	20
Darst. 9:	Einsatzbereiche von Zellstoff (BMFT-Broschüre, ANONYM 1990)	22
Darst. 10	Agrarrohstoffe zur Energiegewinnung (BMFT-Broschüre, auszugsweise; ANONYM 1990).....	25
Darst. 11:	Gewinnung von Ethanol und Biogas (BMFT-Broschüre, ANONYM 1990).....	26
Darst. 12:	Abstammung der Gerste (aus FISCHBECK 1985)	44
Darst. 13:	Convarietäten des Maises (<i>Zea mais</i> L.); aus SCHUSTER 1992	64
Darst. 14:	Formen der Futterrübe (HEINISCH, 1953).....	165
Darst. 15:	Verwandschaft der kultivierten <i>Brassica</i> -Arten (KIMBER & MCGREGOR 1995)	168
Darst. 16:	Verschiedene Formen der Stoppelrübe (aus Schuster 1985).....	172

Verzeichnis der Tabellen

Tab.1:	Kohlenhydratverdauung (nach ELMADFA u. LEITZMANN 1990).....	14
Tab.2:	Kohlenhydratreiche Pflanzen als Nachwachsende Rohstoffe für die chemische Industrie	16
Tab. 3:	Hauptkomponenten natürlicher Pflanzenfasern (Anteile in % der Trockenmasse)	24
Tab. 4:	Die Arten der Gattung <i>Triticum</i> (aus HAUMANN und DIETSCH 2000).....	30
Tab. 5:	rtenspektrum der Gattung <i>Avena</i> (aus FISCHBECK 1985).....	48
Tab. 6:	Systematik und Verbreitung der Gattung <i>Secale</i> L. (MIEDANER 1997).....	54
Tab. 7:	Ausprägung der Ährenstruktur bei Triticale im Vergleich mit Weizen und Roggen (aus HONERMEIER 2000)	58
Tab. 8:	Klassifizierung der wichtigsten kultivierten Sorghumformen (nach HARLAN and DEWET, 1972 aus ZELLER, 2000a).....	68
Tab. 9:	Verwendung der Korn-Sorghumhirsen (nach ROONEY and MURTY, 1982, aus HOUSE, 1989).....	69
Tab. 10:	Sortentypen der Zuckerrübe.....	161

Verzeichnis der Bildtafeln

Bildtafel 6.1.1.1a	Weizen, <i>Triticum spec.</i>	35
Bildtafel 6.1.1.1b	Weizen, <i>Triticum spec.</i>	37
Bildtafel 6.1.1.1.1	Weichweizen, <i>Triticum aestivum</i>	39
Bildtafel 6.1.1.1.2	Hartweizen, <i>Triticum durum</i> Desf.	41
Bildtafel 6.1.1.1.3	Spelz, Dinkel (<i>Triticum spelta</i> L.)	43
Bildtafel 6.1.1.2	Gerste (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	47
Bildtafel 6.1.1.3.1	Saat-Hafer (<i>Avena sativa</i> L.)	51
Bildtafel 6.1.1.3.2	Byzantinischer Hafer (<i>Avena byzantina</i> Koch)	53
Bildtafel 6.1.1.4	Roggen (<i>Secale cereale</i> L.)	57
Bildtafel 6.1.1.5	Triticale (<i>Triticosecale</i> Wittm. ext. Camus)	61
Bildtafel 6.1.1.6	Reis (<i>Oryza sativa</i> L.)	63
Bildtafel 6.1.1.7	Mais (<i>Zea mays</i> L.)	67
Bildtafel 6.1.1.8.1	Johnsongras, Aleppo-Hirse (<i>Sorghum halepense</i> L. Moench)	71
Bildtafel 6.1.1.8.2	Sudangras, einschließlich Sudangras-Hybriden (<i>Sorghum sudanense</i> [Piper] Stapf. [= <i>S. bicolor</i> var. <i>sudanense</i>])	73
Bildtafel 6.1.1.8.3	Zuckerhirse (<i>Sorghum saccharatum</i> Nees [= <i>S. bicolor</i> var. <i>saccharatum</i>]), Bildlegende auf der Rückseite	75
Bildtafel 6.1.1.8.4	Besenhirse (<i>Sorghum technicum</i> Koern. [= <i>S. dochna</i> [Forsk.] Snowden = <i>S. bicolor</i> var. <i>technicum</i>])	79
Bildtafel 6.1.1.8.5.1	Durra (<i>Sorghum durra</i> [Forsk.] Stapf. [= <i>S. bicolor</i> var. <i>durra</i>])	83
Bildtafel 6.1.1.8.5.2	Weißer Durra (<i>Sorghum cernuum</i> [Ard.] Host. [= <i>S. bicolor</i> var. <i>cernuum</i>])	85
Bildtafel 6.1.1.8.5.3	Kafir, Kaffer Korn (<i>Sorghum caffrorum</i> [Relz.] Beauv. [= <i>Sorghum bicolor</i> var. <i>caffrorum</i>])	87
Bildtafel 6.1.1.8.5.4	Guinea-Korn (<i>Sorghum guinense</i> Stapf. em. Snowden [= <i>Sorghum bicolor</i> var. <i>guinense</i>])	89
Bildtafel 6.1.1.8.5.5	Feterita (<i>Sorghum caudatum</i> [Hack.] Stapf [= <i>S. bicolor</i> var. <i>caudatum</i>])	91
Bildtafel 6.1.1.8.5.6	Kaoliang (<i>Sorghum nervosum</i> Bess. ex Schult. [= <i>S. bicolor</i> var. <i>nervosum</i>])	93

Bildtafel 6.1.1.8.5.7	Milo (<i>Sorghum subglabrescens</i> [Steud] Schweinf. et Aschers. [= <i>S. bicolor</i> var. <i>subglabrescens</i>])	95
Bildtafel 6.1.1.9	Perlhirse (<i>Pennisetum americanum</i> [L.] Leeke [= <i>P. spicatum</i> [L.] Roem. et Schult. = <i>P. glaucum</i> [L.] R. Br.)	97
Bildtafel 6.1.1.10.1	Rispenhirse (<i>Panicum miliaceum</i> L.)	101
Bildtafel 6.1.1.10.2	Kutkihirse (<i>Panicum sumatrense</i> Roth.)	103
Bildtafel 6.1.1.11.1	Grüne Borstenhirse (<i>Setaria viridis</i> [L.] P.B.)	107
Bildtafel 6.1.1.11.2	Kolbenhirse, Borstenhirse (<i>Setaria italica</i> [L.] P. Beauv.),	109
Bildtafel 6.1.1.12	Fingerhirse (<i>Eleusine coracana</i> [L.] Gaertn.)	113
Bildtafel 6.1.1.13.1	Hühnerhirse (<i>Echinochloa crus-galli</i> [L.] Beauv.)	115
Bildtafel 6.1.1.13.2	Shamahirse (<i>Echinochloa colona</i> [L.] Link)	117
Bildtafel 6.1.1.13.3	Weizenhirse, Sawahirse (<i>Echinochloa frumentacea</i> [Roxb.] Link)	119
Bildtafel 6.1.1.13.4	Japanische Hirse (<i>Echinochloa utilis</i> Ohwi et Yabuno)	121
Bildtafel 6.1.1.14.1	Blut-Fingerhirse (<i>Digitaria sanguinalis</i> [L.] Scop.)	123
Bildtafel 6.1.1.14.2	Fonio-Hirse, Hungerhirse (<i>Digitaria exilis</i> [Kipp.] Stapf)	125
Bildtafel 6.1.1.15	Koda-Hirse (<i>Paspalum scrobiculatum</i> L.)	127
Bildtafel 6.1.1.16	Kanariengras (<i>Phalaris canariensis</i> L.)	129
Bildtafel 6.1.1.17	Teff (<i>Eragrostis tef</i> [Zuccani.] Rotter = <i>Eragrostis abyssinica</i> Link) ...	131
Bildtafel 6.1.1.18.1	Braunspitzen-Hirse (<i>Brachiaria ramosa</i> [L.] Stapf.)	133
Bildtafel 6.1.1.18.2	Kolo rassé (<i>Brachiaria deflexa</i> [Schumach.] Hubb. var. <i>sativa</i> R. Port.)	135
Bildtafel 6.1.1.19	Hiobsträne (<i>Coix lacryma-jobi</i> L.)	137
Bildtafel 6.1.2.1.1	Saat-Buchweizen (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench. [= <i>F. sagittatum</i> Gibib.]	141
Bildtafel 6.1.2.1.2	Tatarischer Buchweizen (<i>Fagopyrum tataricum</i> [L.] Gaertn.)	143
Bildtafel 6.1.2.2.1	Gemeiner Amarant (<i>Amaranthus lividus</i> L.) und Rauhaariger Amarant (<i>Amaranthus retroflexus</i> L.)	147
Bildtafel 6.1.2.2.2	Inkaweizen, Fuchsschwanz (<i>Amaranthus caudatus</i> L. [= <i>A. edulis</i> Speg. = <i>A. mantegazianus</i> Poni.]	149
Bildtafel 6.1.2.2.3	Körneramarant (<i>Amaranthus hypochondriacus</i> L. [= <i>A. hybridus</i> L.] ..	151
Bildtafel 6.1.2.3.1	Weißer Gänsefuß, Weiße Melde (<i>Chenopodium album</i> L.)	153
Bildtafel 6.1.2.3.2	Reismelde, Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	155
Bildtafel 6.1.2.4	Gartenmelde (<i>Atriplex hortensis</i> L.)	157

Bildtafel 6.2.1.1.1	Zuckerrübe (<i>Beta vulgaris</i> L. ssp. <i>vulgaris</i> var. <i>altissima</i> Doell).....	163
Bildtafel 6.2.1.1.2	Futterrübe, Runkelrübe (<i>Beta vulgaris</i> L. ssp. <i>vulgaris</i> var. <i>alba</i> D. C. [= <i>Beta vulgaris</i> L. var. <i>crassa</i> Mansf.].....	167
Bildtafel 6.2.1.2.1	Kohlrübe (<i>Brassica napus</i> ssp. <i>rapifera</i> [Metzg.] Sinsk. [= <i>Br. napus</i> var. <i>napobrassica</i> [L.] Peter])	171
Bildtafel 6.2.1.2.2	Stoppel- Wasser- oder Herbstrübe (<i>Brassica campestris</i> ssp. <i>rapifera</i> [Metzg.] Sinsk.),	173
Bildtafel 6.2.1.2.3	Futterkohl (<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>acephala</i> [D.C.] Alef.).....	177
Bildtafel 6.2.1.3	Futtermöhre (<i>Daucus carotta</i> L. ssp. <i>sativus</i> [Hoffmann] Hay.).....	179
Bildtafel 6.2.1.4	Zichorie (<i>Cichorium intybus</i> L. var. <i>sativum</i> D. C.),.....	181
Bildtafel 6.2.1.5	Topinambur (<i>Helianthus tuberosus</i> L.).....	185
Bildtafel 6.2.1.6	Kartoffel (<i>Solanum tuberosum</i> L.).....	189
Bildtafel 6.2.1.7	Süßkartoffel, Batate (<i>Ipomoea batatas</i> [L.] Poir. in Lam.)	191
Bildtafel 6.2.1.8.1	Wasseryam (<i>Dioscorea alata</i> L.)	195
Bildtafel 6.2.1.8.2	Weißer Yam (<i>Dioscorea rotundata</i> Poir.).....	197
Bildtafel 6.2.1.8.3	Asiatischer Yam (<i>Dioscorea esculenta</i> [Laur.] Burk.).....	199
Bildtafel 6.2.1.8.4	Gelber Yam (<i>Dioscorea cayenensis</i> Lam.)	201
Bildtafel 6.2.1.8.5	Kartoffel-Yam (<i>Dioscorea bulbifera</i> L.).....	203
Bildtafel 6.2.1.9	Maniok, Cassava (<i>Manihot esculenta</i> Crantz [= <i>M. utilissima</i> Pohl])...	205
Bildtafel 6.2.1.10	Taro, Coco-Yam (<i>Colocasia esculenta</i> [L.] Schott [= <i>C. antiquorum</i> Schott])	209
Bildtafel 6.2.1.11	Tania, Coco-Yam (<i>Xanthosoma sagittifolium</i> [L.] Schott).....	211
Bildtafel 6.2.1.12	Pfeilwurz (<i>Maranta arundinacea</i> L.).....	213
Bildtafel 6.2.1.13	Knollensauerklee, Oka (<i>Oxalis tuberosa</i> Mol.).....	215
Bildtafel 6.2.1.14	Ulluco (<i>Ullucus tuberosus</i> Caldas).....	217
Bildtafel 6.2.1.15	Tahiti-Pfeilwurz (<i>Tacca leontopoides</i> [L.] O. Kuntze)	219
Bildtafel 6.2.1.16	Blumenrohr, Eßbare Canna (<i>Canna edulis</i> Ker.-Gawl.)	221
Bildtafel 6.2.1.17	Elefantenfutter-Yam (<i>Amorphophallus campanulatus</i> [Roxb.] Bl. ex Decne) und Knollen-Elefantenfutter (<i>Amorphophallus bulbifer</i> Blume.)	223
Bildtafel 6.2.1.18	Gigant-Taro (<i>Alocasia macrorrhiza</i> [L.] G. Don).....	225
Bildtafel 6.2.1.19	Knollige Kapuzinerkresse, Anu (<i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz et Pav.)	227

Bildtafel 6.2.1.20	Löwenzahn (<i>Taraxacum officinale</i> Wiggers); einschließlich Kok-Saghys (<i>Taraxacum kok-saghys</i> Rodin [= <i>Taraxacum bicornis</i>] und Krim-Saghys (<i>Taraxacum hybernum</i> Stev.).....	231
Bildtafel 6.2.1.21	Weißer Seerose (<i>Nymphaea alba</i> L.) und Gelbe Teichrose (<i>Nuphar lutea</i> [L.] Sm.).....	233
Bildtafel 6.2.1.22.1	Knollenbohne (<i>Pachyrrhizus tuberosus</i> [Lam.] Spreng.).....	237
Bildtafel 6.2.1.22.2	Yambohne (<i>Pachyrrhizus erosus</i> [L.] Urban.).....	239
Bildtafel 6.2.1.22.3	Andine Knollenbohne (<i>Pachyrrhizus ahipa</i> [Wed.] Parodi).....	241
Bildtafel 6.2.1.23	Afrikanische Yambohne, Knollenbohne (<i>Sphenostylis stenocarpa</i> [Hochst.] Harms).....	243
Bildtafel 6.2.1.24	Knollen-Platterbse (<i>Lathyrus tuberosus</i> L.).....	245
Bildtafel 6.2.2.1	Zuckerrohr (<i>Saccharum officinarum</i> L.).....	247
Bildtafel 6.2.2.2	Elefantengras (<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.).....	251
Bildtafel 6.2.2.3	Gigant-Sonnenblume (<i>Helianthus annuus</i> L. var. <i>giganteus</i>).....	253

1 Einführung

Kohlenhydrate bestehen aus den Elementen C, H und O - es sind Produkte der Photosynthese, bei der aus den anorganischen und energielosen Verbindungen Kohlendioxid (CO_2) und Wasser (H_2O) energiereiche organische Stoffe gebildet werden. Ohne diese Syntheseleistung, wobei die Energie aus dem Sonnenlicht stammt, wäre kein tierisches oder menschliches Leben auf der Erde möglich. Aus den von den Pflanzen primär synthetisierten Kohlenhydrate werden im pflanzlichen Stoffwechsel, unter Einbeziehung der über die Wurzel aufgenommenen Mineralien, zahlreiche Verbindungen synthetisiert, die in ihrer Gesamtheit die Nahrungsgrundlage für Mensch und Tier darstellen (MENGEL 1991).

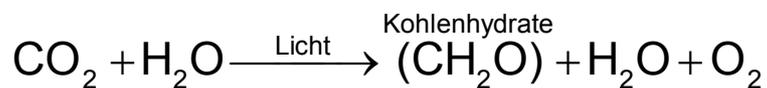
Neben dem Nahrungsmittelsektor spielen, vor dem Hintergrund der begrenzten Vorräte fossiler Energieträger, in neuerer Zeit auch sog. „Nachwachsende Rohstoffe“ eine bedeutende Rolle, wobei neben den Fetten den Kohlenhydraten eine besondere Bedeutung zukommt. Beide Stoffgruppen bestehen aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, die in der Luft und im Wasser nahezu unbegrenzt verfügbar sind.

2 Kohlenhydratbildung durch Photosynthese

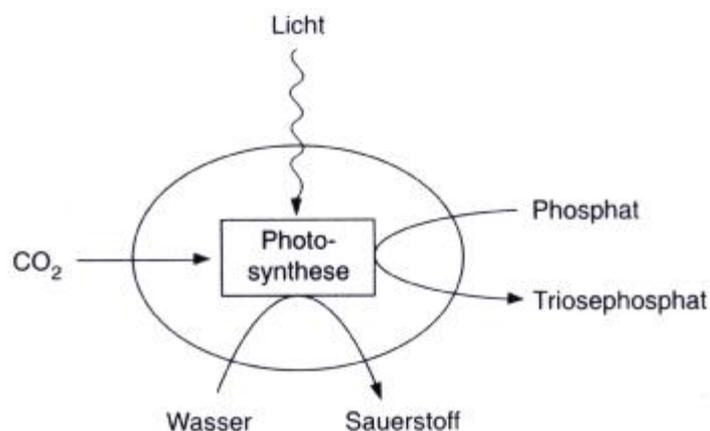
Pflanzen nutzen die Energie des Sonnenlichts, um aus anorganischen Ausgangssubstraten, wie Kohlendioxid, Nitrat und Sulfat organische Zellsubstanz aufzubauen. Organismen, die zu diesen Schritten befähigt sind, werden als **photoautotroph** bezeichnet (KINDL 1991).

Bei der Photosynthese unterscheidet man zwischen einer **Lichtreaktion**, die in den sog. photosynthetischen Reaktionszentren stattfindet, bei der die Lichtenergie in die Energieträger NADPH und ATP umgewandelt wird.

In der sog. **Dunkelreaktion** werden dann unter Verbrauch der Energieträger NADPH und ATP aus Kohlendioxid (CO₂) und Wasser Kohlenhydrate gebildet. Von van NIEL wurde dazu folgende allgemeine Photosynthesegleichung aufgestellt:

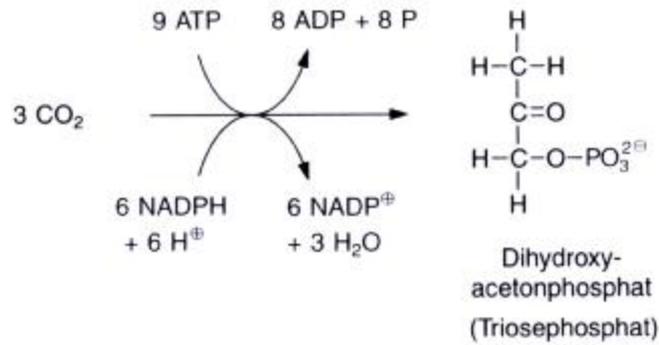


Im Gegensatz zur Theorie von Otto WARBURG geht van NIEL davon aus, dass der Sauerstoff aus dem Wasser stammt, was später von Robert HILL („Hill-Reaktion“) bewiesen wurde (Darst.1).



Darst. 1: **Grundschema der Photosynthese** (nach HELDT 1996)

Das erste Photosyntheseprodukt, das aus der CO₂-Assimilation in der sog. Dunkelreaktion entsteht, ist ein Triosephosphat, das als Ausgangsprodukt für die weitere Biosynthese von Zuckern und höhermolekularen Kohlenhydraten dient (Darst. 2).



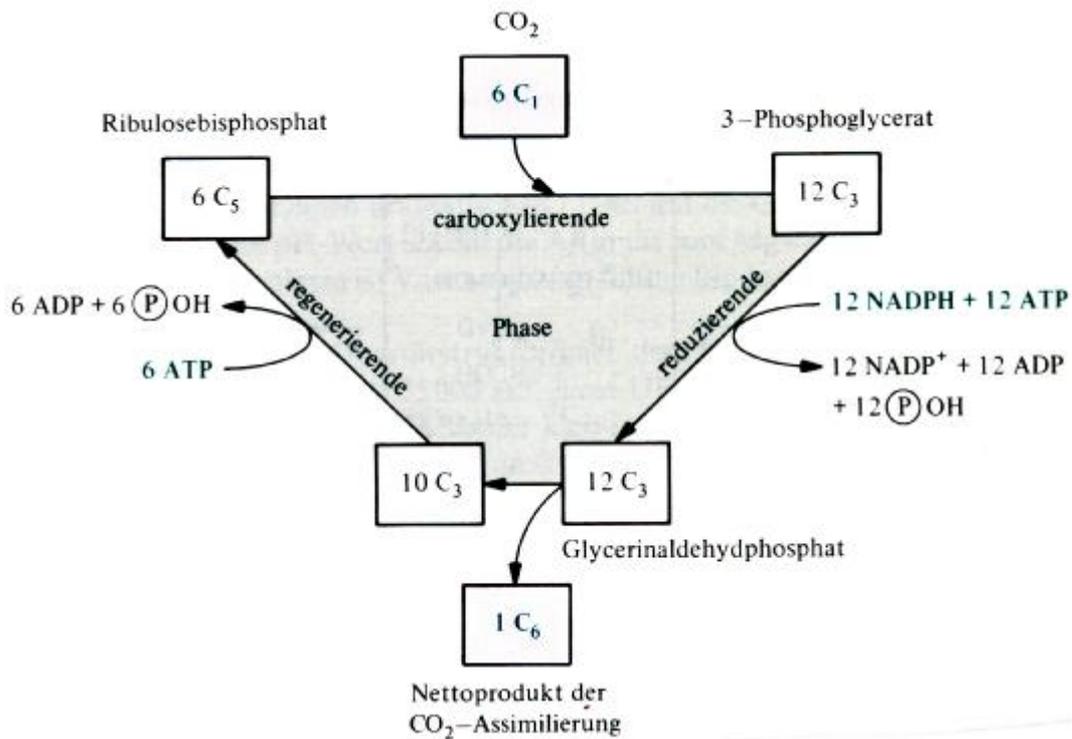
Darst. 2: **Umwandlung von CO₂ in Triosephosphat** (HELDT 1996)

2.1 C₃- und C₄-Pflanzen, Biosynthesewege

Bei der CO₂-Assimilation unterscheidet man zwischen sog. C₃- und C₄-Pflanzen, bei denen zum Aufbau der Zucker, als primäre Kohlenhydrate der Photosynthese, verschiedene Biosynthesewege beschrrieben werden. Die Bezeichnung C₃-/C₄-Pflanzen resultiert aus der Zahl der Kohlenstoffatome, welche die Zwischenprodukte der Kohlenhydrat-Biosynthese enthalten.

Bei den C₃-Pflanzen werden über einen reduktiven Pentosephosphat-Weg, der auch als CALVIN-Zyklus bezeichnet wird, Triosephosphate gebildet, d.h. Strukturen mit 3 C-Atomen im Molekül.

Bei dieser CO₂-Assimilation wird CO₂ auf Ribulosebisphosphat übertragen (Akzeptor) und daraus 3-Phosphoglycerol gebildet. Durch Zufuhr von NADPH und ATP erfolgt eine Reduktion zum Glycerinaldehydphosphat (Triosephosphat). Zwei Triosephosphate werden als C₆-Körper der weiteren Biosynthese zugeführt, und zehn C₃-Körper verbleiben im Kreislauf und werden zu Ribulosebisphosphat regeneriert.

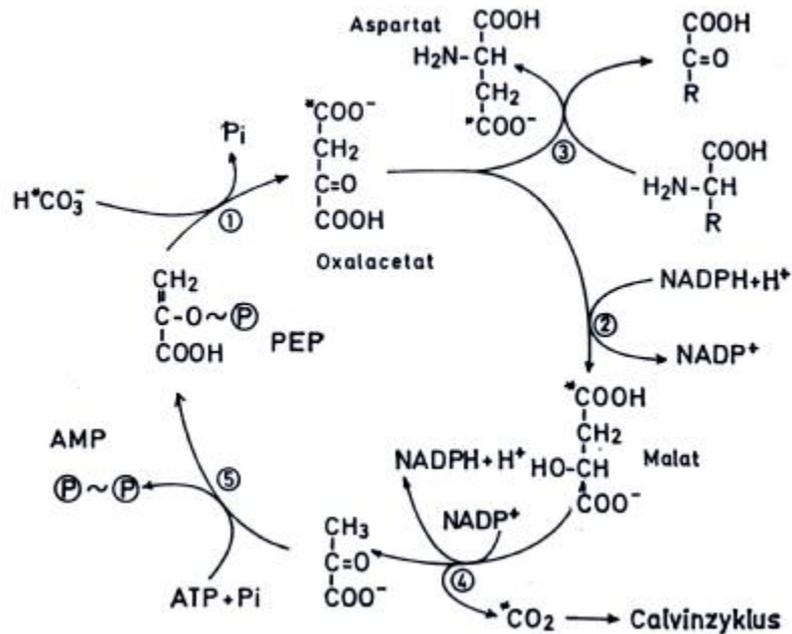


Darst.3: **Kohlenhydratbiosynthese der C₃-Pflanzen** (KINDL, 1987) (Umwandlung von CO₂ im CALVIN-Zyklus)

Aus dem CALVIN-Zyklus ergibt sich folgende Gleichung für die Nettoassimilation der C₃-Pflanzen:



Bei C₄-Pflanzen die während der Evolution in Regionen mit starker Lichteinstrahlung und höheren Temperaturen, verbunden mit Wasserknappheit, entstanden sind, werden als Primärprodukte der CO₂-Fixierung C₄-Säuren, insbesondere Malat und Aspartat gebildet.



Darst. 4: **Dicarbonsäure- bzw C₄-Reaktionsweg der C₄-Pflanzen** (MENGEL 1991)

Die Bindung des CO₂ erfolgt bei den C₄-Pflanzen an den Akzeptor Phosphoenolpyruvat (PEP) die als Startreaktion für den in Darstellung 4 gezeigten Dicarbonsäure- bzw C₄-Reaktionsweg gilt, in dem nach MENGEL (1991) folgende Reaktionen ablaufen:

1. CO₂ wird in Form von HCO₃ an PEP gebunden
2. Oxalacetat wird mittels NADPH zu Malat (Äpfelsäure) reduziert
3. Oxalacetat kann auch über eine Transaminase zu Aspartat umgebaut werden
4. Durch das Malatenzym wird das Malat decarboxyliert und oxidiert. Es entsteht Pyruvat. Das durch die Decarboxylierung freiwerdende CO₂ wird jetzt in den CALVIN-Zyklus eingespeist.
5. Das Pyruvat wird durch Phosphorylierung wieder in PEP umgewandelt und steht wieder als CO₂-Akzeptor zur Verfügung

Wie in Reaktion 4 ausgeführt, wird das im C₄-Reaktionsweg gebildete CO₂ als Substrat dem CALVIN-Zyklus zugeführt. Somit verfügen die C₄-Pflanzen neben dem Dicarbonsäurereaktionsweg auch über einen nachgeschalteten CALVIN-Zyklus.

Da der CO₂-Stoffwechsel der C₄-Pflanzen nur zu verstehen ist, wenn man die Aufteilung der einzelnen Reaktionsschritte auf die verschiedenen Blattgewebe bzw. Zellkompartimente kennt, wird hier auf die weiterführende Literatur verwiesen (KINDL, 1991; MENGEL, 1991; HELDT, 1996).

Der Vorteil der C₄-Pflanzen bei der CO₂-Assimilation besteht vor allem darin, dass sie über ihre im Cytoplasma vorhandene PEP-Carboxylase, das im Blattgewebe befindliche und bei der Atmung entstehende CO₂ besser abfangen können als die C₃-Pflanzen, bei denen das CO₂ in die Chloroplasten eindringen muss.

Somit liegt bei C₄-Pflanzen der CO₂-Kompensationspunkt, bei dem keine Nettoassimilation mehr stattfindet, mit 5 bis 10 ppm wesentlich niedriger als bei den C₃-Pflanzen mit 30 bis 50 ppm. C₄-Pflanzen sind deshalb auch noch bei einer niedrigen CO₂-Konzentration zu einer Nettoassimilation fähig, und sie können eine annähernde CO₂-Sättigung der RuBP-Carboxylase (= CO₂-Akzeptor im CALVIN-Zyklus) aufbauen und dadurch hohe Lichtintensitäten gut nutzen. Da, wie bereits erwähnt, C₄-Pflanzen in Trockengebieten entstanden sind, haben sie auch einen Weg gefunden, den Wasserverbrauch bei der Photosynthese wesentlich zu verringern. Für die Fixierung von einem Mol CO₂ verbrauchen C₄-Pflanzen 400 bis 600 Mol Wasser und haben somit etwa die Hälfte des Wasserbedarfes wie C₃-Pflanzen. Das für einen verminderten Wasserverbrauch verantwortliche Prinzip besteht in einem höheren Diffusionswiderstand der C₄-Pflanzen (HELDT, 1996).

C₄-Pflanzen erfordern indes mehr Energie als C₃-Pflanzen, da der dem CALVIN-Zyklus vorgeschaltete Dicarbonsäurereaktionsweg für die Bindung von einem CO₂ zwei Phosphorylierungsreaktionen benötigt, um aus AMP wieder ATP aufzubauen, somit ist eine hohe Lichteinstrahlung erforderlich.

Da die meisten C₄-Pflanzen, vornehmlich tropische Gramineen, wie Mais, Zuckerrohr und Hirsearten, aus Regionen mit hoher Lichtintensität stammen, so dass stets reichlich ATP gebildet wird und die CO₂-Konzentration eher zum limitierenden Faktor wird, haben sie den beschriebenen CO₂-Konzentrationmechanismus entwickelt. Dass es sich um Wärme liebende Pflanzen handelt, wird auch darin sichtbar, dass das zentrale Enzym, die Pyruvat-Phosphat-Dikinase, sehr empfindlich auf niedrige Temperaturen reagiert. Dies zeigt sich beispielsweise bei auflaufendem Mais unter kühlen Frühjahrstemperaturen, indem die Blätter vergilben, während C₃-Getreidearten (Weizen, Roggen, Hafer, Gerste) diese Erscheinung nicht zeigen, sondern bereits üppig wachsen. Sobald warme Witterung eintritt, erreicht der Mais dann allerdings Wachstumsraten, welche die der C₃-Pflanzen beachtlich übertreffen. Diese hohen Wachstumsraten werden durch die effizientere CO₂-Assimilation erreicht, aber auch dadurch, dass bei C₄-Pflanzen die Assimilatverluste durch Lichtatmung wesentlich geringer sind als bei C₃-Pflanzen.

3 Chemie der Kohlenhydrate

3.1 Monosaccharide

Monosaccharide sind die einfachsten Zucker mit 3 bis 7 Kohlenstoffatomen (C-Atome) im Molekül. Nach der Zahl der C-Atome unterscheidet man:

Gruppen	Summeformel	Name des Zuckers
Triosen	$C_3H_6O_3$	Glycerinaldehyd
Tetrosen	$C_4H_8O_4$	Threose, Erythrose
Pentosen	$C_5H_{10}O_5$	Arabinose, Xylose, Ribose, Desoxyribose
Hexosen	$C_6H_{12}O_6$	Glucose, Fructose, Galactose, Mannose
Heptosen	$C_7H_{14}O_7$	Sedoheptulose

Alle Monosaccharide fungieren grundsätzlich als Vorstufen pflanzlicher Biosyntheseprodukte. Eine direkte ernährungsphysiologische Bedeutung beginnt bei den **Pentosen**. Während Ribose und Desoxyribose, die in jeder Zelle vorkommen, eine besondere Bedeutung als Baustein der Nucleinsäuren haben, spielen L-Arabinose und D-Xylose, die in Früchten und Wurzelgemüse weit verbreitet sind, eine gewisse Rolle in der menschlichen Ernährung.

Unter den **Hexosen** hat Glucose, die auch als Dextrose, Traubenzucker oder Maiszucker bezeichnet wird, die größte Bedeutung. Glucose ist das wichtigste organische Molekül des Stoffwechsels; sie ist Hauptbaustein der bedeutenden Polysaccharide: Stärke, Glycogen und Cellulose, und sie kommt in Disacchariden allein oder mit anderen Monosacchariden gemeinsam vor. Für den Energiestoffwechsel aller Organismen ist Glucose von entscheidender Bedeutung, für die Gehirnfunktion ist sie der einzige und für die Muskeln der wichtigste Brennstoff (ELMADFA UND LEITZMANN 1990, BICKEL-SANDKÖTTER 2001).

Fructose, auch als Lävulose oder Fruchtzucker bezeichnet, bildet zusammen mit Glucose das wichtige Disaccharid Saccharose (Rohr- bzw. Rübenzucker).

Fructose kommt in Früchten und im Honig vor und ist Baustein des Polyfructosans Inulin. Galactose ist Bestandteil des Disaccharids Lactose (Milchzucker) und kommt in verschiedenen pflanzlichen Polysacchariden vor. Galactose und Mannose haben gemeinsam, dass sie in der Natur nur gebunden vorkommen, und die freie Form, die

teilweise in Lebensmittel enthalten ist, in der Regel aus einer hydrolytischen Spaltung von Polysacchariden resultiert.

Im Zusammenhang mit den Hexosen sind auch die Hexose-Derivate: Sorbit, Mannit, Dulcit und Inosit erwähnenswert, die auch als Hexite bezeichnet werden.

Sorbit (Sorbitol) $C_6H_{14}O_6$ ist ein 6-wertiger Zuckeralkohol, der besonders reichlich in den Früchten des Vogelbeerbaums (*Fructus sorbi aucupariae*) vorkommt und von dieser Pflanze seinen Namen erhalten hat. Auch in einigen anderen Pflanzarten, z.B. den Rosaceen, zu denen unsere einheimischen Obstbäume gehören, kommt Sorbit vor und dient als Transportform der Assimilate.

In der Ernährung findet Sorbit u.a. Verwendung als Süßungsmittel in der Diabetiker-Kost; seine Süßkraft beträgt im Vergleich mit Glucose etwa 60 %. Da die Absorptionrate deutlich geringer ist als die von Glucose besteht nur ein geringer Einfluss auf die Glucosekonzentration im Blut.

Mannit (Mannazucker) $C_6H_{14}O_6$, ebenfalls ein 6-wertiger Zuckeralkohol, ist der Hauptbestandteil von „Manna“, dem eingetrockneten Saft der Manna-Esche (*Fraxinus ornus*). Mannit ist auch in verschiedenen anderen Pflanzenarten enthalten.

Dulcit (Malampyrit) $C_6H_{14}O_6$, gleichfalls ein 6-wertiger Zuckeralkohol, kommt in verschiedenen Pflanzenarten in relativ geringen Mengen vor. 1936 wurde Dulcit erstmals aus *Melampyrum*-Arten rein dargestellt.

Für die Verwendung als Hilfsstoffe in der Nahrungsmittelindustrie werden Mannit und Dulcit durch Hydrierung von Mannose und Galactose als teilsynthetische Produkte hergestellt.

Inosit (Hexahydroxycyclohexan) $C_6H_{12}O_6$ ist eine aromatische Verbindung, ein Sechsering, bei dem an jedem C-Atom ein H und eine OH-Gruppe stehen. Inosit ist im Pflanzen- und Tierreich weit verbreitet und spielt eine bedeutende Rolle im Stoffwechsel. Da es bei Ratten eine Vitaminwirkung zeigt, wird es den B-Vitaminen zugerechnet, hat aber für die menschliche Ernährung nur eine geringe Bedeutung. Inosit ist in Wasser leicht löslich und schmeckt sehr süß. In Pflanzen kommt Inosit hauptsächlich als Hexaphosphorsäureester, der als Phytin bezeichnet wird, vor (RÖMPP 1997).

3.2 Disaccharide

Disaccharide bestehen aus zwei gleichen oder unterschiedlichen Molekülen Monosacchariden und können auch hydrolytisch in diese Einfachzucker gespalten werden

Disaccharide weisen alle die gleiche Summenformel $C_{12}H_{22}O_{11}$ auf.

Wichtige Vertreter sind:

Lactose (Milchzucker), eine Galactosyl-glucose, d.h. er besteht aus einem Molekül Galactose und einem Molekül Glucose. Für Neugeborene das einzige Nahrungskohlenhydrat in den ersten Lebenswochen. Später nimmt die Lactase-Aktivität ab, so dass Erwachsene Lactose nur in begrenztem Umfang vertragen.

Maltose (Malzzucker) ist eine Glucosyl-glucose, bestehend aus zwei Molekülen Glucose. Maltose kommt nicht in freier Form vor sondern entsteht beim enzymatischen Abbau der Stärke mittels Diastase. z.B. bei der Keimung von Getreide. Auch bei der Verdauung der Stärke entsteht Malzzucker im Darm.

Saccharose (Rohrzucker oder Rübenzucker) auch einfach als „Zucker“ bezeichnet ist eine Glucosyl-fructose, die aus einem Molekül Glucose und einem Molekül Fructose besteht.

Rohstoffe für die Zuckergewinnung sind in den tropischen und subtropischen Regionen das Zuckerrohr (*Saccharum officinarum*) und in den gemäßigten Klimazonen die Zuckerrübe (*Beta vulgaris*).

3.3 Oligosaccharide

Raffinose, mit der Summenformel $C_{18}H_{32}O_{16}$, ist ein Trisaccharid, bestehend aus je einem Molekül Glucose, Fructose und Galactose. Raffinose kommt in Zuckerrübenmelasse, Baumwollsaamen und Eucalyptusmanna in höherer Konzentration vor.

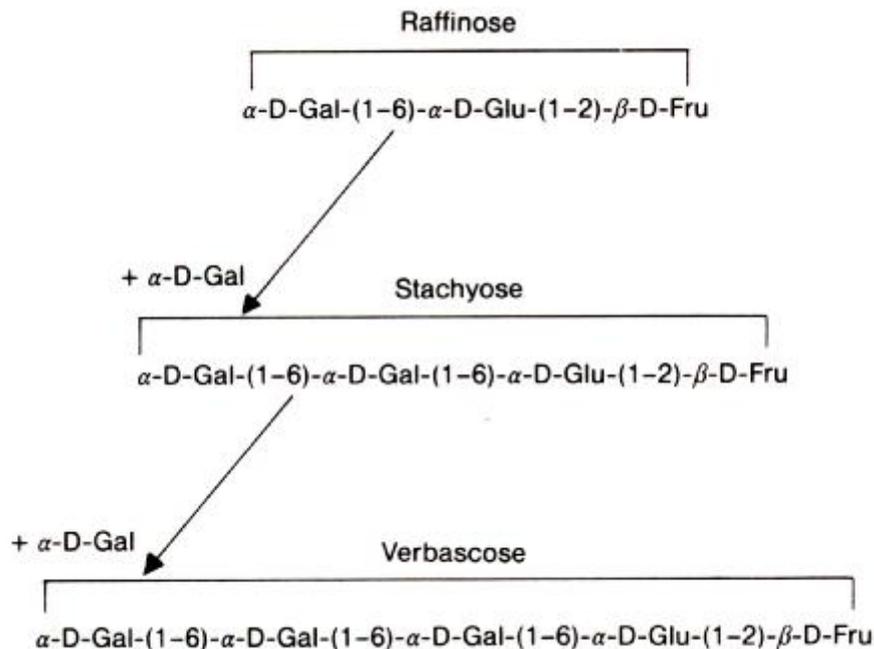
Durch verdünnte Säuren oder das Enzym Raffinase erfolgt eine Spaltung in Fructose und das Disaccharid Melibiose, das aus Glucose und Galactose besteht. Durch starke Säuren wird Raffinose in die drei Monosaccharide gespalten, die das Molekül bilden (RÖMPP 1997).

Stachyose, mit der Summenformel $C_{24}H_{42}O_{21}$, ist ein Tetrasaccharid, bestehend aus zwei Molekülen Lactose und je einem Molekül Glucose und Fructose. Stachyose kommt relativ reichlich in den Wurzelknollen von *Stachys tubifera* (= *S. affinis* Bunge = Knollen-Ziest) vor und erhielt von dieser Pflanze auch seinen Namen. Relativ selten kommt es in anderen Pflanzenarten, z.B. in Leguminosensamen oder Eschenmanna vor.

Verbascose, mit der Summenformel $C_{30}H_{52}O_{26}$, ist ein Pentasaccharid, bestehend aus drei Molekülen Lactose und je einem Molekül Glucose und Fructose. Verbascose wurde

erstmals aus der Königskerze (*Verbascum plomoides*) isoliert. Verbascose ist Bestandteil einiger Leguminosensamen, z.B der Mungbohne, Linse, Ackerbohne u.a..

Die strukturellen Zusammenhänge der Raffinose-Oligosaccharide sind in Darstellung 5 dargestellt:



Darst. 5: **Strukturverwandtschaft der Raffinose-Oligosaccharide** (Aus ELMADFA und LEITZMANN 1990)

3.4 Polysaccharide

Polysaccharide werden in der Humanernährung nach ihrer Verdaulichkeit in verwertbare, teilweise verwertbare und nicht verwertbare Polysaccharide unterteilt, wobei letztere auch als Ballaststoffe bezeichnet werden.

3.4.1 Für den Menschen vollständig verdauliche und verwertbare Polysaccharide

Stärke mit der Summenformel $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x$ ist das wichtigste Nahrungskohlenhydrat und eine bevorzugte Speicherform der Getreidearten und der Kartoffel. Stärke besteht in der Regel aus zwei Komponenten und zwar aus Amylose und Amylopektin, die meistens etwa im Verhältnis 40 zu 60 zueinander stehen, aber in ihren Anteilen auch erheblich variieren können.

Die Struktur der Amylose entspricht einer unverzweigten Kette von 60 bis 6000 Glucoseresten, während Amylopektin bei einem Polymerisierungsgrad von über 1000 Glucoseeinheiten etwa 50 Verzweigungen im Molekül aufweist und Phosphatreste enthält.

Aus den unterschiedlichen Strukturen der beiden Stärkekomponten resultieren auch unterschiedliche chemische und physikalische Eigenschaften. Während sich Amylose ohne Quellung und Kleisterbildung in Wasser löst, quillt Amylopektin langsam auf und bildet unter Erwärmung einen Kleister, der nach Abkühlung wieder erstarrt.

Dextrine, auch Stärkegummi genannt, sind Abbauprodukte der Stärke. Ähnlich wie die Stärke sind auch Dextrine aus einer wechselnden und nicht genau bekannten Anzahl Glucosemoleküle aufgebaut. Man unterscheidet hochmolekulare Dextrine, die sich in der Molekülmasse nicht wesentlich von Stärke unterscheiden und dementsprechend mit Jodlösung auch eine Blaufärbung ergeben. Die nächste Abbaustufe mit einer mittleren Molekülzahl ergibt mit Jod eine Rot- oder Braunfärbung und die niedermolekularen Dextrine, für die eine allgemeine Summenformel von $(C_6H_{10}O_5)_n$ angegeben wird, zeigt mit Jod keinerlei Färbung. Dextrine werden in den USA vorwiegend aus Maisstärke und in Deutschland überwiegend aus Kartoffelstärke hergestellt, aber auch andere stärkereichen Produkte, z.B. Tapiokamehl, werden zur Dextringewinnung verwendet. Auf dem Ernährungssektor finden Dextrine in der Diätetik Verwendung und im technischen Bereich bei der Herstellung von Klebstoffen.

Glycogen, auch Leberstärke genannt, ist ein Produkt des tierischen bzw. menschlichen Stoffwechsels, das besonders reichlich in der Leber, aber auch in Muskelzellen vorkommt.

Glycogen als deponierbarer Reservestoff hat bei Tieren und dem Menschen offenbar die gleiche Funktion wie die Stärke bei Pflanzen. Der Aufbau des Glycogens entspricht auch weitgehend dem der Stärke, d.h. 125 bis 9500 Glucosereste sind miteinander verkettet, wobei die Verzweigung noch intensiver ist als bei den Amylopektinmolekülen.

3.4.2 Teilweise verdauliche und verwertbare Polysaccharide

Agar ist ein Polymer aus Galactose, das aus bestimmten Seetangen, z.B. Rotalgen, gewonnen wird. Er zeichnet sich durch gute Geliereigenschaften aus, da bereits eine 1%ige Lösung ein festes Gel bilden kann. In Japan gilt Agar als Nahrungsmittel und auch weitere Alginate, Polymere aus Mannuron- und Glucuron-säuren, werden in der Nahrungsmittelindustrie als Geliermittel, z.B. bei der Herstellung von Eiskrem eingesetzt, da

sie den Vorteil haben, kalt zu gelieren. In der Mikrobiologie dient Agar zur Herstellung von Nährböden für Bakterien.

Carrageen, auch als Irländisches Moos, Perlmoos oder Knorpeltang bezeichnet, wird aus getrockneten nordatlantischen Rotalgen, die an den Küsten Irlands, Nordfrankreichs und den USA vorkommen, hergestellt. Hauptbestandteile sind gemischte Sulfate und Ester von Polysaccharidkomplexen aus D-Galaktopyranose- und L-Galactoseeinheiten. An den Küsten Irlands spielt Carrageen als Nahrungsmittel eine gewisse Rolle, wird aber vor allem in industriell gefertigten Nahrungsmitteln als Stabilisator und Emulgator eingesetzt; weitere Bereiche sind Kosmetika, Wasserfarben, Appreturen u.a..

3.4.3 Unverdauliche Polysaccharide (Ballaststoffe)

Cellulose wird die gleiche allgemeine Summenformel wie Stärke ($C_6H_{10}O_5$)_x zugeordnet. Die Zahl der Glucosemoleküle (x) variiert etwa zwischen 500 bei Holzzellstoffen und 5000 bei Rohbaumwolle und kann bei einigen Cellulosen 15000 Einheiten erreichen.

Die Beta-Glucopyranreste sind an der ersten und fünften Position miteinander verknüpft und bilden sehr kompakte Moleküle. Cellulose ist nicht wasserlöslich und aufgrund ihrer Struktur für den Menschen und monogastrische Tiere unverdaulich, bei Wiederkäuern erfolgt ein teilweiser Abbau durch die Zellulasen (Enzyme) der Pansenbakterien. Durch Einwirkung von starken Säuren oder durch das Enzym Cellulase kann Cellulose in Glucose gespalten werden, ein Prozess, der unter dem Begriff „Holzverzuckerung“ bekannt ist.

3.4.4 Hemicellulosen

Sie sind eine uneinheitliche Gruppe von komplexen Polysacchariden. In Pflanzen stellen sie eine Speicherform der Kohlenhydrate dar, die im Bedarfsfalle in Zucker abgebaut und mobilisiert werden können. Bei der Hydrolyse entstehen neben Glucose und Mannose sowie auch die Pentosen Xylose und Arabinose. Häufig sind auch Glucuron- und Galacturonsäuren am Aufbau beteiligt. Hemicellulosen sind leichter hydrolysierbar und für Pflanzenfresser leichter verdaulich als Cellulose.

Die wichtigste Hemicellulose ist das **Xylan** (Holzgummi), das in angiospermen Bäumen aber auch in Getreidestroh, in Kleie und anderen Organen verschiedener Pflanzenarten vorkommt.

Pektine sind hochmolekulare kohlenhydratartige Pflanzenstoffe, die in Früchten, Wurzeln und Blättern weit verbreitet sind. Pektine bestehen vornehmlich aus Ketten von 1,4-alpha-

glycosidisch verbundenen Galacturonsäuren, deren Säuregruppen mit Methanol verestert sind. Sie bilden langgestreckte Riesenmoleküle mit relativen Molekülmassen von 30 000 bis 500 000. Aus dem Polymerisierungsgrad resultieren die Eigenschaften der Pektine. Eine technisch bedeutende Eigenschaft ist ihre Fähigkeit, in wässriger Lösung nach Zusatz von Säuren und Zucker feste Gelees zu bilden.. Aus dieser Eigenschaft resultiert ihre Verwendung als Zusatzstoffe in Nahrungsmitteln und kosmetischen Produkten. In der Humanernährung spielen sie als Ballaststoffe eine bedeutende Rolle.

Dextran mit der allgemeinen Summenformel $(C_6H_{10}O_5)_x$, wird von Bakterien durch Polymerisierung von Glucose gebildet und als synthetisches Blutplasma verwendet. Die Glucosemoleküle sind durch 1,6-glycosidische Bindungen zu Makromolekülen mit relativen Molekularmassen von 100.000 bis 200.000 verknüpft. Dextran kommt in höheren Pflanzen nicht vor.

Lichenin, auch Flechten- oder Moosstärke genannt, wird wie der Stärke die allgemeine Summenformel $(C_6H_{10}O_5)_x$ zugeordnet. Es handelt sich um ein geradekettiges, unverzweigtes Polymerisat mit einer relativen Mol-Masse von 25.000 bis 30.000. Lichenin kommt in zahlreichen Flechten aber auch im Hafer (Korn) und anderen Pflanzen vor und ist dort für die Schleimbildung verantwortlich.

Inulin ist ein aus Fructoseresten aufgebautes stärkeähnliches Polysaccharid mit einer relativen Molekularmasse von ca. 5.000, entsprechend etwa 50 Fructoseeinheiten. Inulin kommt vor allem in Knollen und Wurzeln vor, z.B. in Dahlien, Artischocken, Tobinambur, Löwenzahn, Alant u.a.. Alant (*Inula helenium*) ist auch der Namensgeber des Inulins, das im Englischen auch als Alantstärke (alant starch) bezeichnet wird.

Inulin spielt in der Diabetikerkost eine gewisse Rolle, außerdem werden ihm präbiotische Eigenschaften zugeschrieben, resultierend aus einer Steigerung von Anzahl und Aktivität von zumeist Bifidusbakterien im Enddarm.

4 Kohlenhydrate in der Ernährung

4.1 Verdauung und Absorption der Kohlenhydrate

Die Verdauung der Stärke, als wichtigstes Kohlenhydrat in der Nahrung, beginnt bereits im Mund unter Einwirkung der Speichelamylase. Ein weiterer intensiver Abbau der Stärke bis zur Glucose erfolgt im Dünndarm und der Dünndarmmukosa, wobei die Pankreasamylase sowie Maltase und Oligo-1,6-Glucosidase wirksam sind. Die bei der Stärke- und Glycogenverdauung entstehende Maltose wird mit den in der Nahrung enthaltenen Disacchariden, Saccharose und Lactose, von den Mukosazellen der Dünndarmwand aufgenommen und durch entsprechende Disaccharidasen in die korrespondierenden Monosaccharide gespalten.

In Tabelle 1 ist die Kohlenhydratverdauung zusammenfassend wiedergegeben:

Tab.1: **Kohlenhydratverdauung** (nach ELMADFA u. LEITZMANN 1990)

Organ	Enzym	Prozess
Mund	Ptyalin	Stärke → Dextrin → Maltose
Magen	keine	oberer Schritt wird in verringertem Maße fortgesetzt
Dünndarm	Pankreasenzyme	
	Alpha-Amylase	Stärke → Dextrin → Maltose
	Dünndarmenzyme	
	Saccharase	Saccharose → Glucose + Fructose
	Lactase	Lactose → Glucose + Galactose
	Maltase	Maltose → Glucose + Glucose

Die Zuckerresorption unterliegt einem spezifischen Mechanismus mit einer unterschiedlichen Adsorptionsgeschwindigkeit einzelner Monosaccharide und deren Derivate. Glucose und Galactose werden durch einen aktiven Transportmechanismus absorbiert, die anderen Monosaccharide werden hingegen durch passive Diffusion aufgenommen, so dass bei ihnen keine lineare Beziehung zwischen Konzentration und Absorption besteht.

4.2 Verwertung der Kohlenhydrate im Organismus

Bevor Kohlenhydrate als Energiequelle in den Zellen verwertet werden können, unterliegen sie, wie teilweise bereits ausgeführt, mehreren abbauenden und umsetzenden Prozessen. Nach der Verdauung und Absorption können die Monosaccharide, vornehmlich Glucose, direkt in Energie umgesetzt, temporär als Glycogen gespeichert oder zur Fettsynthese verwendet werden.

Glucose kann zwar von allen Körperzellen direkt verwertet werden, dennoch geht man heute davon aus, dass der größte Teil mit hoher Wahrscheinlichkeit in die Fettsynthese einmündet. Der Rest wird im Gehirn und im Nervengewebe, ohne den Umweg über Glycogen, direkt in Energie umgesetzt. Dieser Anteil entspricht etwa 25 % des Grundumsatzes.

Über die weitere Verwertung der Kohlenhydrate, einschließlich der Ballaststoffe, sei auf die Spezialliteratur verwiesen, z.B. ELMADFA und LEITZMANN (1990).

5 Kohlenhydrate als Nachwachsende Rohstoffe für industrielle Nutzung

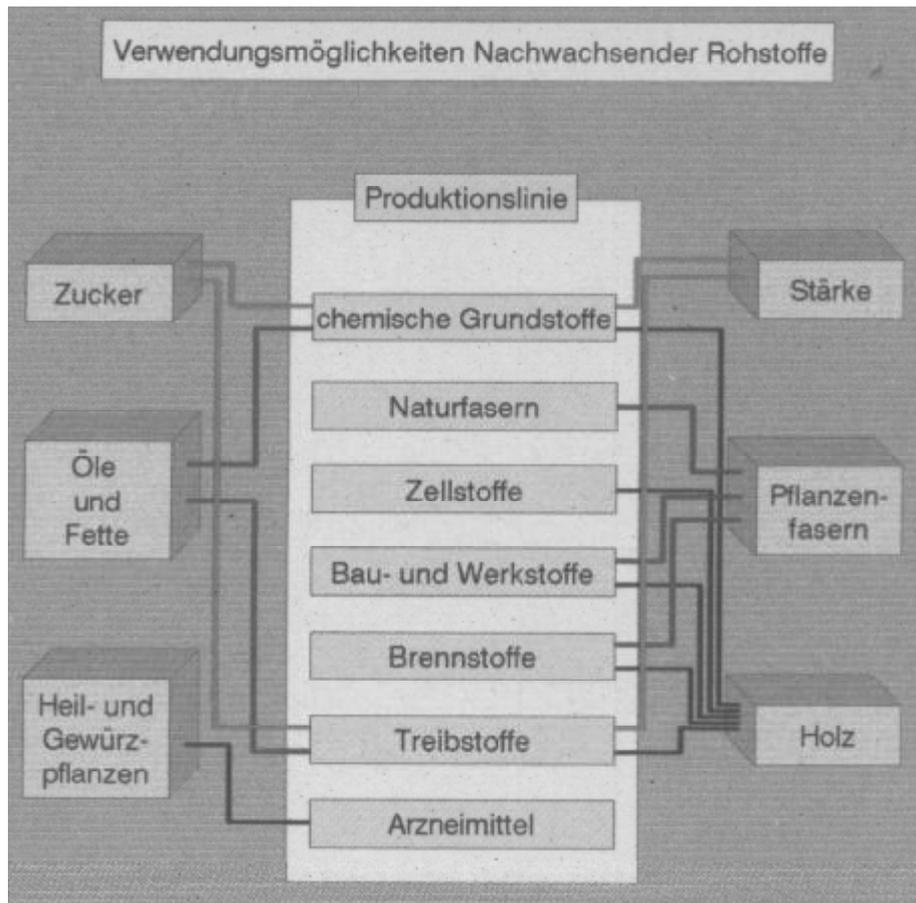
Der Begriff „Nachwachsende Rohstoffe“ ist verhältnismäßig neu, während die Verwertung landwirtschaftlicher Rohstoffe für chemische und technische Zwecke schon eine lange Tradition hat. Allerdings ist hierzu anzumerken, dass die Bedeutung der biologisch erzeugten Rohstoffe in Relation zu fossilen Rohstoffe und Energieträger stark zurückgegangen war, bis nach der sog. „Erdölkrise“ die Endlichkeit der fossilen Ressourcen stärker in das Bewusstsein trat und daraus eine Rückbesinnung auf „Nachwachsende Rohstoffe“ erfolgte.

Einen Überblick über Verwendungspotentiale für kohlenhydratreiche Pflanzen vermittelt Tabelle 2, woraus zu ersehen ist, dass mit eingeführten und ertragsstarken Kulturpflanzen die Rohstoffe erzeugt werden, unter denen die Stoffgruppen Zucker, Stärke und Zellulose die größte Bedeutung haben.

Tab.2: **Kohlenhydratreiche Pflanzen als Nachwachsende Rohstoffe für die chemische Industrie**

In der EU verwendete Nutzpflanzen	Rohstoff	Naturstoff bzw. Grundstoff	derzeitiger Verbrauch der chemischen Industrie in der BRD
Zuckerrübe	Kohlenhydrate	Zucker	22 TSD t/a
Mais		Stärke	450 TSD t/a
Weizen			
Kartoffeln			
Holz/Stroh		Zellulose	250 TSD t/a

Eine Übersicht über die Nutzungsmöglichkeiten vermittelt Darstellung 6:



Darst. 6: **Verwendungsmöglichkeiten Nachwachsender Rohstoffe** (BMFT- Broschüre Nachwachsender Rohstoffe. ANONYM 1990)

5.1 Verwendung von Zucker

Unter dem einfachen Begriff „Zucker“ ist stets Rohr- bzw. Rübenzucker zu verstehen, ein Disaccharid, bestehend aus je einem Molekül Glucose (Traubenzucker) und Fructose (Fruchtzucker).

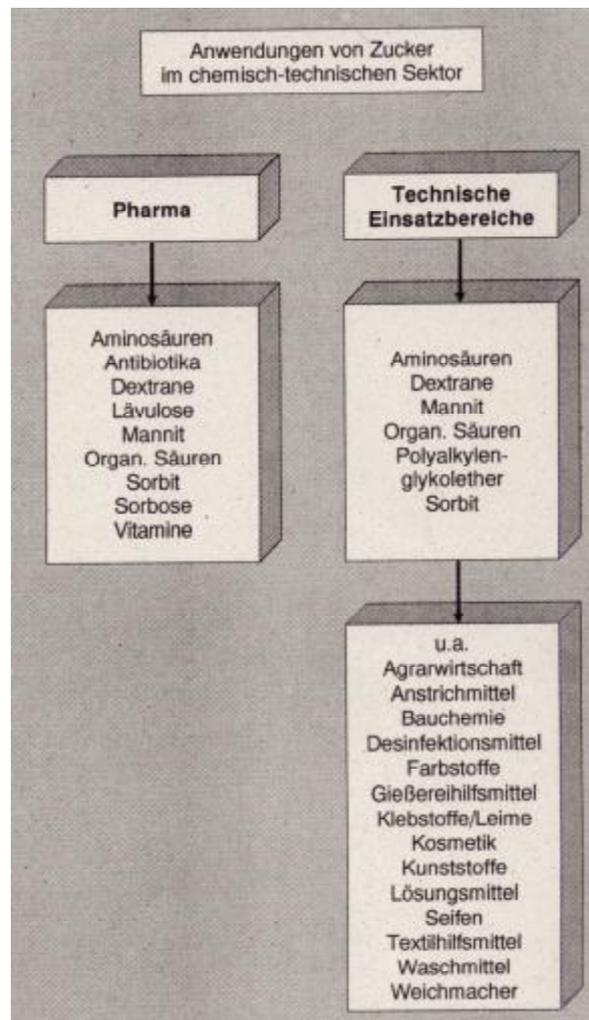
In Europa bzw. in der EG wird Zucker fast ausschließlich aus Zuckerrüben (*Beta vulgaris*) gewonnen, weltweit stammen etwa 60 % des Zuckers aus Zuckerrohr (*Saccharum spec.*).

In der EG werden etwa 2 Mio ha Zuckerrüben angebaut mit einer Zucker-Jahresproduktion von ca.14 Mio. t, von denen ca. 11 Mio. t innerhalb der EG verbraucht werden.

Die besondere Eignung von Zucker für die chemische Industrie besteht vor allem in seiner hohen Reinheit und in verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften, aus denen ein breites Spektrum für die Synthese resultiert.

Der mengenmäßig bedeutendste Einsatzbereich von Zucker und anderen Kohlenhydraten außerhalb des Ernährungssektors liegt derzeit und wohl auch in der Zukunft in der Herstellung von Chemikalien über Fermentation. Eine Übersicht über Produkte und deren Verwendung in der Pharmazie und im

Technischen Bereich vermittelt Darstellung 7.



Darst. 7: **Zucker als Nachwachsender Rohstoff auf dem pharmazeutischen und chemischen Sektor** (BMFT-Broschüre, ANONYM 1990)

Nach Änderung der EG-Agrarmarktordnung im Jahre 1986 kam es zu einem rasanten Anstieg auf dem chemisch-technischen Sektor von derzeit ca. 250.000 t, wobei das Einsatzpotential, das auch ca. 450.000 t geschätzt wird, noch nicht ausgeschöpft ist. Die Zunahme des Zuckerverbrauches resultiert indes weitgehend aus einer Substitution von Melasse, die jetzt anderweitig verwertet wird.

Ein weiterer Einsatzbereich, in dem derzeit intensiv geforscht wird, könnte die Synthese biologisch abbaubarer Kunststoffe und Verpackungsmaterialien sein. Dazu ist es erforderlich, kostengünstige Methoden zu entwickeln, mit denen Saccharose in spezifische Bausteine (building blocks) transformiert werden kann, die als Ausgangssubstrate für sehr vielseitige Syntheserichtungen verwendbar sind

5.2 Verwendung von Stärke

Stärke gehört zu den wichtigsten Polysacchariden in der Stoffgruppe der Kohlenhydrate. Sie besteht aus Makromolekülen, die nach folgender Bruttoformel aus Glucose aufgebaut sind.



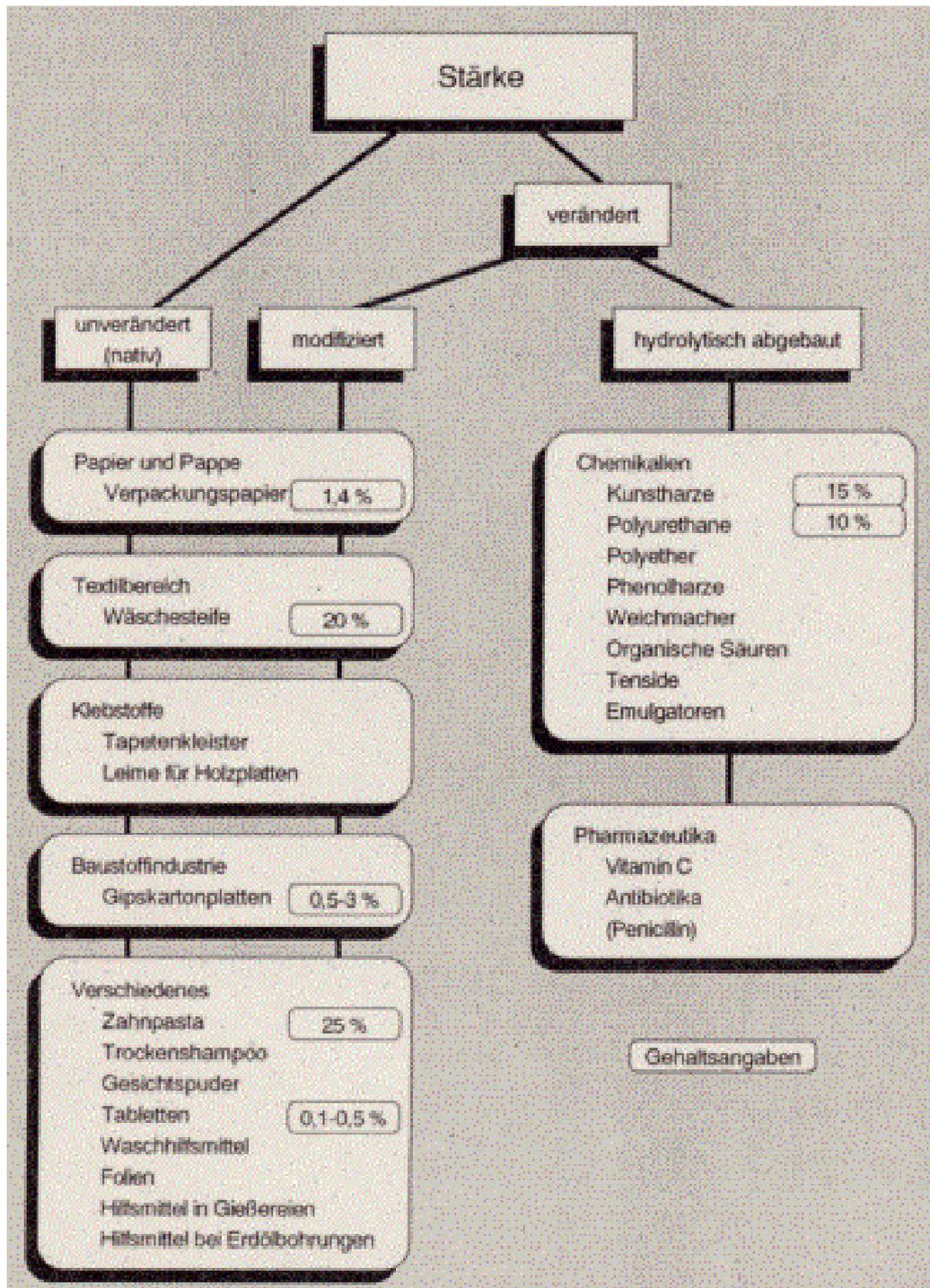
Durch unterschiedliche Verknüpfungen der Glucosemoleküle kommt es zu geraden Ketten, die als Amylose bezeichnet werden und zu Verzweigungen, aus denen das Amylopektin resultiert.

Stärke besteht aus mikroskopisch kleinen, polymeren Festkörperteilchen, die je nach Pflanzenart bzw. Sorte eine charakteristische Größe und Gestalt sowie unterschiedliche Anteile von Amylose und Amylopektin aufweisen. Von besonderem Interesse sind derzeit Stärken mit hohen Anteilen an Amylose, die in einigen Mais- und Getreidesorten (high amylo cultivars) und in Markerböen vorkommen.

Die Stärkeproduktion in der EG liegt derzeit bei ca. 5 Mio. t, von denen etwa 2 Mio. t in den chemischen Sektor einfließen.

Spezifische Einsatzgebiete sind Lackgrundstoffe, Beschichtungen von Papier, Appreturen für Textilien, Filme und Folien als Verpackungsmaterialien sowie Bindemittel, Füll- und Wirkstoffe für die pharmazeutische Industrie.

Durch ihren chemischen Aufbau und die hohe Reinheit erfüllt die Stärke wesentliche Voraussetzungen für eine chemisch-technische Nutzung. Die Einsatzbereiche sind in Darstellung 8 aufgezeigt:



Darst. 8: **Industrielle Verwendung der Stärke** (BMFT-Broschüre, ANONYM 1990)

5.3 Verwendung von Holz und Cellulose

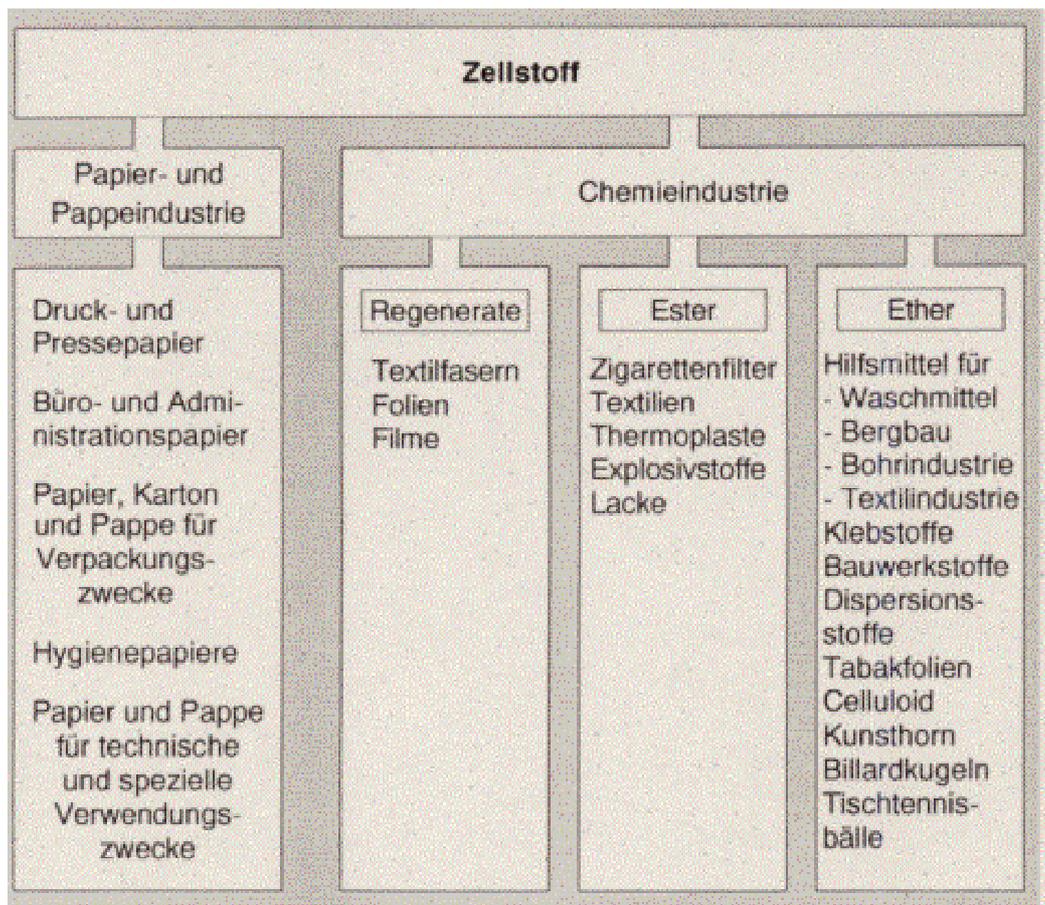
Hauptbestandteile der Holzsubstanz sind Cellulose, Hemicellulose und Lignin, die in der Summe einen Anteil von 97 bis 99 % ausmachen. Die Anteile an Cellulose variieren von 30 bis 35 %, an Hemicellulosen von 20 bis 40 % und an Lignin von 10 bis 30 %. Der Rest setzt sich aus organischen Extraktstoffen (1 bis 3 %) und 0,1 bis 0,5 % anorganischen Bestandteilen (Mineralien) zusammen.

Die Cellulose aller Pflanzen besteht ausschließlich aus Glucoseeinheiten.

Die Hemicellulosen der Laubgehölze und anueller Pflanzen enthalten überwiegend Xylose, während bei den Nadelgehölzen Mannose, Glucose und Xylose die Bausteine bilden. Das Lignin ist hingegen aus aromatischen Einheiten aufgebaut.

Besonders für den Bereich Zellstoff wird ein höheres Marktpotential erwartet, da angesichts technologischer Neuerungen in den Aufschlussverfahren die Umweltbelastung deutlich gemindert wird.

Eine Übersicht über die Verwendung und Weiterverarbeitung von Zellstoff vermittelt Darstellung 9:



Darst. 9: **Einsatzbereiche von Zellstoff** (BMFT-Broschüre, ANONYM 1990)

Holz ist Ausgangsmaterial verschiedener Produktlinien mit folgenden Verwendungsbereichen:

- als Massivholz für Bauwesen und Möbelindustrie
- als Rohstoff für Holzwerkstoffe, Spanplatten, Leimholz u.a.
- als Material für chemische Grundstoffe zur Herstellung von Cellulose, Papier, Leime, Harze und Chemikalien
- als Energierohstoff für Heizzwecke

5.4 Verwendung von Pflanzenfasern

Flachs (*Linum ussitatissimum*) und Hanf (*Cannabis sativa*) sind in den gemäßigten Klimaregionen die klassischen Pflanzen zur Gewinnung von Textilfasern. Hinzu kommen aus

den Subtropen und Tropen eine Reihe weiterer Faserpflanzen, unter denen Baumwolle (*Gossypium spec.*) die dominierende Rolle spielt.

Generell unterscheidet man bei den Pflanzenfasern

- Pflanzenhaare, bei Baumwolle und Kapok (*Eriodendron anfractuosum*)
- Bastfasern, bei Flachs, Hanf, Jute (*Cochorus spec.*) und Ramie (*Boehmeria nivea*)
- Hartfasern bei Kokos (*Cocos nucifera*) und Sisal (*Agave sisalana*)

Zwischen diesen Gruppen bestehen erhebliche Unterschiede in ihren Gehalten an Cellulose, Pektin und Lignin und daraus resultierend in der Morphologie und den mechanisch-technologischen Eigenschaften.

Die Anteile der Faserbestandteile einiger Faserpflanzen, geordnet nach ihrem Cellulosegehalt, ist aus Tabelle 3 zu entnehmen:

Aus der Tabelle 3 ist die Ausnahmestellung der Baumwolle mit ca. 92 % Cellulose ersichtlich. Die Cellulosefasern erreichen, in Abhängigkeit von Art, Sorte und Herkunft (Standort), eine Länge von 12 bis 15 mm. Bei Flachs und Hanf erreichen die Einzelfasern eine Länge von ca. 30 mm, die Reißfestigkeit der Garne ist höher als die von Baumwolle.

Sehr kurze Fasern von 2 bis 3 mm haben Jute und Sisal, dennoch entspricht die Reißfestigkeit der Garne etwa der Baumwolle. Besonders reißfest sind Garne aus Ramie (Syn. Chinagrass oder Indische Nessel), resultierend aus sehr langen Fasern von 150 bis 180 mm.

Tab. 3: **Hauptkomponenten natürlicher Pflanzenfasern** (Anteile in % der Trockenmasse)

Pflanze	Cellulose	Hemicellulose	Pektin	Lignin
Baumwolle	91,9	6,3		0
Ramie	76,4	14,5	2,1	0,7
Hanf	74,4	17,9	0,9	3,7
Sisal	73,1	13,3	0,9	11,0
Flachs	72,2	17,1	4,2	2,8
Jute	71,5	13,3	0,2	13,1

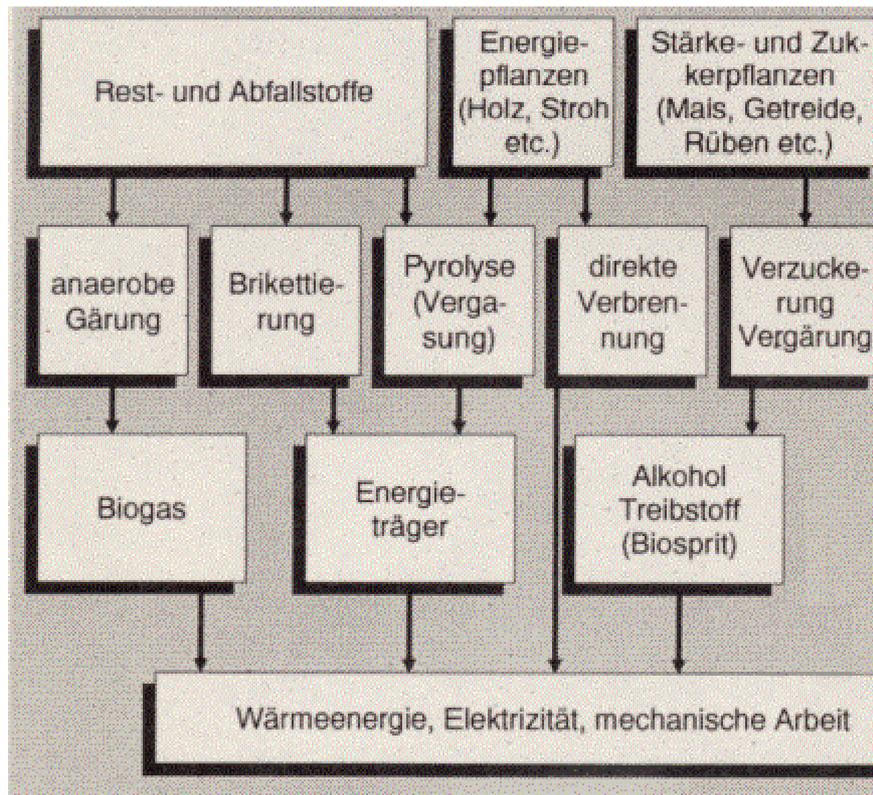
5.5 Nutzung als Bioenergie

Kohlenhydratreich Pflanzen können, wie seit altersher praktiziert, als Brenn-materialien genutzt werden, wobei die in den Kohlenhydraten gespeicherte Energie in Form von Wärme freigesetzt wird und die Kohlenhydrate wieder in ihre anorganischen Ausgangsstoffe, Kohlendioxid (CO₂) und Wasser (H₂O) zurückgeführt werden. Im Gegensatz zu den fossilen Brennstoffen Kohle, Erdöl und Erdgas werden dabei keine zusätzlichen „Treibhausgase“ in das Ökosystem eingeschleust, sondern es handelt sich um einen echten Kreislauf des Kohlenstoffs.

Bei der direkten Verbrennung steht Holz im Vordergrund, daneben werden durch neue Technologien aus „Abfallholz“ feste Brennstoffe in Form von Pellets oder Hackschnitzel erzeugt, die zum Betrieb von Heizungsanlagen geeignet sind.

Neben der Verwendung von Holz gibt es auch eine Reihe von Ansätzen durch gezielte Produktion von Biomasse mit ein- oder mehrjährigen Pflanzen die jährlich geerntet und zu Brennstoffen verarbeitet werden. Im Vordergrund stehen derzeit massen-wüchsige Grasarten z.B. Elefantengras (*Pennisetum purpureum*) oder Schilfarten der Gattung *Miscanthus*.

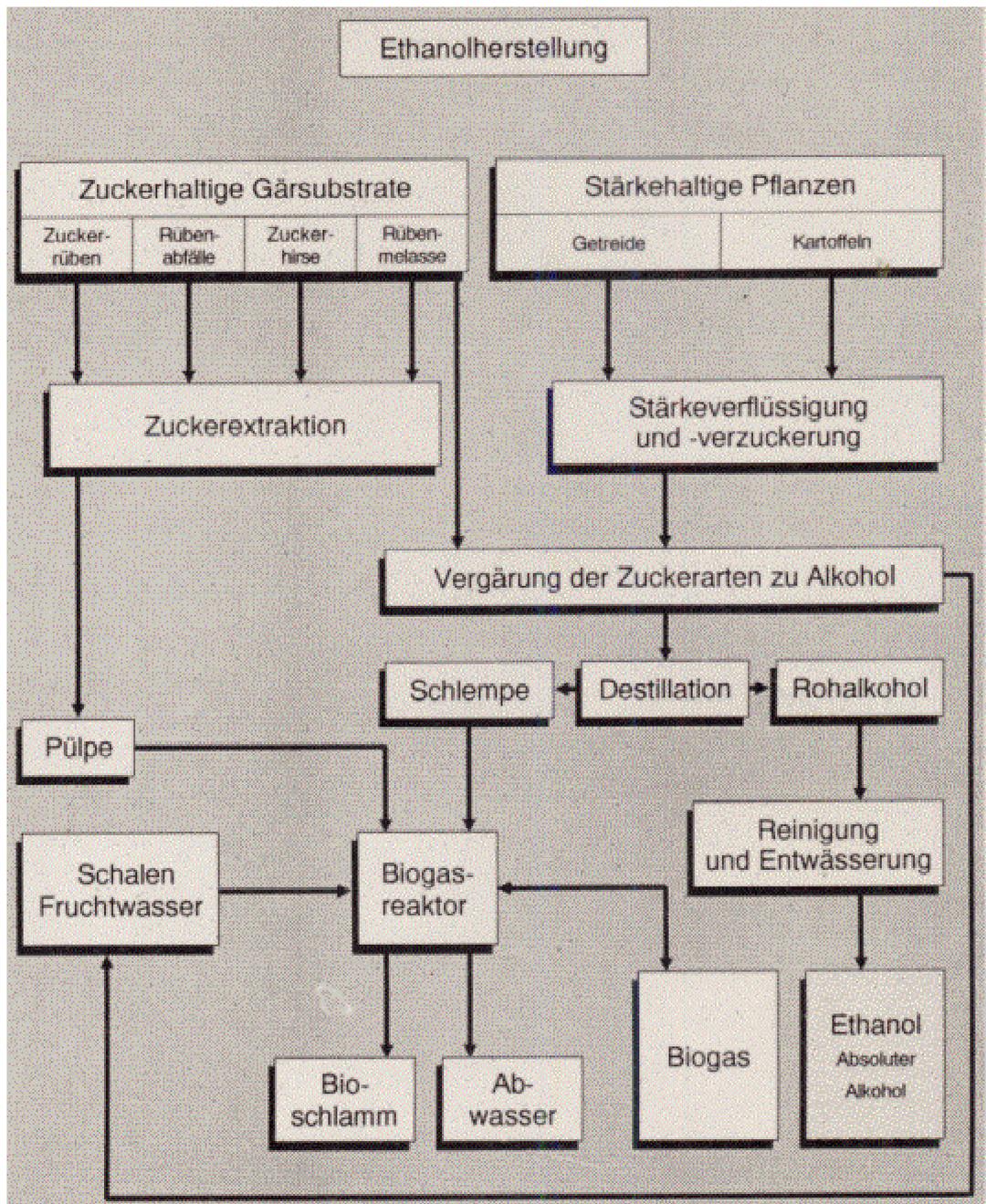
Eine Übersicht über die Energiegewinnung aus Agrarrohstoffen (ohne Fette und Öle) zeigt Darstellung 10.



Darst. 10 **Agrarrohstoffe zur Energiegewinnung** (BMFT-Broschüre, auszugsweise; ANONYM 1990)

Wegen ihrer geringen Energiedichte und des festen Aggregatzustandes kann kohlenhydrathaltige Biomasse nicht direkt als Treibstoff genutzt werden, sondern bedarf einer Konversion z.B. in Bioethanol. Die großtechnische Gewinnung von **Bioethanol** erfolgt im Prinzip in gleicher Weise wie die Herstellung von Trinkalkohol, d.h. kohlenhydratreiche Substrate werden, wenn Zucker vorhanden sind, direkt oder nach Verzuckerung einem Gärprozess unterworfen, und danach wird durch Destillation das Ethanol abgetrennt.

Aus den nicht vergärbaren Begleitstoffen kann außerdem **Biogas** gewonnen werden, wie aus Darstellung 11 zu ersehen ist.



Darst. 11: **Gewinnung von Ethanol und Biogas** (BMFT-Broschüre, ANONYM 1990)

Die Energiebilanz ist durchaus positiv, da einem Energieinput von ca. 100 GigaJoule (GJ)/ha ein Energieoutput von ca. 160 GJ/ha gegenübersteht.

Die technische Durchführung der Bioethanolgewinnung bereitet keine Probleme und die Beimischung zu Kraftstoffen wirkt sich durchaus positiv aus, indem die Anteile von Kohlenmonoxid (CO) und unverbrauchte Kohlenwasserstoffe (HC) in den Abgasen deutlich

reduziert werden. Nach den EG-Richtlinien ist eine 5%ige Ethanolbeimischung zu Benzin möglich und für alle Ottomotoren verträglich.

Für eine 5%ige Beimischung zu Benzin wären für Deutschland ca. 1,3 Mio. t Ethanol erforderlich, die auf rd. 330.000 Zuckerrüben- oder etwa 700.000 ha Getreidefläche erzeugt werden könnten.

Problematisch ist indes die wirtschaftliche Seite, da die Kosten pro Liter Bioethanol bei 0,90 EUR liegen und somit im Vergleich zu fossilen Treibstoffen nicht, vielleicht noch nicht, konkurrenzfähig sind.

Verwendete Literatur:

- ANONYM 1990: Broschüre „Nachwachsende Rohstoffe“, Herausgeber BMFT ISBN 3-88135-231-7
- BICKEL-SANDKÖTTER, S. 2001: Nutzpflanzen und ihre Inhaltsstoffe. Quelle und Meyer Verlag Wiebelsheim
- ELMADFA, I. und C. LEITZMANN 1990: Ernährung des Menschen. 2. Aufl., Ulmer Verlag Stuttgart
- HELDT, H.-W. 1996: Pflanzenbiochemie. Spektrum Verlag Heidelberg, Berlin, Oxford
- KINDL, H. 1991: Biochemie der Pflanzen. 3. Aufl., Springer-Verlag Berlin
- NAWARO-Hessen, 2003: Die Informations-CD über nachwachsende Rohstoffe. Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung-IPZ, Univ. Gießen <http://www.plantbreeding-giessen.de>
- MENGEL, K. 1991: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanzen. 7. Aufl., Gustav Fischer Verlag Stuttgart
- RÖMPP, H. 1997: Chemielexikon. 10. Aufl., Thieme Verlag Stuttgart

6 Kohlenhydrate liefernde Pflanzen

6.1 Cerealien und Pseudocerealien (Getreide und Pseudogetreide)

Von allen im Laufe der Menschheitsgeschichte in Kultur genommenen Nutzpflanzen sind die eigentlichen Getreidearten für die Ernährung des Menschen am wichtigsten (SCHULZE, 1995). Sie liefern stets die Grundnahrung, denn Getreidekörner enthalten Kohlenhydrate und Eiweiß in für den menschlichen Organismus angepassten Verhältnis von 6 :1, das die menschliche Ernährung notfalls sicherstellt (SESSOUS 1943).

Die Nährstoffzusammensetzung verschiedener Getreidearten ist dem Standardwerk SOUCI, FACHMANN, KRAUT (1994) oder GEISLER (1980) zu entnehmen.

Ein weiterer Vorteil von Getreide ist die einfache Vorratshaltung und der Transport, aufgrund des hohen Trockenmassegehaltes.

Die Domestizierung von Wildgetreide zur Kulturpflanze begann bereits zwischen dem 10. und 7. Jahrtausend v. Chr., indem die in der Mesopotamischen Tiefebene lebenden Jäger und Sammler dazu übergingen die Samen der in größeren Populationen wildwachsenden Gräser, wie Einkorn, Emmer und Gerste auf bearbeiteten Boden auszusäen und die Kulturbestände zu betreuen, um höhere Erträge zu erzielen. Allerdings dauerte es noch etwa 3000 Jahre bis der Ackerbau über Kleinasien und den Balkan Mitteleuropa erreichte.

Auch in anderen Regionen der Erde fanden ähnliche Entwicklungen zum sesshaften Ackerbauern, durch Domestizierung verschiedener Kulturpflanzen statt. In China wurde zwischen dem 8. und 4. Jahrtausend vor der Zeitwende Kolbenhirse kultiviert und ca. 3000 v.Chr. folgte der Reis (KÖRBER-GROHNE 1987). Etwa zur gleichen Zeit entwickelte sich der Ackerbau auch in Mittel- und Südamerika durch die Domestizierung von Mais (FESSEL et al. 1992).

Im Laufe der Zeit entwickelten sich unter den unterschiedlichen Klimaverhältnissen der Erde die Getreidearten Weizen, Gerste, Roggen und im 20. Jahrhundert auch Triticale bevorzugt in den kühl-gemäßigten Klimazonen, während Reis, Mais, Hirse und Sorghum vornehmlich in wärmeren Regionen angebaut werden. Allerdings entstanden durch Selektion

und Maßnahmen der Pflanzenzüchtung Sorten innerhalb der Arten, die in ihren klimatischen Ansprüchen stark differieren und somit eine große Bandbreite abdecken.

Bei den fünf Arten der kühlen Regionen bildeten sich Sommerformen heraus, die keinen Kühlreiz zum Blühen und Fruchten benötigen und Winterformen, bei denen für den Übergang von der vegetativen- in die generative Phase ein Kühlreiz unbedingt erforderlich ist. Die Begriffe der „Jarowisation“ und „Vernalisation“ beschreiben unterschiedliche Kühlreize als Voraussetzung für den Übergang in die generative Phase, in der die Samen gebildet werden.

Literatur

- Fessel, J., Sulzberger, M. und E. Grasdorf, 1992: Getreide. AT Verlag Aarau, Schweiz
- Geisler, G. 1980: Getreide. In: Pflanzenbau S. 223-251. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- Körber-Grohne, U. 1987: Mehlfrüchte (Getreide). In: Nutzpflanzen in Deutschland S.321-328. Nikol Verlagsgesellschaft, Hamburg
- Schulze, E. 1995: 7500 Jahre Landwirtschaft in Deutschland. 2.Auflage. Univ. Leipzig, Agrarökonomie
- Sessous, G. 1943: Nahrungsmittel Getreide. In: Schmidt und Marcus, Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1, Verlag E.S. Mittler & Sohn. Berlin
- Souci, S. W., Fachmann, W. und H. Kraut 1994: Die Zusammensetzung der Lebensmittel, Nährwerttabellen. 5. Aufl.. Medpharm Scientific Publishers, Stuttgart

6.1.1 Cerealien (Getreide)

6.1.1.1 Weizen, *Triticum spec.*

Weizen ist mit einer Anbaufläche von ca. 214 Mio. ha und einer Erntemenge von ca. 584 Mio. t pro Jahr die wichtigste Getreideart auf der Erde.

Die Gattung *Triticum* gehört zur Familie der Gramineae (Poaceae), Unterfamilie der Pooideae (Festucoideae), Tribus Triticeae (Hordeae), Subtribus Triticinae (BROUWER, 1972). Die Arten der Gattung *Triticum* lassen sich tabellarisch zusammenfassen:

Tab. 4: **Die Arten der Gattung *Triticum*** (aus HAUMANN und DIETSCH 2000)

	Diploide Reihe (n = 7) Einkorn-Reihe Genombezeichnung AA 2 n = 14 Chromosomen	Tetraploide Reihe (n = 14) Emmer-Reihe Genombezeichnung AA BB 2 n = 28	Hexaploide Reihe (n = 21) Dinkel-Reihe Genombezeichnung AA BB DD 2 n = 42
WILDFORMEN (bespelzt) (spontan brüchige Spindel, fester Spelzenschluß, nicht freidreschend)	<i>T. boeoticum</i> , <i>T. aegliopoides</i> (Wild-Einkorn, Wildgras) prim. Genzentrum: (= Mannigfaltigkeitszentrum): Kleinasien und Griechenland	<i>T. dicoccoides</i> (Wild-Emmer) prim. Genzentrum: Vorderasien (Palästina, Syrien), Äthiopien	— prim. Genzentrum: Zentralasien
KULTURFORMEN (bespelzt) (auf Druck brüchige Spindel, fester Spelzenschluß, nicht freidreschend)	<i>T. monococcum</i> (Kultur-Einkorn)	<i>T. dicoccum</i> (Kultur-Emmer Zweikorn)	T. spelta (Spelz-Dinkel) <i>T. macha</i> <i>T. vavilovii</i>
KULTURFORMEN (nacktkörnig) (zähe Spindel; loser Spelzenschluß, freidreschend, d. h. beim Drusch fällt nackte Karyopse (= Korn) an)		T. durum (Hartweizen) <i>T. turgidum</i> (Rauhweizen) <i>T. polanicum</i> (Poln. Weizen) <i>T. turanicum</i> (= orientale) <i>T. carthlicum</i> (= persicum)	T. aestivum (Weichweizen, Gemeiner Weizen) <i>T. compactum</i> (Zwergweizen) <i>T. sphaerococcum</i> (Indischer Weizen)

Die Systematik des Weizens unterliegt seit der Veröffentlichung von SCHIEMANN, 1948 infolge neuer Forschungsergebnisse und geänderten Einsichten der unterschiedlichen Autoren laufenden Änderungen und Ergänzungen (ISENBECK und ROSENSTIEL, 1949; ROEMER, 1953; SEARS, 1959; KÄMPF, 1971; FELDMANN, 1976; FRANKE, 1980; GEISLER, 1980; ZELLER, 1985; KÖRBER-GROHNE, 1987).

Die Chromosomengrundzahl des Weizens ist $x=7$. Es gibt 3 bzw. 4 verschiedene Genome:

Genome des Weizens und die Entstehung der verschiedenen Weizen-Arten und Varietäten (nach ZELLER, 1985)

A aus *Triticum boeoticum* (Tr. monococcum var. boeoticum)

B aus *Aegilops spec.* z.B. *Ae. longissima*

D aus *Aegilops squarrosa*

G (wahrscheinlich aus) *Ae. speltoides*.

Es gibt diploide Wildarten ($2n=14$ Chromosomen) mit leicht brüchiger Spindel und festem Spelzenschluss sowie geringem Wuchs:

AA = *Triticum monococcum* var. *boeoticum* (= *Tr. boeoticum*). Wild-Einkorn

BB = *Aegilops longissima*

DD = *Aegilops squarrosa*

GG = *Aegilops speltoides*

und auch eine diploide, bespelzte Kulturform aus *Tr. monococcum* var. *boeoticum*:

AA = *Triticum monococcum* var. *monococcum*. Kultur-Einkorn.

Durch spontanes Zusammentreffen der Genome AA aus *Tr. boeoticum* und BB aus *Aegilops* entstehen:

allotetraploide Wildformen mit brüchiger Spindel und festem Spelzenschluss:

AABB = *Triticum turgidum* var. *dicoccoides* (= *Tr. dicoccoides*). Wild-Emmer,

und aus *Tr. monococcum* var. *uratu* und *Aegilops speltoides*:

AAGG = *Triticum timopheevii* var. *araraticum*. Wilder Timopheevii,

und als allotetraploide Kulturformen mit $n = 28$ Chromosomen mit festem Spelzenschluss:

AABB = *Triticum turgidum* var. *dicoccum* (= *Tr. dicoccum*) = Kultur-Emmer,

und

AAGG = *Triticum timopheevii* var. *timopheevii* (= *Tr. timopheevii*) =

Kaukasischer Kultur-Emmer,

sowie freidreschende Kulturformen (ohne Spelzen):

AABB = *Triticum turgidum* var. *durum* (= *Tr. durum*) = Hartweizen,

AABB = *Triticum turgidum* var. *turgidum* (= *Tr. turgidum*) = Rohweizen,

AABB = *Triticum turgidum* var. *polonicum* (= *Tr. polonicum*) = Gommer,

AABB = *Triticum turgidum* var. *carthlicum* (= *Tr. persicum*) = Persischer Weizen.

Durch Hinzukommen des D-Genoms aus *Aegilops squarrosa* entstehen allohexaploide Weizen mit dem Genom AABBDD mit $2n=42$ Chromosomen.

Es entsteht als **Wildart** mit brüchiger Spindel:

AABBDD = *Triticum aestivum* var. *macha* Wilder georgischer Dinkel, als

Kulturformen mit festem Spelzenschluss:

AABBDD = *Triticum aestivum* var. *spelta* (= *Tr. spelta*). Abessinischer Dinkel.

AABBDD = *Triticum aestivum* var. *macha* Georgischer Dinkel mit fester Ährenspindel.

AABBDD = *Triticum aestivum* var. *vavilovii*.

Als **Kulturweizen** (ohne Spelzen):

AABBDD = *Triticum aestivum* var. *aestivum* (= *Tr. aestivum* = *Tr. vulgare*) Weicher Weizen,

AABBDD = *Triticum aestivum* var. *sphaerococcum* (= *Tr. sphaerococcum*) Indischer Kugelweizen,

AABBDD = *Triticum aestivum* var. *compactum* (= *Tr. compactum*) Zwerg- oder Bin-gelweizen.

Einige **Unterscheidungsmerkmale**:

Triticum monococcum zu *Tr. dicoccum*: Beide Arten haben einen markgefüllten Halm, eine brüchige Spindel und feste, verwachsene Spelzen; bei beiden ist die Ähre plattgedrückt, d.h. die Rückenansicht ist schmaler als die Seitenansicht. Bei *Tr. monococcum* bricht die Spindel so, dass das Teilspindel-Stück an der Basis hängt und die Vorspelze gespalten ist, während bei *Tr. dicoccum* das Spindelstück an der Bruchseite des Ährchens sitzt. Die Ährchen sind bei *Tr. dicoccum* größer und die Vorspelze ist nicht gespalten. Oft sind zwei Früchte je Ährchen vorhanden, während *Tr. monococcum* immer nur ein Korn im Ährchen ausbildet.

	<i>Triticum aestivum</i>	<i>Triticum durum</i>
Halme:	Hohl	oberes Drittel mit Mark gefüllt
Ähre:	nicht platt gedrückt	leicht platt gedrückt
Deckspelzen	breit bauchig, mit Eindellungen an der Basis	stark gekielt, ohne Eindellungen an der Basis
Korn:	weich, mehlig	hart, glasig

Literatur zu Weizen, *Triticum spec.*

- BECKER-DILLINGEN, I., 1972: Der Weizen. In: Handbuch des Getreideanbaus, 191-307. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BROUWER, W., 1972: Der Weizen (*Triticum L.*). In: Handbuch des Speziellen Pflanzenbaus, Bd 1. 4-186. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- FELDMANN, M., 1976: Weats. In: SIMONDS: Evolution of Grop Plants. Longman London, New York.
- FRANKE, W., 1980: *Triticum aestivum L.* In: Nutzpflanzenkunde. 4. Aufl. 81-86. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- GEISLER, G., 1980: Weizen (*Triticum spp.*). In: Pflanzenbau. 251-260. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- HAUMANN, G. und H. DIETZ, 2000: Winter- und Sommerweizen. In: LÜTKE ENTRUP und OEHMICHEN: Lehrbuch des Pflanzenbaus. 258-323. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen
- ISENBECK, K. und K. v. ROSENSTIEL, 1950: Weizen, *Triticum L.* In: ROEMER und RUDORF: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Bd. II. Getreidezüchtung. 289-529. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- KÄMPF, R., 1971: Weizen. In: KÄMPF, NOHE und PETZOLDT: Pflanzliche Produktion. 37-65. Verlag DLG, Frankfurt/Main.
- KÖRNER-GRONE, U., 1987: Weizen (*Triticum aestivum L.*). In: Nutzpflanzen in Deutschland. 28-39. Verlag Konrad Theiss, Stuttgart.
- ROEMER, Th., 1953: Weizen. In: ROEMER, SCHEIBE, SCHMIDT und WOERMANN: Handbuch der Landwirtschaft, Bd. II. 50-67. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- SCHIAMANN, E., 1948: Weizen, Roggen, Gerste. Systematik, Geschichte und Verwendung. Verlag Gustav Fischer, Jena.
- SEARS, E.R., 1959: The Systematics, Cytology and Genetics of Wheat. In: KAPPERT und RUDORF: Züchtung der Getreidearten, Bd. II. 164-187. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- ZELLER, F. J., 1985: Weizen (*Triticum spec.*). In: FISCHBECK, PLARRE, SCHUSTER: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen., Bd. 2. Spez. Teil. 2. Aufl. 39-50. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.1a von oben links:

1. Von rechts nach links: je 2 Ähren mit Rücken- und Seitenansicht von: *Aegilops squarrosa*, *Triticum boeoticum*, *Triticum dicocoides*, *Triticum aestivum* Landsorte.
2. Von rechts nach links: *Triticum aestivum* ssp. *spelta* Alemannischer Dinkel, *Tr. aestivum* ssp. *vulgare* Begrannter Saatweizen, *Tr. aestivum* ssp. *aestivum* Zuchtsorte.
- 3 und 6. *Aegilops cylindrica*: Ährenspindel leicht brüchig, zerfällt in zylindrische Teilstücke (Ährchen).
- 4 und 7. *Aegilops squarrosa*: Ährenspindel leicht brüchig, zerfällt in blasige Ährchen mit Spindelteil an der Bauchseite.
- 5 und 8. *Triticum boeoticum*: Wildeinkorn. Ährenspindel brüchig, zerfällt in einsamige Ährchen mit Spindelteil an der Basis.

Bildtafel 6.1.1.1a Weizen, *Triticum spec.*



Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.1b von oben links:

1., 2. und 3. *Triticum monococum* L., Kultureinkorn, Spelzfrucht.

4., 5. und 6. *Triticum dicocum* (Schrantz), Schübl. Kulturemmer, Spelzfrucht.

7., 8. und 9. *Triticum turgidum* L., Nacktes Korn (Karyopse).

Bildtafel 6.1.1.1b Weizen, *Triticum spec.*



6.1.1.1.1 Weichweizen (*Triticum aestivum* L.)

Etwa 80 % der Weizenproduktion in der Welt ist Weichweizen (*Triticum aestivum*). In Deutschland wird Weichweizen zu etwa 90 % angebaut. Davon sind etwa 15 % Sommerweizen. Die Formenmannigfaltigkeit des Weichweizens ist gewaltig, so dass eine gute Anpassungsfähigkeit durch Selektion von an jeweilige Umweltverhältnisse angepasste Sorten möglich ist.

Literatur zu Weichweizen (*Triticum aestivum*)

- AUFHAMMER, G. und G. FISCHBECK, 1973: Getreideproduktionstechnik und Verwertung. Verlag DLG, Frankfurt
- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: Gemeiner Weizen (*Triticum vulgare*). In: Handbuch des Getreideanbaues. 242-256. Verlag Paul Parey, Berlin.
- KÜBLER, E., 1994: Weizenanbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- LÜTKE ENTRUP, N. und J. OEMICHEN, 2000: Lehrbuch des Pflanzenbaues. Winter- und Sommerweizen 258-324. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- PLARRE, W., 1989: Weizen, *Triticum aestivum* L. In: REHM: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 49-65. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- REINER, L., 1981: Weizen aktuell. Verlag DLG, Frankfurt/Main.
- SCHREINER, W. und A. OBST, 1988: (Weich-)Weizen. In: Landwirtschaftliche Nutzpflanzen in Wort und Bild. 28-33. Verlag DLG, Frankfurt/Main.
- VOLLMER, F. J., 1986: Weizen. In: OEMICHEN: Pflanzenproduktion, Bd. 2. 224-278. Verlag Paul Parey, Berlin
- WIENHUES, F., 1960: Botany and Breeding of Wheat. In: Progressive Wheat Production, 29-65. Centre d'Etude de l'Azote 4, Geneva.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.1.1 von oben links:

1. Guter Winterweizenbestand mit einer Bestandesdichte von 500 bis 600 Ähren je m².
2. Winterweizensortenversuch.
3. Keimender Weichweizen mit guter Wurzel- und Sprossentwicklung.
4. Die Winterfestigkeit und eine starke Bestockung sowie schnelle Jugendentwicklung sind für den Anbau in nördlichen Breiten wichtige ertragssichernde Merkmale.
5. Die Ährendichte und die Zahl der Ährchen je Ähre können direkte Ertragsmerkmale sein. Ähren eines Kompakt-Types.
6. Das Ährchen von *Triticum aestivum* besteht aus 3 bis maximal 5 Blütchen mit je 3 Staubbeutel und einer zweiteiligen, stark gefiederten Narbe mit einem Fruchtknoten. Die Abblüte erfolgt meist bei geschlossenen Spelzen, so dass normalerweise Selbstbefruchtung gegeben ist.
7. Mähdrusch reifer Weizen.
8. Die Zahl der Körner je Ährchen beträgt meist 2 bis 3, die optimale Kornzahl je Ähre liegt bei 40.
9. Die Körner des Weichweizens sind mehlig aussehende Karyopsen, bei denen Frucht- und Samenschale fest mit dem Korn verwachsen sind. Die Tausendkorngewichte schwanken je nach Anbaubedingungen und Sortenunterschieden zwischen 40 und 55 g.

Bildtafel 6.1.1.1.1 Weichweizen, *Triticum aestivum*



6.1.1.1.2 Hartweizen (*Triticum durum* Desf.)

Der Hartweizen, auch Durum-Weizen genannt, ist die nackte Kulturform des Emmer-Weizen mit $2n=28$ Chromosomen und dem Genom AABB. Er wird zunächst in wärmeren Anbaugebieten, wie Mittelmeerraum, Nordafrika, Südosteuropa und in Kleinasien, Rußland, Nord- und Südamerika, Südafrika und in Australien verbreitet angebaut. Jetzt wird auch in den gemäßigten Anbauzonen Südwesteuropas Durum-Weizen über Anbauverträge zur Nahrungsmittelproduktion erzeugt.

Triticum durum ist meist Sommerweizen. Er hat einen straffen, im oberen Drittel meist mit Mark gefüllten Halm mit einer aufrecht stehenden, begranneten Ähre.

Literatur zu Hartweizen (*Triticum durum*)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: Hartweizen (*Triticum durum*). In: Handbuch des Getreideanbaues. 257-259. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BROUWER, E., 1972: *Triticum durum* Desf. In: Handbuch des Speziellen Pflanzenbaues, Bd. 1. 10-11. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- SCHREINER, W. und A. OBST, 1988: Durum- oder Hartweizen (*Triticum durum*). In: Landwirtschaftliche Nutzpflanzen in Wort und Bild. 34. Verlagsunion Agrar (DLG-Verlag, Frankfurt/Main).
- SESSOUS, G., 1943: Weizen. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch des tropischen und subtropischen Pflanzenbaus. 712-724. Verlag Paul Parey, Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.1.2 von oben links:

1. Teilbestand von Durum-Weizen
2. Ähren in der Milchreife.
3. Die 2 bis 3blütigen Ährchen stehen dicht an der nicht brüchigen Ährenspindel. Ähre bei Blühbeginn mit austretenden Antheren. Die Blüte findet meist bei geschlossenen Spelzen statt, d.h. es herrscht überwiegend Selbstbefruchtung.
4. Die reifende Ähre ist abgeplattet und die Hüllspelzen sind stark gekielt, ohne Grübchen an der Basis.
5. Die Ährchen zerfallen beim Drusch leicht und die „nackten“ Karyopsen können sauber geerntet werden.
6. Früchte (Karyopsen mit Frucht- und Samenschale) sind etwas zusammengedrückt, langoval und glasis (hoher Eiweißanteil). Die Tausendkorngewichte liegen bei 40 bis 50 g.

Bildtafel 6.1.1.1.2 Hartweizen, *Triticum durum* Desf.



6.1.1.1.3 Spelz, Dinkel (*Triticum spelta* L.)

Der Dinkel, auch Allemannischer Spelz genannt, ist die bespelzte Form (spindelbrüchig) der hexaploiden Weizen mit $2n=42$ Chromosomen und dem Genom AABBDD. Er nahm früher in Württemberg 60% des Brotgetreides ein. Seine Verbreitung reichte in Süddeutschland bis zur Eifel und im Süden über den Balkan bis in die Türkei. In den 1930er Jahren verschwand der Dinkel in Deutschland bis auf wenige kleine Flächen zur Selbstversorgung auf der Schwäbischen Alp. In den letzten beiden Jahrzehnten nimmt das Interesse am Dinkelweizen durch die Betonung der Qualität wieder deutlich zu. Es wurden neue ertragreichere Dinkelsorten gezüchtet.

Literatur zu Spelz, Dinkel (*Triticum spelta*):

- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: Dinkel (*Triticum spelta*). In: Handbuch des Getreidebaues. 256. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BROUWER, W., 1972: Spelzweizen, *Triticum aestivum* ssp. *spelta* [L.] Thell. In: Handbuch des Speziellen Pflanzenbaues Bd. 1. 12-13. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- JÖRIMANN, P. und W. SCHEIDEGGER, 1993: Amaranth, Dinkel & Co. Verlag MIDENA, Küttlingen/Aarau, Schweiz.
- SCHREINER, W. und A. OBST, 1988: Spelz oder Dinkel (*Triticum spelta*). In: Landwirtschaftliche Nutzpflanzen in Wort und Bild. 34-36. Verlagsunion Agrar (Eugen Ulmer, Stuttgart).
- SESSOUS, G., 1943: Weizen. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft. 712-724. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.1.3 von oben links:

1. Teilbestand von Dinkel
2. *Triticum spelta* ist sehr genügsam und winterhart und auf armen steinigen Mittelgebirgsböden den anspruchsvollen Weichweizensorten überlegen. Die Ähren sind lang und schmal, die Seitenansicht etwa gleich breit wie die Rückenansicht.
3. und 4. Die Ährchen sind 2- bis 3blütig mit breiten, wenig gekielten Spelzen. Die Blüte erfolgt meist in der geschlossenen Spelze.
5. Reife Ährchen einer unbegrannten Zuchtsorte. Die Farbe ist weiß oder braun.
6. Begrannter Dinkel, der nicht mehr im Anbau ist.
7. Die Spindel zerbricht beim Drusch so, dass das Spindelstück in der Bauchseite der Ährchen (Vesen) steht. Das Erntegut sind ganze Ährchen mit 1 bis 2 Samen (Karyopsen) und ziemlich fest geschlossenen Spelzen. Die Tausendährchengewichte der Vesen liegen zwischen 120 und 200 g, wobei der Spelzenanteil 20 bis 30 g beträgt. Die Früchte sind zusammengedrückt, glasig hart.

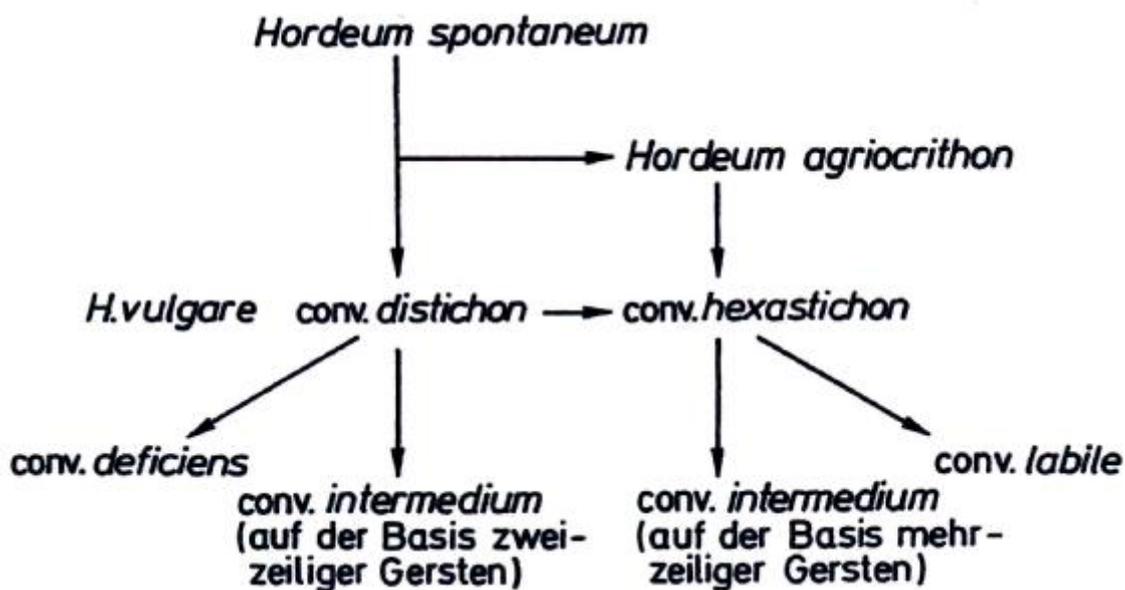
Bildtafel 6.1.1.1.3 Spelz, Dinkel (*Triticum spelta* L.)



6.1.1.2 Gerste (*Hordeum vulgare* L.)

Gerste (*Hordeum vulgare*) hat mit ihren fünf Convarietäten (siehe Darst.12) eine noch größere Anpassungsfähigkeit an die Umweltverhältnisse als Weizen (*Triticum*) mit seinen verschiedenen Arten.

Der Schwerpunkt der Gerstenproduktion liegt heute in Europa. Aber auch in Nordafrika, Nordeuropa und Vorderasien nimmt die Gerste den größten Teil der Getreidefläche ein, wobei jenach den klimatischen Voraussetzungen Sommer- oder Winterformen bevorzugt werden.



Darst. 12: **Abstammung der Gerste** (aus FISCHBECK 1985)

Literatur zur Gerste (*Hordeum vulgare*)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: Die Gerste, *Hordeum sativum*. In: Handbuch des Getreidebaues. 308-420. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- BROUWER, W., 1972: Die Gerste (*Hordeum vulgare* L.). In: Handbuch des Speziellen Pflanzenbaues, Bd. 1. 271-385. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- FISCHBECK, G., 1985: Gerste (*Hordeum vulgare* L.). In: FISCHBECK, PLARRE und SCHUSTER: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. 2, Spez. Teil. 2. Aufl. 77-97. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- FRÖIER, K., W. HOFFMANN, E.I. SANDEGREN und H. THUNAEUS, 1959: Gerste (*Hordeum vulgare* L.). In: KAPPERT und RUDORF: Züchtung der Getreidearten, Bd. 2. 2. Aufl. 276-426. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

- GEISLER, G., 1980: Gerste (*Hordeum vulgare* L.). In: Pflanzenbau. 261-268. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- HOFFMANN, W., A. MURA und W. PLARRE, 1970: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. 2. 37-71. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- ISENBECK, K. und W. HOFFMANN, 1950: Gerste (*Hordeum sativum* Jess.). In: ROEMER und RUDORF: Die Züchtung der Hauptgetreidearten. 130-224. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- KÄMPF, R. 1971: Gerste (*Hordeum sativum* JESS). In: KÄMPF, NOHE und PETZOLDT: Pflanzliche Produktkriterien. 66-98. Verlag DLG, Frankfurt/Main.
- KLAPP, E., 1941: Gerste (*Hordeum sativum* Jees.). In: Acher- und Pflanzenbau 215-222. Verlag Paul Parey, Berlin
- KÖRBER-GROHNE, U., 1987: Gerste (*Hordeum vulgare* L.). In: Nutzpflanzen in Deutschland. 46-55. Verlag Konrad Theiss, Stuttgart.
- MILATZ, R., 1970: Gerstenkriterien. In: Kriterien der Getreidearten. 85-123. Verband Deutscher Pflanzenzüchter, Bonn
- PLARRE, W., 1989: Gerste (*Hordeum vulgare* L.). In: REHM: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 70-79. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- REINER, L., U. DEECKE und P. W. KÜRTE, 1977: Wintergerste aktuell. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- ROEMER, Th., 1953: Gerste – *Hordeum*. In: SCHEIBE: Pflanzenbaulehre. 67-77. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- SCHÖNBERGER, H. und U. KROPF, 2000: Winter- und Sommergerste (*Hordeum vulgare*). In: LÜTKE-ENTRUP und OEHNICHEN: Lehrbuch des Pflanzenbaues, Bd. 2. Kulturpflanzen. 325-361. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- SCHREINER, W. und A. OBST, 1988: Gerste (*Hordeum vulgare*). In: Landwirtschaftliche Nutzpflanzen in Wort und Bild. 38-43. Verlagsunion, DLG. Frankfurt/Main.
- ULONSKA, E., 1959: Die Braugerste. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- ZADE, A., 1933: Die Gerste, *Hordeum sativum*. In: Pflanzenbaulehre für Landwirte. 96-122. Verlag Paul Parey, Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.2 (von oben links):

1. Dichter, ertragreicher Wintergerstenbestand einer mehrzeiligen (convar. hexastichon) Sorte.
2. Deutlich sind die Sortenunterschiede von mehrzeiliger Wintergerste. Wertprüfungsversuch mit Wintergerste.
3. Neben der Unterteilung in fünf Convarietäten wird die Ährendichte für die systematische Unterscheidung herangezogen: links sechszeilige Gerste = convar. hexastichon, dichte Ähre rechts convar. distichum, dichte Ähre = erectum-Gerste.
4. Bei dieser Form sind die Grannen in weiche „Kapuzen“ umgewandelt.
5. Hier fehlen die Grannen, es sind nur kurze Grannenspitzen vorhanden.
6. Zweizeilige, nickende (nutans-Typ) Sommergerste (Braugerste).
7. Zweizeilige Kapuzen-Gersten aus dem Sortiment.
8. Zweizeilige Nacktgerste (nutans-Typ).
9. Nacktgersten mit geringerem Anteil bespelzten Körnern.
10. Zweizeilige Sommergerste mit fein gekräuselten Spelzen (Braugerste) bei etwa fünffacher Vergrößerung.

Bildtafel 6.1.1.2

Gerste (*Hordeum vulgare* L.)



6.1.1.3 Hafer, *Avena spec.*

Hafer steht im Weltanbau mit 20 Mio. ha (= 4 %) an siebter Stelle hinter Hirse und in der Produktion mit 42,6 Mio. t (= 3 %) an sechster Stelle hinter Sorghum. Die wichtigsten Anbauländer sind Russland und die USA. In Deutschland werden noch 0,7 Mio ha = 3 % mit einer Produktion von 2,7 Mio t = 6 % angebaut und erzeugt. Der durchschnittliche Ertrag beträgt zur Zeit im Weltanbau 17 dt/ha und in Deutschland 42,4 dt/ha. In Ostholstein und in Südschweden werden Hafererträge von über 90 dt/ha erreicht (SUGON, BERGER und KROPF, 2000).

1950 waren in der Welt 54 Mio. ha mit Hafer bestellt und 1984 waren es nur noch etwa 26 Mio. ha (FISCHBECK, 1985). Der Rückgang der Haferfläche ist durch die geringe Zahl der Pferde, aber vor allem auch durch die geringeren Produktionsleistungen des Hafers gegenüber anderen Getreidearten bedingt. Hafer wird meist nur im Sommeranbau produziert. Nur etwa 20 % der Welthaferfläche ist Winteranbau. Winterhafer konnte sich bisher in Mittel- und Nordeuropa wegen seiner geringen Winterhärte nicht durchsetzen.

Die Erhaltung einer gewissen Anbaufläche in Europa wird durch seine günstige Wirkung in getreidereichen Fruchtfolgen erreicht.

In der Systematik können nach FISCHBECK (1985) ähnlich wie beim Weizen drei Genomstufen unterschieden werden (Tabelle 5).

Tab. 5: Artenspektrum der Gattung *Avena* (aus FISCHBECK 1985)

		2n = 14	2n = 28	2n = 42
Genome		C _p ; A _s ; C _v	A _s B	A _s C D
Wildhafer		<i>A. pilosa</i> (C _p) <i>A. clauda</i> (C _p) <i>A. hirtula</i> (A _s) <i>A. ventricosa</i> (C _v)	<i>A. barbata</i> <i>A. ludoviciana</i>	<i>A. sterilis</i> <i>A. fatua</i>
Kulturhafer	bespelzt	<i>A. strigosa</i> (A _s) <i>A. brevis</i> (A _s)	<i>A. abyssinica</i>	<i>A. bizantina</i> <i>A. sativa</i>
	nackt	<i>A. strigosa</i> (A _s)		<i>A. byzantina</i> var <i>denudata</i> <i>A. sativa</i> var. <i>chinensis</i>

In der älteren Literatur wird eine direkte Abstammung von *Avena sativa* aus *Avena fatua* und von *Avena byzantina* aus *A. sterilis* vermutet. In anderen Veröffentlichungen wird jedoch angenommen, dass *Avena sterilis* die Ausgangsform für *A. fatua* sowie für *A. sativa* und *A. byzantina* ist (HOFFMANN 1961, FISCHBECK 1985).

Die ältesten Funde von Haferwildformen wurden in Jordanien aus der Zeit 7500-6500 v. Chr. gemacht. Die ältesten mitteleuropäischen Funde stammen aus dem 5. Jahrhundert v. Chr. von Bandkeramikern in Polen. *Avena sativa* ist demnach als eine sekundäre Kulturpflanze aufzufassen. Die nach der heutigen Forschung angenommenen Abstammungen der Arten untereinander finden sich bei FISCHBECK (1985).

Von den Wildformen der hexaploiden Hafersorten mit $2n=42$ Chromosomen ist *Avena sterilis* in Südosteuropa, über das Mittelmeergebiet und Vorderasien verbreitet. *Avena sativa* wurde aus den mittleren und nördlichen Gebieten Europas und dem südlichen Asien in nahezu alle Getreideanbaugelände der Welt verschleppt. Während der Bronzezeit waren die Kulturformen von *A. strigosa* in West- und Nordwesteuropa weit verbreitet (KÖRNER-GROHNE, 1987).

Heute werden fast ausschließlich *Avena sativa*-Züchtungen in der Welt angebaut. In wärmeren Anbaugeländen sind gebietsweise noch *Avena byzantina* und Kreuzungsformen zwischen *A. byzantina* und *A. sativa* im Anbau.

Literatur zu Hafer (*Avena sativa* L. und *A. byzantina* Koch)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: Der Hafer. In: Handbuch des Getreidebaues. 420-500. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BROUWER, W., 1972: Hafer (*Avena sativa* L.). In: Handbuch des Speziellen Pflanzenbaues, Bd. 1. 386-485. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- COFFMANN, F. A. und J. M. KEY, 1959: Hafer (*Avena sativa* L.). In: KAPPERT und RUDOLF: Züchtung der Getreidearten. 427-531. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- COFFMANN, F. A., 1961: Oats and oat improvement. Agronomy Monographs. Vol. 8. Madison/Wisconsin, USA.
- FISCHBECK, G., 1985: Hafer (*Avena spec.*). In: FISCHBECK, PLARRE und SCHUSTER: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. 2. 2. Aufl. 97-110. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- GEISLER, G., 1980: Hafer (*Avena sativa* L.). In: Pflanzenbau. 268-270. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- KÄMPF, R., 1971: Hafer (*Avena sativa* L.). In: KÄMPF, NOHE und PETZOLD: Pflanzliche Produktion. 110-123. Verlag DLG, Frankfurt/Main.
- KLAPP, E., 1941: Hafer (*Avena sativa* L.). In: Acker- und Pflanzenbau. 222-226. Verlag Paul Parey, Berlin.
- KÖRNER-GROHNE, U., 1987: Hafer (*Avena ssp.*). In: Nutzpflanzen in Deutschland. 55-68. Verlag Konrad Theiss, Stuttgart.

- MILATZ, R., 1970: Haferkriterien. In: Kriterien der Getreidearten. 125-152. Verband deutscher Pflanzenzüchter, Bonn.
- NICOLAISEN, W., 1950: Hafer, *Avena sativa* L. In: ROEMER und RUDOLF: Die Züchtung der Hauptgetreidearten. 224-288. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- REINER, L., 1983: Hafer aktuell. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- ROEMER, Th. 1953: Hafer, *Avena*. In: SCHEIBE: Pflanzenbaulehre. 77-85. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- SCHÖNBERGER, H. U. KROPF, 2000: Hafer (*Avena sativa*). In: LÜTKE-ENTRUP und OEHNICHEN: Lehrbuch des Pflanzenbaues, Bd. 2. 387.
- SCHREINER, W. und A. OBST, 1988: Hafer (*Avena sativa*). In: Landwirtschaftliche Nutzpflanzen in Wort und Bild. 50-54. Verlagsunion Agrar, DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- SESSOUS, G., 1943: Hafer. In: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft. 733-742. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.
- ZADE, A., 1933: Der Hafer, *Avena sativa* L. In: Pflanzenbaulehre für Landwirte. 122-151. Verlag Paul Parey, Berlin.

6.1.1.3.1 Saat-Hafer (*Avena sativa* L.)

Die Haferanbaufläche (*Avena sativa* L.) in Deutschland liegt zur Zeit bei 400 000 ha, das ist die neunte Stelle im Weltanbau des Hafers. Die hauptsächliche Verwertung ist Pferdefutter und Beimengungen zu anderen Futtermitteln sowie als Schälhafer in der Lebensmittelindustrie.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.3.1 von oben links:

1. Haferfeld mit hoher Bestandsdichte auf steinigem Lehmboden.
2. Moderne Hafersorten besitzen einen festen, straffen Halm mit guter Standfestigkeit.
3. Zur Erreichung von Höchsterträgen werden in der Züchtung Rispenformen des Types Steif- bis Starrispe bevorzugt.
4. Der Flughafers (*Avena fatua*) ist ein weltweit verbreitetes Unkraut aus der hexaploiden Reihe mit $2n=42$ Chromosomen.
5. Die Zahl der Blüten pro Ährchen kann drei bis fünf betragen. Sie ist ein wichtiger Ertragsfaktor bei der Züchtung.
6. Die bespelzten Früchte des Flughafers sind an der Basis lang und dicht behaart und tragen auf der Deckspelze eine im unteren Drittel ansetzende, gedrehte und abgeknickte Granne.
7. Haferkörner von Zuchtsorten: links Weißhafer und rechts Gelbhafer.
8. Nackthafer, (ca. 3-fach vergrößert) Deck- und Vorspelze lösen sich beim Drusch, so dass die Karyopsen wie beim Weizen nur mit Frucht und Samenschale zur Verarbeitung vorliegen.

Bildtafel 6.1.1.3.1 Saat-Hafer (*Avena sativa* L.)



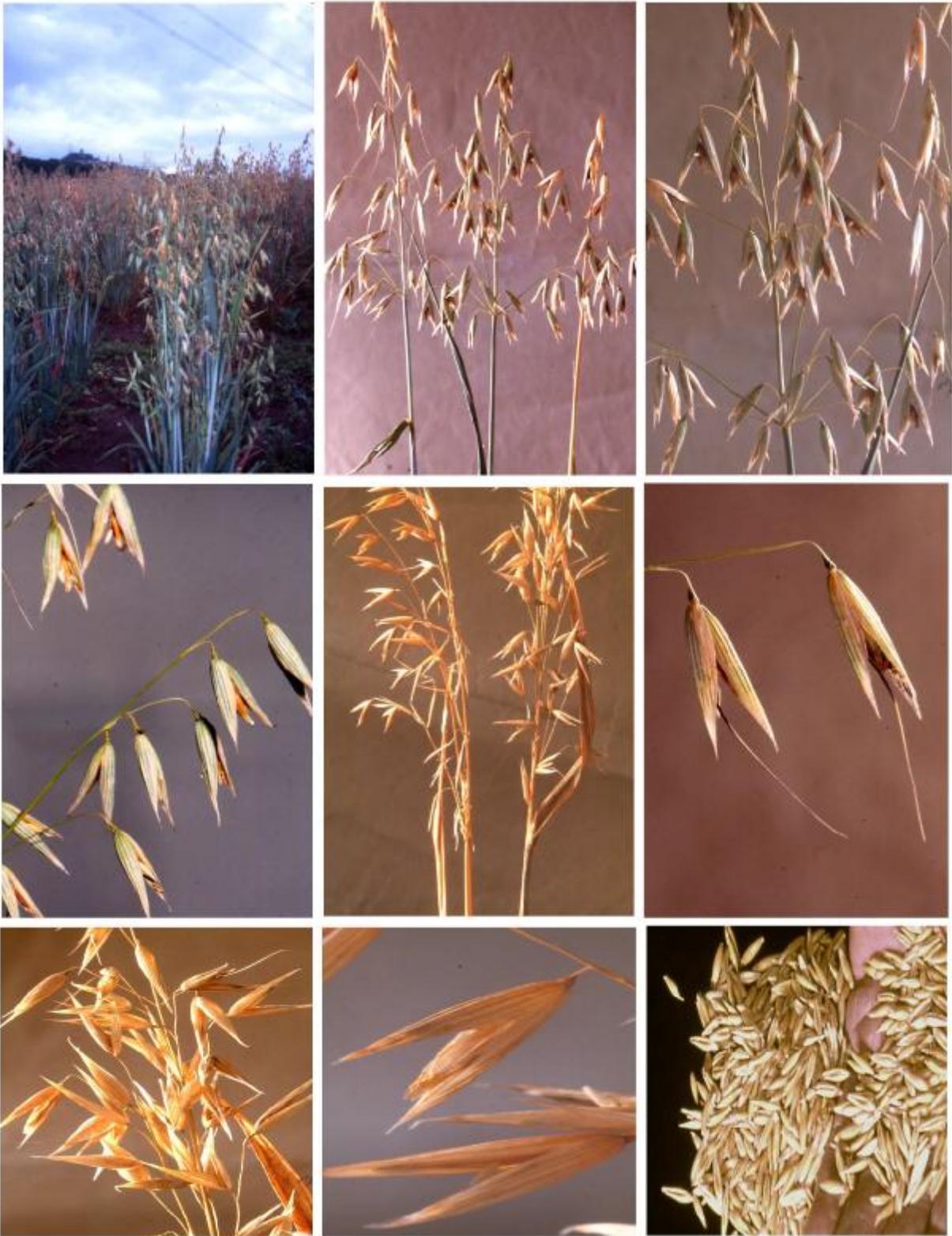
6.1.1.3.2 Byzantinischer Hafer (*Avena byzantina* Koch)

Avena byzantina, der ebenfalls wie *A. sativa* $2n=42$ Chromosomen besitzt, wird heute nur noch in wärmeren Gebieten unter weniger günstigen Wachstumsbedingungen angebaut. Die Sorten haben meist das Ertragsniveau von Landsorten.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.3.2 von oben links:

1. Teilbestand im Sortiment
2. Die Rispen sind deutlich lockerer als bei *A. sativa*.
3. Die Ährchen stehen am Ende von un- oder wenig verzweigten Rispenästen.
4. Die Ährchen sind nur ein- bis zweiblütig.
5. Ein Fahnen- bis Steifrispentyp von *A. byzantina*, der wesentlich weniger Ährchen ausbildet.
6. Viele Formen von *A. byzantina* sind begrannt.
7. Reife Rispen ...
8. ... und Ährchen von Byzantinischem Hafer.
9. Reife Spelzfrüchte von *Avena byzantina*.

Bildtafel 6.1.1.3.2 **Byzantinischer Hafer (*Avena byzantina* Koch)**



6.1.1.4 Roggen (*Secale cereale* L.)

Die Anbaufläche des Roggens beträgt im Weltgetreideanbau etwa 2 % bei einer Gesamtfläche von 10 bis 12 Mio ha. Der Roggenanbau ist rückläufig, besonders in Mitteleuropa. In Deutschland nahm der Roggenanbau von 1954 mit 1,5 Mio ha = 32 % der Getreidefläche bis zum Jahr 2000 auf 0,7 Mio ha = 11 % des Getreideanbaus ab. Er beschränkt sich heute meist auf leichte Böden, auf denen der Weizen nur geringe Erträge bringt. Die Züchtung hat durch die Schaffung von Hybridsorten mit 10 bis 20 % höheren Erträgen große Fortschritte gemacht, so dass unter günstigen Anbaubedingungen ebenso hohe Kornerträge wie beim Weizen erzielt werden können.

Abstammung und Verbreitung des Roggens sind in Tabelle 6 dargestellt:

Tab. 6: **Systematik und Verbreitung der Gattung *Secale* L.** (MIEDANER 1997)

Botanischer Namen	Verbreitung	Bemerkungen
<i>Secale montanum</i> ssp. <i>montanum</i> <i>dalmaticum</i> <i>anatolicum</i> <i>ciliatoglume</i> <i>kuprijanovii</i> <i>africanum</i>	Mittelmeer Jugoslawien Anatolien Anatolien Iran Südafrika	ausdauernde, selbststerile Bergroggen
<i>Secale cereale</i> ssp. <i>cereale</i> <i>segetale</i> <i>afghanicum</i> <i>dighoricum</i> <i>ancestrale</i>	"weltweit" Balkan, Vorderasien NO-Iran, Afghanistan Rußland W-Türkei	Kulturroggen einjährige, selbststerile Primitivroggen
<i>Secale vavilovii</i>	NW-Iran, Armenien	einjährige, selbstfertile
<i>Secale silvestre</i>	Europa-Sibirien	Wildroggen

Literatur zu Roggen (*Secale cereale*)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: Der Roggen. In: Handbuch des Getreidebaues. 103-190. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BROUWER, W., 1972: Der Roggen. In: Handbuch des Speziellen Pflanzenbaues, Bd. 1. 203-270. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- GEISLER, G., 1980: Roggen (*Secale cereale* L.). In: Pflanzenbau. 265-268. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- HONERMEIER, B., 2000: Winterroggen (*Secale cereale* L.). In: LÜTKE-ENTRUP und OEHMICHEN: Lehrbuch des Pflanzenbaues, Bd. 2. 362-372. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- KÄMPF, R., 1971: Roggen (*Secale cereale* L.). In: KÄMPF, NOHE und PETZOLDT: Pflanzliche Produktion. 99-110. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- KLAPP, E., 1941: Roggen. In: Acker- und Pflanzenbau. 203-207. Verlag Paul Parey, Berlin.
- KÖRBER-GROHNE, U., 1987: Roggen (*Secale cereale* L.). In: Nutzpflanzen in Deutschland. 40-46. Verlag Konrad Theiss, Stuttgart.
- MIEDANER, Th., 1997: Roggen. Vom Unkraut zur Volksnahrung. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- MILATZ, R., 1970: Roggenkriterien. In: Kriterien der Getreidearten. 153-175. Verband deutscher Pflanzenzüchter, Bonn.
- PLARRE, W., 1985: Roggen (*Secale cereale* L.). In: FISCHBECK, PLARRE und SCHUSTER: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. 2. 2. Aufl. 137-152. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- REINER, L., 1979: Winterroggen aktuell. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- ROEMER, Th., 1950: Roggen (*Secale cereale* L.). In: ROEMER und RUDORF: Die Züchtung der Hauptgetreidearten. 34-74. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- SCHREINER, W., und A. OBST, 1988: Roggen (*Secale cereale*). In: Landwirtschaftliche Nutzpflanzen in Wort und Bild. 44-49. Verlagsunion Agrar, DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- ZADE, A., 1933: Der Roggen. In: Pflanzenbaulehre für Landwirte. 41-58. Verlag Paul Parey, Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.4 von oben links:

1. Dichter Roggenbestand
2. Winterroggen-Versuch mit Hybrid-Sorten neben einer Populationsorte (offen abblühende Sorte) links.
3. Der Roggen, zum überwiegenden Teil als Wintergetreide angebaut, blüht offen ab, durch Windbestäubung stark fremdbefruchtend.
4. Die drei Staubgefäße und die zweiteilige, gefiederte Narbe treten weit zwischen den Spelzen hervor.
5. Die ungestielten, meist zweiblütigen Ährchen sitzen zweireihig dicht an der Ährenspindel. Die Deckspelzen sind bei allen Kulturformen mittellang begrannt.
6. und 7. Mähdruschreifer Winterroggen.
8. Der Roggen besitzt $2n=14$ Chromosomen, über Colchizin-Behandlung wurden tetraploide Sorten entwickelt, die größere Früchte (Karyopsen) hervorbringen: rechts Tetra-Roggen, links normale Zuchtsorte, unten in der Mitte Körner einer perennierenden Sorte (Waldstauden-Roggen). Die Kornfarbe ist grünlich, grau oder gelblich.

Bildtafel 6.1.1.4 Roggen (*Secale cereale* L.)



6.1.1.5 Triticale (*Triticosecale* Wittm. ext. Camus)

Triticale ist eine junge Kulturpflanze, entstanden aus Kreuzungen zwischen Weizen und Roggen in Göttingen. Triticale „Rimpau 4“, der 1888 spontan in einem Weizen-Roggen-Bestand entdeckt wurde (RIMPAU, 1891), ist der älteste beschriebene oktoploide Triticale (AABBDDRR = 6 Weizen-Genome + 1 Roggen-Genom). Danach begannen in der ganzen Welt Untersuchungen mit den verschiedensten Triticalformen, die zur Entwicklung von primären Triticale mit acht, sechs und vier Genomen führten. Erst die Kreuzungen und Formen innerhalb einer Ploidiestufe, vor allem bei hexaploiden Triticaleformen, führten in den 1950er Jahren zu leistungsfähigen Sorten. In der Beschreibenden Sortenliste 2003 stehen zugelassene 22 Winter- und 3 Sommer-Triticale-Sorten. Die Anbaufläche von Triticale beträgt in Deutschland zur Zeit etwa 450 000 ha.

Die Ährestruktur im Vergleich zu Weizen und Roggen vermittelt Tabelle 7:

Tab. 7: **Ausprägung der Ährenstruktur bei Triticale im Vergleich mit Weizen und Roggen** (aus HONERMEIER 2000)

Merkmal	Triticale	Weizen	Roggen
Ährenlänge (mm)	70 – 100	60 – 90	80 – 120
Ährchenzahl	23 - 30	15 – 20	25 – 30
Körner/ Ährchen	2,0 – 2,6	2,5 – 3,5	1,5 – 2,5
Körner/ Ähre	40 – 55	45 – 60	40 – 50
Blüten/ Ähre	65 – 80	70 – 90	70 - 90

Literatur zu Triticale (*Triticosecale*)

- BSA, 2002: Beschreibende Sortenliste für Getreide, Mais und Ölfrüchte. Landbuch-Verlag, Hannover.
- GEISLER, G., 1980: Triticale (Weizen-Roggenbastarde). In: Pflanzenbau 260-261. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- GPZ, 1996: Triticale. Vorträge für Pflanzenzüchtung, Heft 34. Saatgut Treuhandverwaltung, Bonn.
- HONERMEIER, 2000: Triticale (*Triticosecale* Wittm.). In: LÜTKE-ENTRUP UND OEHMICHEN: Lehrbuch des Pflanzenbaues, Bd. 2. 377-386. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- KROLOW, K-O., 1985: Triticale (*Triticosecale* Wittmack). In: FISCHBECK, PLARRE und SCHUSTER: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. 2. 2. Aufl. 67-77. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- POSPELOWA, G. und M. ZOSCHKE, 1994: Stand der Triticale-Forschung in der Sowjetunion (GUS). Gießener Abhandlungen zur Agrar- und Wirtschaftsforschung des europäischen Ostens, Bd. 194. Düncher und Humboldt, Berlin.
- RIMPAU, W., 1891: Kreuzungsprodukte landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Landwirtschaftliches Jahrbuch, Bd. 2. 20, 335-371.
- SCHREINER, W. und A. OBST, 1988: Triticale (*Triticosecale*). In: Landwirtschaftliche Kulturpflanzen in Wort und Bild, 36-37.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.5 von links:

1. Dichter, ertragreicher Bestand eines hexaploiden, in Deutschland zugelassenen Winter-Triticale auf lehmigem Sandboden.
2. Die begrannte Ähre von Triticale steht im Verhältnis zwischen Weizen und Roggen. Blattöhrchen und Blatthäutchen sind klein. Die Ähren sind länger als beim Weizen und dicht mit Ährchen besetzt.
- 3., 4. und 5. Triticale wird als Selbstbefruchter angesehen, es treten jedoch je nach Sorte und Temperaturbedingungen während der Blüte infolge offener Abblüte 20 bis 40 % Fremdbefruchtungen auf. Je Ährchen werden bis zu sechs Blütchen ausgebildet.
6. und 7. Von diesen Blüten sind jedoch nur ein bis vier fruchtbar.
8. Die sich beim Drusch gut aus den Spelzen lösenden Früchte (Karyopsen) sind unregelmäßiger als bei den Ausgangseltern (etwa 2-fach vergrößert).

Bildtafel 6.1.1.5

Triticale (*Triticosecale* Wittm. ext. Camus)



6.1.1.6 Reis (*Oryza sativa* L.)

Die Urheimat (Genzentrum) von *Oryza* ist der tropische vorder- und hinterindische Raum. Seit dem Altertum wird er in Südostasien angebaut. Heute ist Reis zwischen 50° nördlicher und 35° südlicher Breite und bis in Höhenlagen von 2500 m NN verbreitet. Es besteht eine sehr große Vielförmigkeit für alle Merkmale. Grundsätzlich ist Reis eine Pflanze des Monsun-Klimas. Der Hauptanbau erfolgt unter Bewässerungs-Bedingungen, eine Anbauform, die sehr viel Handarbeit erfordert. Die Wuchshöhe von Reis schwankt zwischen 50 cm bis 200 cm

Literatur zu Reis (*Oryza sativa*)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: Der Reis. In: Handbuch des Getreidebaues. 501-505. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BRÜCHER, H., 1977: *Oryza sativa*, Reis. In: Tropische Nutzpflanzen. 57-68. Verlag Springer, Berlin
- DE GEUS, J. G., 1954: Means of increasing Rice Production. Centre d'etude de l'azote, Geneva.
- FRANKE, G. et al., 1976: Reis (*Oryza sativa*). In: Früchte der Erde. 60-62. Verlag Prisma, Gütersloh.
- FRANKE, W., 1976: *Oryza sativa* L., Reis. In: Nutzpflanzenkunde. 90-94. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- JULIANO, B. O., 1985: Rice. Chemistry and Technology. 144-146. The American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota.
- KÜRTEEN, P., 1954: Reis. Schriftenreihe über tropische und subtr. Kulturpflanzen. Ruhr-Stickstoff AG, Bochum.
- REHM, S. und G. ESPIG, 1984: Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. 2. Aufl. 17-25. Ulmer-Ver. Stuttgart.
- STÄHLIN, A., 1957: *Oryza sativa* L., Reis. In: Methodenbuch XII, Bd. XII. Die Beurteilung der Futtermittel 273-275. Verlag Neumann, Radebeul und Berlin.
- TEN HAVE, H., 1989: Reis. In: REHM, S.: Spezielle Pflanzen in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 13-32. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- WINKLER, H., 1943: Reis. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 650-661. Verlag Paul Parey, Berlin.

Bildlegende zu Bildtafel 6.1.1.6 von links oben

1. Der Anbau von „Nassreis“ erfordert sehr viel Handarbeit
2. Es wurden jedoch auch Sorten selektiert, die ohne Bewässerung auskommen. Hier „Bergreis“ ohne Bewässerung.
- 3., 4. Reis gehört zu den echten Gräsern (Familie Gramineae). Die Blüten sind Ährchen und diese stehen in rispenartigen Blütenständen. Jedes Ährchen ist einblütig und hat zwei Hüllspelzen, die meist verkümmert sind. Die Variation zwischen Sorten reicht von stark begrannt (3.) über grannenspitzig (4.) bis grannenlos (5.).
6. Jede Frucht wird von der Deck- und Vorspelze fest eingeschlossen (Spelzfrucht). Die Deckspelze ist deutlich fünfnervig und oft fein behaart.
7. Spelzfrüchte nach dem Drusch.
8. Die Früchte (Karyopsen = Frucht- und Samenschale sind fest verwachsen) können sortentypisch unterschiedlich gefärbt sein: von hellgelb, hellbraun, rot bis schwarz.
9. Geschälter Reis unterschiedlicher Formen, wie er für Nahrungszwecke gehandelt wird (rechts) und mit glasigen sowie mehligem Mehlkörpern.

Bildtafel 6.1.1.6

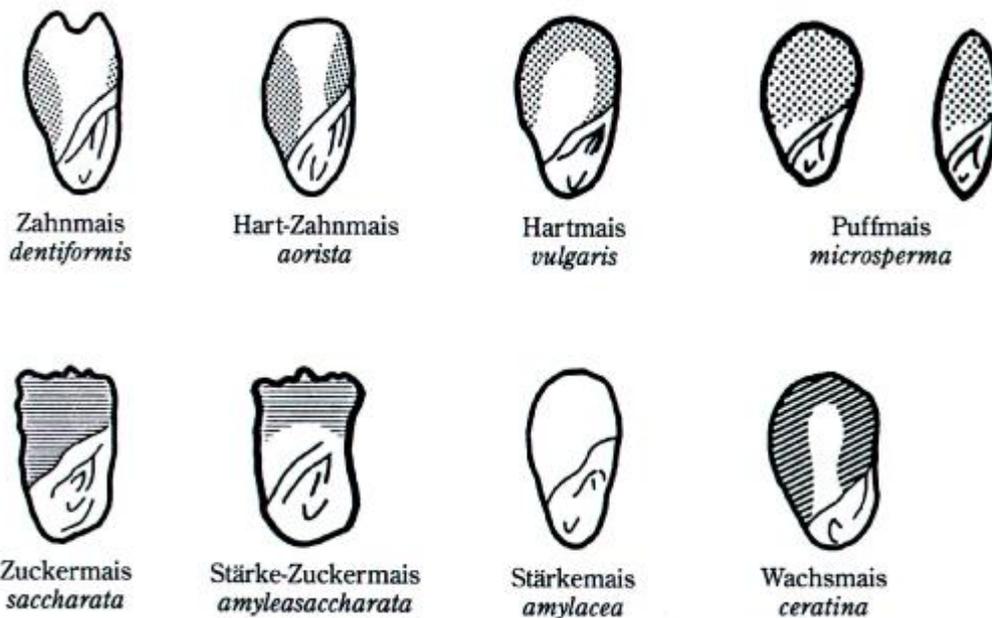
Reis (*Oryza sativa* L.)



6.1.1.7 Mais (*Zea mays* L.)

Mais ist eine einjährige C4-Pflanze und die am weitesten verbreitete Getreideart der Welt. Sein Anbaugebiet reicht von den Tropen, wo er noch in 4000 m NN kultiviert wird, bis über 60° nördlicher Breite. Die für eine gezielte Züchtung auf höchste Leistungen als Kulturpflanze günstige Blütenbiologie hat wesentlich zu der starken Verbreitung und hohen Wertschätzung beigetragen.

Die Formenmanigfaltigkeit wird in verschiedene Gruppen (Convarietäten) unterteilt (Darstellung 13)



Darst. 13: **Convarietäten des Mais (*Zea mays* L.);** aus SCHUSTER 1992

Literatur zu Mais (*Zea mays*)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: Der Mais. In: Handbuch des Getreidebaues, 505-562. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BERGER, J., 1962: Maize Production and the Manuring of Maize. Centre d'étude de l'azote, 5, Geneva.
- BJARNASON, M., 1989: Mais. In: REHM: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 32-40. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- BREDEMANN, G., 1943: Mais. In: SCHMIDT MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 640-649. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.
- BROUWER, W., 1972: Der Mais (*Zea mays* L.). In: Handbuch des Speziellen Pflanzenbaues, Bd. 1. 486-612. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BRÜCHER, H., 1977: *Zea mays*, Mais. In: Tropische Nutzpflanzen, 32-57. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.
- EBERHART, S. A., 1979: Technical Monograph. Maize. Ciba-Geigy Ltd., Basel.

- FRANKE, G. et al., 1977: Mais (*Zea mays*). In: Früchte der Erde. 62-66. Verlag Prisma, Gütersloh.
- FRANKE, W., 1976: *Zea mays* L., Mais. In: Nutzpflanzenkunde. 94-98. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- HEPTING, L. W. OLTMANN, 1985: Mais (*Zea mays* L.). In: FISCHBECK, PLARRE und SCHUSTER: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. 2. 2. Aufl. 152-173. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- JUGENHEIMER, R. W., 1976: Corn improved, seed production and uses. John Wiley and Sons. New York.
- MANGESLDORF, P. C., 1974: Corn, its origin, evolution and improvement. Harv. Univ. Press, Cambridge, Mass.
- MESSNER, H., 2000: Mais (*Zea mays*). In: LÜTKE-ENTRUP und OEHMICHEN: Lehrbuch des Pflanzenbaues. 398-427. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- MILATZ, R., 1970: Maiskriterien. In: Kriterien der Getreidearten. 177-212. Verband Deutscher Pflanzzüchter, Bonn.
- SCHUSTER, W.H, 1992: Mais (*Zea mays* L.). In: Ölpflanzen in Europa. 222-228. DLG-Verlag, Frankfurt/Main
- SPRAGUE, G. F. und A. TAVCAR, 1959: Mais (*Zea mays* L.). In: KAPPERT und RUDORF: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Bd. II. 2. Aufl. 103-163. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- TAVCAR, A. und R. LIEBER, 1950: Mais (*Zea mays*). In: ROEMER und RUDORF: Handbuch der Pflanzenzüchtung. Die Züchtung der Hauptgetreidearten, Bd. II. 75-129. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- ZSCHEISCHLER, D. und J. F. GROSS, 1966: Maisanbau und Verwertung. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.7 von oben links:

1. Der männliche Blütenstand ist eine am Ende des Sprosses stehende, mehr oder weniger verzweigte Rispe = Fahne.
2. Der weibliche Blütenstand (= Kolben) entspringt aus einer Achsel der mittleren Blätter. Die Narbenfäden werden bis über 50 cm lang.
3. Sie sind mit klebrigen Haaren besetzt, an denen die in großer Zahl durch Wind übertragenen Pollen hängenbleiben und auskeimen können.
4. Bei Sorten für die Kornnutzung werden ein bis zwei Kolben je Pflanze ausgebildet. Hier wurden im Zuchtgarten die Kolben vor dem Heraustreten der Narbenfäden mit Pergamenttüten isoliert, um eine Fremdbefruchtung zu vermeiden und um gezielt für eine Hybrid-Produktion mit dem Pollen einer bestimmten Vaterlinie bestäuben zu können.
6. Nach der Befruchtung trocknen die Staubfäden ab und hängen als braune Büschel oben aus den Hüllblättern (Lieschen) heraus.
- 5., 7., 8., 9. und 10. Nach der Ausprägung des Endosperms der Maiskörner werden bei *Zea mays* neun Convarietäten unterschieden (siehe Darst. 13): 5. = Hartmais (*vulgaris*), 7. = Hart-Zahmais (*aorista*), 8. = Zahmais (*dentiiformis*), 9. = Puffmais (*microsperma*), 10. = Zuckermais (*saccharata*).

Bildtafel 6.1.1.7 Mais (*Zea mays* L.)



6.1.1.8 Sorghumhirsen, *Sorghum spec.* (= *Andropogon Moench*)

Die Sorghumhirse stammt wahrscheinlich aus dem nordöstlichen Afrika und ist dort aus der Wildart *Sorghum bicolor* ssp. *arundinaceum* vor etwa 8 bis 10.000 Jahren domestiziert worden (ZELLER, 2000a). Die Formenmannigfaltigkeit ist durch die häufig auftretende Fremdbefruchtung groß. Von HARLAN and DEWET (1972) werden nach Unterschieden in den Rispenformen fünf Hauptrassen und zehn „intermediäre“ Rassen unterschieden (Tabelle 8).

Tab. 8: **Klassifizierung der wichtigsten kultivierten Sorghumformen** (nach HARLAN and DEWET, 1972 aus ZELLER, 2000a)

Haupttrassen	Intermediäre Rassen
Bicolor	Quinta - Bicolor
Quinea	Laudatum – Bicolor
Laudatum	Kafir – Bicolor
Kafir	Durra – Bicolor
Durra	Quinta – Laudatum
	Quinta – Kafir
	Quinta – Durra
	Kafir – Laudatum
	Durra – Laudatum
	Kafir – Durra

Die Zahl der Chromosomen beträgt bei allen Sorghum-Arten und Unterarten $2n = 20$, wobei auch $4n = 40$ Formen auftreten.

In neuerer Zeit wird die Art *Sorghum bicolor* (L.) Moench in Varietäten unterteilt, wie im folgenden in [] gezeigt.

Die weltweit in wärmeren, trockenen Klimatalagen angebaute Sorghumhirse ist wie der Mais eine C_4 -Pflanze (= erhöhte Assimilation bei höheren Temperaturen). In den Tropen und Subtropen ist sie eine der wichtigsten Getreidearten. Etwa 42 % der jährlich 68 Mio. t geernteten Kornsorten dienen der menschlichen Ernährung, die restlichen 58 % werden in der Tierernährung und zur Getränkeherstellung genutzt.

Tab. 9: **Verwendung der Korn-Sorghumhirsen** (nach ROONEY and MURTY, 1982, aus HOUSE, 1989)

1.	Ungesäuertes Brot: rohi (Indien), tortilla (Zentralamerika)
2.	Gesäuertes Brot: injera (Äthiopien), hisra (Sudan), dosai (Indien)
3.	Dicker Brei: to oder tono (Westafrika), ugati (Ostafrika), bagobe (Botswana)
4.	Dünner Brei (fermentiert oder unfermentiert): ogi (Nigeria), ugi (Ostafrika), ambali (Indien), edi (Uganda)
5.	Über Dampf gegarte Gerichte: couscous (Westafrika), wowoto (China), Nudeln (China)
6.	Gekochte Sorghum: soru (Indien)
7.	Snacks: Puffsorghum, süßes Sorghum (USA, Europa)
8.	Alkoholische und nichtalkoholische Getränke: Wein (China, Korea), Bier (Afrika), Erfrischungsgetränke (Afrika und Lateinamerika)
9.	Aus Zuckerhirse: Sirup, Zucker, Alkohol (Ungarn).

Auch in den europäischen Ländern Frankreich, Italien und Spanien wird Sorghum als Getreidefrucht unter trockenen Wachstumsbedingungen angebaut. In nördlichen Gebieten nutzt man die hohe Produktivität der C₄-Pflanze Sorghum als Grünfutter und zur Energieerzeugung (Methanol) als nachwachsender Rohstoff. Seit Anfang der 1950er Jahre, nachdem 1943 cytoplasmatisch - pollensterile Linien entwickelt wurden, werden fast nur noch leistungsfähige Hybridsorten angebaut.

Literatur zu Sorghumhirsen, *Sorghum spec.*

- HARLAN, J.R. and J.M.J. DEWET, 1972: A simplified classification of cultivated sorghum Crop. Sci. 12, 172-176.
- HOUSE, L.R., 1989: Sorghum. In: REHM: Spezieller Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen. Bd. 4, 40-49. Verlag Ulmer, Stuttgart.
- ROONEY, L.W. and D.S. MURTY, 1982: Evaluation of sorghum foot quality. In: ICRISAT: Sorghum in the Eighties. Proc. Intern. Symposium, 571-588. Patana cheru/Indien.
- ZELLER, E.J. 2000a: Sorghumhirse (*Sorghum bicolor* [L.] Moench): Nutzung, Genetik, Züchtung. Die Bodenkultur 51 (1), 71-85

6.1.1.8.1 Johnsongras, Aleppo-Hirse (*Sorghum halepense* L. Moench)

Sorghum halepense wird von den meisten Abstammungsforschern als die Stammpflanze der angebauten *Sorghum*-Arten angesehen. Sie ist fast in der ganzen Welt weit verbreitet, jedoch nicht in Mittel- und Nordeuropa, Japan, Korea und Zentral-Afrika. Nach Nordamerika kam das Johnsongras 1830 als etragreiche Futterpflanze mit hohem Eiweißgehalt aus der Türkei und hat sich dort, besonders in den Südstaaten aber auch in den Balkanländern zu einem gefährlichen Unkraut, vor allem in den Maisbeständen, ausgebreitet.

Literatur zu Johnsongras (*Sorghum halepense*)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: *Andropogon halepense* Bot. In: Handbuch des Getreidebaues. 590. Parey-Verlag.
- BECKER-DILLINGEN, J., 1929: Die Sorghumhirse. In: Handbuch des Hülsenfruchtbaues und Futterbaues. 446-447. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BRÜCHER, H., 1977: *Sorghum halepense* Pers. In: Tropische Nutzpflanzen. 79-80. Verlag Springer, Berlin.
- HÄFLIGER, E. und H. SCHOLZ, 1980: *Sorghum halepense* (L.) Pers. In: Gras Weedst. 136. Ciba-Geigy, Basel.
- HEGI, G., 1931: Johnsongras, Aleppo-Hirse (*Sorghum halepense* Moench. [= *Andropogon halepense*.]) In: Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Bd. I, 183.
- MARTIN, J.H.N., 1959: *Sorghum*. In: KAPPERT und RUDOLF: Handbuch der Pflanzenzüchtung. Bd. 2. Züchtung der Getreidearten. 2. Aufl. 565-582. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- MUDRA, A., 1953: Die Mohrenhirse (*Andropogon sorghum* Brot.). In: ROEMER, SCHEIBE, SCHMIDT, WOERMANN: Handbuch der Landwirtschaft. Bd. II, 116-120. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- SCHERING, A.G., 1989: *Sorghum halepense* L. (Pers.). In: Unkraut in Zuckerrüben. 340-341. Schering AG, Berlin.
- Sessous, G., 1943: Sorghum, Sorghumhirse, Bartgras, Sirk. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft. Bd. 1, 676-690. Verlag E.S. Mittler und Sohn, Berlin.
- STÄHLIN, A., 1957: *Sorghum halepense* (L.) Pers. Aleppo-Hirse, Johnsongras. In: Methodenbuch. Bd. XII. Beurteilung der Futtermittel. 296. Verlag Neumann, Radebeul und Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.8.1 von oben:

1. Hier *Sorghum halepense* in einem Mais-Hybrid-Erzeugungsfeld in Jugoslawien.
2. Das Johnsongras ist eine über unterirdische Rhizome mehrjährige bis zu 100 bis 250 bis 400 cm hohe Pflanze mit bis zu 60 cm langen und 3 cm breiten linearen Blättern. Sie kann hohe Erträge an grüner Biomasse hervorbringen.
3. und 4. Der Blütenstand ist eine mehrfach verzweigte Rispe von 15 bis 40 cm Länge mit einer zwittrigen und einer männlichen Blüte. Die zwei- bis dreiblütigen Ährchen werden von zwei Hüllspelzen umschlossen.
5. Die Fruchststände bilden lockere Buschrispen mit rotbraunen bis schwarzbraunen Spelzfrüchten.
6. Die Deck- und Vorspelze der dunkelroten Karyopsen sind durchscheinend. Das Tausendkorngewicht der Schließfrüchte schwankt zwischen 20 und 30 g.

Bildtafel 6.1.1.8.1 Johnsongras, Aleppo-Hirse (*Sorghum halepense* L. Moench)



6.1.1.8.2 Sudangras, einschließlich Sudangras-Hybriden (*Sorghum sudanense* [Piper] Stapf. [= *S. bicolor* var. *sudanense*])

Sudangras ist die einjährige, kultivierte Form aus *Sorghum halepense*. Sie stammt aus dem Ost-Sudan und ist auf der ganzen Welt als ein ertragreiches Futtergras bis nach Mitteleuropa verbreitet. Die Pflanze kann bei günstigen Wachstumsbedingungen bis 3 m hoch werden, insbesondere Hybriden mit anderen Sorghum-Formen

Literatur zu Sudangras (*Sorghum sudanense*)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1929: Die Sorghumhirse (*Andropogon sorghum* [L.] Brot.). In: Handbuch des Hülsenfrüchtebaues und Futterbaues, Bd. 3. 446-447. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BRÜCHER, H., 1977: *Sorghum sudanense* [Piper] Stapf., Sudangras. In: Tropische Nutzpflanzen. 80. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.
- MARTIN, J. H., 1959: *Sorghum*. In: KAPPERT und RUDOLF: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Bd. II. 2. Aufl. Züchtung der Getreidearten. 565-582. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- OKUYUCU, F., 1975: Die Reaktion von verschiedenen Sorghumsorten (*Sorghum dochna* [Forsk], Snowden) auf Tageslänge und Temperatur und deren Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit unter differenzierten Klimabedingungen. Dissertation, Univ. Gießen.
- SCHUSTER, W., F. OKUYUCU und U. POSSELT, 1976: Die Leistungen unterschiedlicher Reaktionstypen von *Sorghum*-Sorten als Futterpflanzen auf zwei ökologisch stark differenzierten Standorten. Z. Acker- und Pflanzenbau 142, 124-142.
- SCHUSTER, W., 1985: Sorghum-Hirse. In: FISCHBECK, PLARRE und SCHUSTER: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. 2. 2. Aufl. 129-137. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- STÄHLIN, A., 1957: *Sorghum halepense* [L.] Pers. var. *sudanense*, Hitchc. Sudangras. In: Methodenbuch, Bd. XII. Die Beurteilung der Futtermittel, 2. Teil. 295-296. Verlag Neumann, Radebeul und Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.8.2 von oben links:

1. Teilbestand von Sudangras
2. Infolge einer starken Bestockung können, bei Beginn des Rispenstehens, drei bis vier Schnitte im Jahr geerntet werden. Sudangras ist grün und angesäuert ein bekömmliches und schmackhaftes Futter.
3. Der Blüten- und Fruchtstand ist eine lockere, sich mehrfach verzweigende Rispe von grüner bis rötlichbrauner Verfärbung.
4. Die mehrblütigen Ährchen stehen am Ende eines längeren Stieles. Zur Blütezeit öffnen sich die Spelzen, so dass eine Fremdbefruchtung begünstigt wird. So können leicht Hybriden mit männlich-sterilen Kornsorghum-Formen mit hohen Heterosiseffekten erzeugt werden.
5. Die Rispenform ist besonders bei Hybriden recht unterschiedlich.
6. Abreifende Rispen von *Sorghum sudanense*.
7. Die Spelzfrüchte mit fest verwachsener Deck- und Vorspelze sind dunkelschwarz-braun bis hellbraun glänzend gefärbt.
8. Häufig sind diese nach dem Drusch noch mit den Hüllspelzen umgeben. Das Tausendkorngewicht der Spelzfrüchte liegt bei 28 bis 32 g. Der Nährstoffgehalt der Früchte beträgt 57 % N-freie Extrakte, 9 % Rohrzucker und 16 % Rohfett.

Bildtafel 6.1.1.8.2 **Sudangras, einschließlich Sudangras-Hybriden (*Sorghum sudanense* [Piper] Stapf. [= *S. bicolor* var. *sudanense*])**



6.1.1.8.3 Zuckerhirse (*Sorghum saccharatum* Nees [= *S. bicolor* var. *saccharatum*])

Zuckerhirse ist von den *Sorghum*-Arten die am weitesten in die gemäßigten Klimazonen vorgedrungene Spezies. Seit 1976 wird in den USA und auch in Mitteleuropa *Sorghum saccharatum* verstärkt auf Eignung als nachwachsender Rohstoff zur Energiegewinnung untersucht. Seit langem wird die Zuckerhirse in den Ländern Südeuropas, besonders in Ungarn, wegen ihres Zuckergehaltes (Glukose und Saccharose) in Stängeln und Blättern von 8 bis 15 % zur Grünfütter- und Alkoholproduktion angebaut. Die stark bestockten Pflanzen werden 100 bis 400 cm hoch, der Stängel ist 1,5 bis 2,5 cm dick und die schmalen lanzettlichen Blätter sind bis 50 cm lang.

Literatur zur Zuckerhirse (*Sorghum saccharatum*)

- BOGUSLAWSKI, E. von, N. ATANASIU und K. SHAABAN, 1965: Nährstoffaufnahme, Nährstoffentzug, Nährstoffbedarf und Ertragsleistung von Sorghum-Hirsen (*Sorghum vulgare* var. *saccharatum* und var. *technicum*) unter gemäßigten Klimabedingungen. Z. Acker- und Pflanzenbau 122, 251-266.
- BOLIK, Ch.-J., 1994: Anbau und Nutzung der Zuckerhirse im Süddeutschen Raum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench. Dissertation, Techn. Universität, München
- BRÜCHER, H., 1977: *Sorghum saccharatum* Nees. In: Tropische Nutzpflanzen. 80-82. Verlag Springer, Berlin
- EL BASSAM, N., M. DAMBROTH und G. RÜHL, 1987: Die Zuckerhirse – eine neue Rohstoffbasis für die Zuckerindustrie. In: Landbauforschung Völkreode 37, (4), 201-206.
- FÜRBETH, H., 1963: Untersuchungen über den Anbau von Zuckersorghum (*Sorghum saccharatum*) im Vergleich mit Besenhirse (*Sorghum technicum*) und Mais (*Zea mays*) als Futterpflanzen im gemäßigten Klima. Dissertation, Univ. Gießen.
- LEIBLE, L. und G. KAHNT, 1991: Untersuchungen zum Einfluss von Standort, Saatstärke, N-Düngung, Sorte und Erntezeitpunkt auf den Ertrag und die Inhaltsstoffe von Zuckerhirse. J. Agronomy & Crop Science 166, 8-18.
- NIOPEK, J., 1960: Der Einfluß der Klimafaktoren Licht, Temperatur und Niederschlag auf Wachstum, Entwicklung und Ertragsbildung bei Mais und Sorghumarten. Dissertation, Univ. Gießen.
- OKUYUCU, F., 1975: Die Reaktion von verschiedenen Sorghum-Sorten [*Sorghum dochna* [Forsk.] Snowden auf Tageslänge und Temperatur und deren Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit unter differenzierten Klimabedingungen. Dissertation, Univ. Gießen.
- SCHUSTER, W., F. OKUYUCU, U. POSSELT, 1976: Die Leistung unterschiedlicher Reaktionstypen von Sorghum-Hirsens als Futterpflanzen auf ökologisch stark differenzierten Standorten. Z. Acker- und Pflanzenbau 142, 124-142.
- SCHUSTER, W., 1985: Sorghum-Hirse (*Sorghum bicolor* [L.] Moench.). In: FISCHBECK, PLARRE und SCHUSTER: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. 2. Spez. Teil. 2. Aufl. 129-137. Verlag Paul Parey, Berlin.
- STÄHLIN, A., 1957: *Sorghum bicolor* [L.] Moench und *Sorghum dochna* [Forsk.] Snowden. In: Methodenbuch, Bd. XII. Die Beurteilung der Futtermittel. 2. Teil. 293-296. Verlag Neumann, Radebeul und Berlin.

Bildtafel 6.1.1.8.3 Zuckerhirse (*Sorghum saccharatum* Nees [= *S. bicolor* var. *saccharatum*]), Bildlegende auf der Rückseite



Bildlegende zu Bildtafel 6.1.1.8.3 von oben links:

1. Teilbestand von Zuckerhirse
2. Zuckerhirseformen bei Abreife in der Pfalz auf sandigem Boden im Netzkäfig zum Schutz vor Vogelfraß.
3. Vergleich *Sorghum technicum* (links) zu Zuckerhirse (rechts) als Hauptfrüchte angebaut (Aus-saat Ende April im Hessischen Ried).
4. Der Blütenstand der Zuckerhirse ist eine lockere, leicht überhängende Rispe.
5. Die Ährchen bestehen aus zwei Blütchen, einem zwittrigen fertilen und einem männlichen oder sterilen auf einem kurzen Stiel.
6. Die fertile Blüte enthält drei Antheren und eine zweigeteilte Narbe. Es herrscht Selbstbefruch-tung vor, je nach erblicher Veranlagung und Temperatur tritt jedoch mehr oder weniger stark Fremdbefruchtung bis zu 75 % auf. Auch zytoplasmatische männliche Sterilität wurde gefun-den und wird für eine Hybridzüchtung genutzt.
7. Rispe mit reifen Früchten, die fest von den beiden Hüllspelzen umschlossen werden.
8. Die Schließfrüchte mit den verwachsenen Deck- und Vorspelzen sind rundoval bis eiförmig und schwarz glänzend. Das Tausendkorngewicht der Früchte beträgt 30 bis 33 g.

6.1.1.8.4 Besenhirse (*Sorghum technicum* Koern. [= *S. dochna* [Forsk.] Snowden = *S. bicolor* var. *technicum*])

Die Besenhirse steht der Zuckerhirse nahe. Sie ist ebenfalls weniger wärmebedürftig als die Kornsorghum-Formen. Sie ist deshalb ebenso für einen Anbau zur Futter- oder Biomasseproduktion im südlichen Mitteleuropa gut geeignet. Die für die Besenproduktion im Mittelmeergebiet angebauten Sortentypen werden vier bis fünf Meter hoch mit 50 bis 60 cm langen Rispen.

Literatur zur Besenhirse (*Sorghum technicum*)

- FÜRBETH, H., 1963: Untersuchungen über den Anbau von Zuckersorghum (*Sorghum saccharatum*) im Vergleich mit Besenhirse (*Sorghum technicum*) und Mais (*Zea mays*) als Futterpflanzen in gemäßigttem Klima. Dissertation, Univ. Gießen.
- OKUYUCU, F., 1975: Die Reaktion von verschiedenen Sorghumsorten (*Sorghum dochna* [Forsk.] Snowden) auf Tageslänge und Temperatur und deren Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit unter differenzierten Klimabedingungen. Dissertation, Univ. Gießen.
- SCHUSTER, W., 1964: Versuche über die Anbaueignung von Neuzüchtungen der Mohrenhirse (*Sorghum dochna* [Forsk.] Snowden var. *saccharatum* und var. *technicum*) als Grünfutterpflanzen im gemäßigten Klima. Z. Acker- und Pflanzenbau 121, (1) 57-76.
- SCHUSTER, W., F. OKUYUCU und U. POSSELT, 1976: Die Leistung unterschiedlicher Reaktionstypen von Sorghum-Hirsen als Futterpflanzen auf ökologisch stark differenzierten Standorten. Z. Acker- und Pflanzenbau 142, 124-142.
- SHAABAN, K., 1962: Der Einfluss der Düngung und des Nährstoffverhältnisses auf die Entwicklung und Ertragsleistung von Mais und Sorghum als Futterpflanzen. Dissertation, Univ. Gießen.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.8.4 von oben links:

1. Züchtung (offen abblühende Sorte) aus dem Hessischen Ried (links) neben Mais (rechts) auf leichtem Sandboden.
2. Kreuzungen zwischen *Sorghum technicum* und *Sorghum saccharatum* zur Silage-Produktion angebaut, lieferten zwei Schnitte im Jahr mit Trockenmasseerträgen bis zu 200 dt/ha auf schwach humosen Sandböden im Hessischen Ried.
3. und 4. Rispenarten, links: der Kreuzungsform mit Zuckerhirse, rechts: der Besenhirse.
5. Die Ährchen von *Sorghum technicum* stehen dichter auf den zusammengezogenen Rispenästen als bei *S. saccharatum*. Die Ausbildung der Blüten und der Blühverlauf sind die gleichen wie bei *S. saccharatum*.
6. „Sorgo-Besen“, auch „Reis-Besen“ genannt, aus den getroschenen Rispen von *Sorghum technicum*.

Die Spelzfrüchte von *S. technicum* sind rotbraun und etwas größer als bei *S. saccharatum*; das Tausendkorngewicht liegt bei 32 bis 35 g.

**Bildtafel 6.1.1.8.4 Besenhirse (*Sorghum technicum* Koern. [= *S. dochna* [Forsk.]
Snowden = *S. bicolor* var. *technicum*])**



6.1.1.8.5 Mohrenhirse, Korn-Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench [= *S. vulgare* Pers.]

Die Mohrenhirse oder Korn-Sorghum ist die wichtigste Hirseart in der Welt. Sie steht als Weltwirtschaftspflanze an fünfter Stelle der Getreidearten. Die größten Anbauflächen liegen in Asien und Afrika. Ihr Anbau und die Produktion hat sich im letzten Jahrzehnt durch die Züchtung von hochleistungsfähigen Hybridsorten stark erweitert. Infolge der Vielförmigkeit, die durch die Intensivierung der Züchtung stark vergrößert wurde, ist die systematische Einordnung der unterschiedlichen Genotypen schwierig. In den letzten Jahren hat sich, wie schon eingangs betont, durchgesetzt, *Sorghum bicolor* [L.] Moench als eine Sammelart anzusehen und alle bisher als selbständige Arten geführten Formen als Varietäten unterzuordnen. Alle Varietäten sind voll fertil mit einander kreuzbar. Hier werden die drei hauptsächlich zur Grünnutzung angebauten Formen (*S. sudanense*, *S. saccharatum* und *S. technicum*) getrennt betrachtet und alle KornSORGHUMformen unter *Sorghum bicolor* eingeordnet.

Sorghum bicolor ist einjährig mit mehr oder weniger starker Bestockung und einem ausgedehnten, tiefgehenden Wurzelwerk.

Die Halme werden 0,5 m (Zwergtypen) bis 4 m hoch. Sie sind ein bis drei cm dick und markgefüllt.

Die Blätter sind wechselständig angeordnet, bis zu 60 cm lang und ein bis sechs cm breit mit einer deutlichen Mittelrippe.

Der Blütenstand entwickelt sich am Ende des Halmes; er ist eine sehr vielförmige Rispe. Sie kann je nach Varietät sein: eine lockere Rispe mit aufrechten oder nach unten gebogenen Rispenästen, die Seitenäste können kurz oder lang sein; eine kompakte Rispe mit ovaler oder zylindrischer Form mit gestauchter oder langer Hauptachse bilden, die aufrecht, abgeknickt oder hängend ist.

Die Ährchen sind einblütig, sie stehen paarweise an unterschiedlich langen Stielen. Das jeweils untere Ährchen ist nur männlich oder steril (keine Antheren ausgebildet), das obere ist zwittrig mit je drei Antheren und einer gespaltenen Narbe. Es herrscht je nach Genotyp mehr oder weniger Selbst- oder Fremdbefruchtung vor.

Die Hüllspelzen sind verschieden gefärbt: von gelb, braunrot, purpurrot bis schwarz, dick fest oder dünn durchscheinend. Die gleichen Farbvarietäten kommen bei der Deck- und

Vorspelze vor. Diese sind fest mit dem Korn verwachsen (Spelzfrucht) oder locker sitzend, beim Drusch abfallend.

Die Früchte (Karyopsen) mit der verwachsenen Frucht- und Samenschale sind rund oval bis eiförmig. Sie sind ebenfalls in der Färbung sehr unterschiedlich. Die weiß gefärbten werden zur Nahrungsmittelherstellung bevorzugt. Das Endosperm ist weiß oder gelblich und unterschiedlich in der Härte.

Es gibt Formen mit hohen Lysingehalten, ähnlich wie beim Mais.

Die Tausendkorngewichte der Früchte (Körner) schwanken von 12 bis 40 g.

Literatur zu Korn-Sorghum (*Sorghum bicolor*)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: Kaffernhirse, Sorghum. In: Handbuch des Getreidebaues. 586-594. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BRÜCHER, H., 1977: *Sorghum bicolor* [L.] Moench. In: Tropische Nutzpflanzen. 76-79. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.
- FRANKE, W., 1989: *Sorghum bicolor* [L.] Moench. In: Nutzpflanzenkunde. 4. Aufl. 103-104. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- FUCHS, A., 1980: Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench). In: FRANKE und FUCHS: Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen, Bd. IV. Pflanzenzüchtung. 222-228. Verlag S. Hirzel, Leipzig.
- GEISLER, G., 1980: Hirsen. In: Pflanzenbau. 280-281. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- HOUSE, L. R., 1989: Sorghum. In: REHM: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 40-48. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- MARTIN, J. H., 1959: *Sorghum* and *Pearl Millet*. In: KAPPERT und RUDORF: Züchtung der Getreidearten, Bd. II. 565-582. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- MUDRA, A., 1953: Die Mohrenhirse (*Andropogon sorghum* Brot.). In: SCHEIBE: Pflanzenbaulehre, Bd. 2. 116-120. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- REHM, S. und G. ESPIG, 1984: Sorghum. In: Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. 30-36. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SCHUSTER, W., 1985: Sorghum-Hirse. In: FISCHBECK, PLARRE und SCHUSTER: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. 2. Spez. Teil. 2. Aufl. 129-137. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- SESSOUS, G., 1943: Sorghum, Sorghumhirse, Bartgras, Sirk. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 676-690. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.
- SPRECHER VON BERNEGG, A., 1929: Tropische und subtropische Weltwirtschaftspflanzen. Teil I. Stärke und Zuckerpflanzen. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- STÄHLIN, A., 1957: *Sorghum bicolor* [L.] Moench (= *S. vulgare* Pers.). In: Methodenbuch, Bd. XI. Die Beurteilung der Futtermittel. 293-296. Verlag Neumann, Radebeul und Berlin.
- ZELLER, F. J., 2000 a): Sorghumhirse (*Sorghum bicolor* [L.] Moench): Nutzung, Genetik und Züchtung. Die Bodenkultur 51, 37-51 und 71-85.

6.1.1.8.5.1 Durra (*Sorghum durra* [Forsk.] Stapf. [= *S. bicolor* var. *durra*])

Sorghum bicolor var. *durra* ist in Nordost-Afrika, Vorderasien, Indien und der Türkei weit verbreitet. Durra wird in den U.S.A. Milo genannt. Hier wurden Zwerg-Typen mit ca. 50 cm Wuchshöhe selektiert und Hybriden gezüchtet.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.8.5.1 von oben links:

1. Durrabestand bei Beginn des Rispschiebens. Die Wuchshöhe bei Reife beträgt je nach Standort bis 200 cm. Die Stängel sind mit einer Wachsschicht überzogen.
2. Durra hat ein breites Blatt mit einer deutlichen, hellen Mittelrippe.
3. Der aufrechtstehende Blütenstand ist eine kegelförmige dichte Rispe.
4. Die Ährchen sitzen an aufsteigenden längeren Stielen.
5. Die Spelzen öffnen sich weit, so dass weitgehend Fremdbefruchtung möglich ist.
6. Der Fruchtstand ist etwas dichter als der Blütenstand.
7. Die Körner (Karyopsen, ohne Spelzen) sind gelb bis gelblich weiß, rundoval und etwas abgeflacht.

Bildtafel 6.1.1.8.5.1 Durra (*Sorghum durra* [Forsk.] Stapf. [= *S. bicolor* var. *durra*])



6.1.1.8.5.2 Weiße Durra (*Sorghum cernuum* [Ard.] Host. [= *S. bicolor* var. *cernuum*])

Weißer Durra ist in Vorderasien und Indien beheimatet und in den Tropen und Subtropen der ganzen Welt verbreitet. Die Wuchshöhe beträgt 160 bis 200 cm.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.8.5.2 von oben links:

1. Die Stängel sind kräftig und standfest und die Blattscheiden beim Rispschieben aufgeblasen.
2. Die wechselständigen Blattspreiten sind vier bis sechs cm breit und leicht mit Wachs überzogen.
3. und 4. Die kompakten, ei- bis kegelförmigen Blütenstände knicken schon während der Blüte hakenförmig ab.
5. Die Ährchen stehen paarweise an unterschiedlich langen Stielen. Die Spelzen öffnen sich weit, so dass eine Fremdbefruchtung vorherrscht.
6. Zur Reife trocknet der Stängel ab und die Rispe zieht sich zusammen.
7. Die Körner (Karyopsen) sind groß, rund bis rundoval, meist nackt wie Weichweizen, hier teilweise noch mit Spelzen umgeben. Das Tausenkorngewicht liegt bei 40 – 45 g.

**Bildtafel 6.1.1.8.5.2 Weiße Durra (*Sorghum cernuum* [Ard.] Host.
[= *S. bicolor* var. *cernuum*])**



6.1.1.8.5.3 Kafir, Kafferkorn (*Sorghum caffrorum* [Relz.] Beauv.

[= *Sorghum bicolor* var. *caffrorum*])

Kafir, *Sorghum caffrorum*, ist in Zentral- und Südafrika südlich des Äquators beheimatet und verbreitet. Es konnten hocheertragreiche Sorten entwickelt werden. Die Bestände werden 120 bis 160 cm hoch. Der Stängel ist kräftig mit breiten, 30 bis 50 cm langen, lanzettlichen Blättern. Stängel und Blätter bleiben bis zur Reife saftig und grün.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.8.5.3 von oben links:

1. Teilbestand von Kafir
2. Die am Ende der Stängel stehenden Blütenstände und Früchte sind halbkompakte, lang-ovale bis zylindrische Rispen:
3. Rispe bei Blühbeginn
4. und in Blüte.
5. und 6. Die Spelzfrüchte sitzen fest in den großen Hüllspelzen.
7. Sie sind beim Drusch meist nackt (Karyopse) je nach Sorte braun, rot oder weiß gefärbt.

**Bildtafel 6.1.1.8.5.3 Kafir, Kafferkorn (*Sorghum caffrorum* [Relz.] Beauv.
[= *Sorghum bicolor* var. *caffrorum*])**



**6.1.1.8.5.4 Guinea-Korn (*Sorghum guinense* Stapf. em. Snowden
[= *Sorghum bicolor* var. *guinense*])**

Guinea-Korn stammt aus den Regengebieten Westafrikas, hier und in den regenreichen Gebieten Ostafrikas ist es meist verbreitet. Es ist stark kurztagsabhängig, d.h. es kommt im längeren Tag nicht zur Blüte.

Angebaut werden heute meist Kreuzungsformen mit Kafir und Feterita

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.8.5.4 von oben links:

1. In der Jugend bildet die Pflanze dichte Bestände durch ihre dicht stehenden großen Blätter.
2. Die Blätter sind wechselständig angeordnet mit einer stängelumfassenden Blattscheide. . Der Stängel wird fünf bis sechs cm dick und die Wuchshöhe erreicht unter Langtagsbedingungen vier bis fünf Meter.
3. Im langen Tag bildet *Sorghum guinense* keine Blütenstände.
4. Sie bestockt sich stark und bleibt unter Langtagsbedingungen über zwei bis drei Jahre im vegetativen grünen Stadium.
5. und 6. Die Spitze und die Bestockungstriebe wachsen weiter.
7. Deck- und Vorspelzen sind mit der Karyopse fest verwachsen und bilden harte weiße Körner.

**Bildtafel 6.1.1.8.5.4 Guinea-Korn (*Sorghum guinense* Stapf. em. Snowden
[= *Sorghum bicolor* var. *guinense*])**



6.1.1.8.5.5 Feterita (*Sorghum caudatum* [Hack.] Stapf [= *S. bicolor* var. *caudatum*])

Feterita stammt aus dem Ost-Sudan. *S. caudatum* ist eine der wichtigsten *Sorghum*-Rassen und ist im Tschad, in Nord-Nigeria und Uganda verbreitet. Sie wird als Elter in der Hybridzucht eingesetzt.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.8.5.5 von oben links:

1. *Sorghum caudatum* wird 120 bis 160 cm hoch und hat einen standfesten Stängel und eine dichte Beblattung.
2. und 3. Die breiten Blätter mit einem hellen Mittelnerv stehen wechselständig. An der Spitze des Stängels wird eine kompakte, langovale bis eiförmige Rispe gebildet.
4. Die Blüte verläuft an der Rispe von oben nach unten, wobei die Spelzen sich weit öffnen.
5. und 6. Reife Fruchtstände von Feterita; Stängel und Blätter sind noch saftig.
7. Die weißen Körner sind relativ groß, unregelmäßig rund und etwas abgeflacht. Das Tausendkorngewicht schwankt zwischen 35 und 40 g.

**Bildtafel 6.1.1.8.5.5 Feterita (*Sorghum caudatum* [Hack.] Stapf
[= *S. bicolor* var. *caudatum*])**



6.1.1.8.5.6 Kaoliang (*Sorghum nervosum* Bess. ex Schult. [= *S. bicolor* var. *nervosum*])

Kaoliang ist in Ostasien beheimatet. Die Pflanze bildet 180 bis 220 cm hohe Bestände mit wenig beblatteten Stängeln. Kaoliang findet in der Hybridzüchtung als Elter Verwendung.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.8.5.6 von oben links:

1. und 2. Das letzte Nodium, an dem die zusammengezogenen Rispen stehen, ist besonders lang.
3. Die Rispen sind zur Zeit der Blüte aufgelockert und die Spelzen öffnen sich.
4. Ährchen von *Sorghum bicolor* mit großer zwittriger und kleiner männlicher Blüte (Zeichnung nach REHM und ESPIG, 1976).
5. und 6. Die Fruchtstände von *S. nervosum* sind rundlich bis pyramidenförmig.
7. Die Früchte sind relativ klein mit einem Tausendkorngewicht von 18 bis 20 g, rundoval, abgeflacht und braun gefärbt.

Bildtafel 6.1.1.8.5.6 Kaoliang (*Sorghum nervosum* Bess. ex Schult. [= *S. bicolor* var. *nervosum*])



**6.1.1.8.5.7 Milo (*Sorghum subglabrescens* [Steud] Schweinf. et Aschers.
[= *S. bicolor* var. *subglabrescens*])**

Die hoch ertragsreichen Bestände von Milo werden 150 bis 180 cm hoch. Sie sind standfest infolge ihres 1,0 bis 1,5 cm dicken, verholzenden Stängels. Milo ist als Futtergetreide in der gesamten subtropischen und tropischen Welt verbreitet. Die Hauptanbauggebiete liegen in Ost- und Nordost-Afrika, Arabien und Indien sowie in Europa. *S. subglabrescens* spielt eine wichtige Rolle in der *Sorghum*-Hybridzüchtung und in der Humanernährung.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.8.5.7 von oben links:

1. Guter Bestand von Milo
2. und 4. Die Rispen sind kompakt, kolbenförmig bis rundoval.
3. Die Spelzen öffnen sich weit bei der Blüte.
5. Die Spelzfrüchte sitzen fest in den Hüllspelzen.
6. Die unregelmäßig runden weißen bis gelblich weißen Früchte sind etwas abgeflacht. Das Tausendkorngewicht liegt bei 36 bis 38 g.

Bildtafel 6.1.1.8.5.7 Milo (*Sorghum subglabrescens* [Steud] Schweinf. et Aschers. [= *S. bicolor* var. *subglabrescens*])



6.1.1.8 Perlhirse (*Pennisetum americanum* [L.] Leeke [= *P. spicatum* [L.] Roem. et Schult. = *P. glaucum* [L.] R. Br.)

Die *Sorghum*-Hirsen werden als „großfrüchtige Hirsen“ bezeichnet, während die anderen nachfolgend aufgeführten Hirsearten als „kleinkörnige Hirsearten“ (engl. millets) bezeichnet werden. Die FAO-Statistik fasst diese ebenfalls unter dem Sammelbegriff „millets“ zusammen (ZELLER 2000a). Sie nehmen im Weltanbau den 7. Platz ein. Die Anbaustatistik zeigt im Gegensatz zu *Sorghum*-Hirsen eine abnehmende Tendenz. Eine Ausnahme hiervon macht die Perlhirse (*Pennisetum americanum*), die erfolgreich international züchterisch stark gefördert wird (siehe ZELLER 2000b).

Die trockenresistente und salztolerante Perlhirse ist weltweit die siebtwichtigste Getreideart. Sie stammt aus Westafrika und wurde schon vor etwa 5000 Jahren angebaut. Sie besitzt eine große Vielförmigkeit in allen Merkmalen

Pennisetum americanum wird vorwiegend in trockenen und warmen Gebieten in Afrika, Asien und Amerika auf etwa 26 Mio. ha angebaut. Der größte Teil der etwa 50 – 60 Mio. t Früchte dienen analog zu *Sorghum* der menschlichen und tierischen Ernährung.

Pennisetum americanum bzw. *P. glaucum* ist weitgehend Fremdbefruchter. Es wurde zytoplasmatische, männliche Sterilität gefunden, die für eine Hybridzüchtung genutzt wird.

Literatur zu Perlhirse (*Pennisetum americanum*)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: *Pennisetum typhoideum* Rick., Negerhirse. In: Handbuch des Getreidebaues. 577. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BRÜCHER, H., 1977: *Pennisetum typhoides* [Burn.] Stapf und Weibl. In: Tropische Nutzpflanzen. 70-73. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.
- FRANKE, W., 1989: *Pennisetum americanum* [L.] Leeke, Perl- oder Rohrkolbenhirse. In: Nutzpflanzenkunde. 4. Aufl. 102-103. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- MARTIN, J. H., 1959: Pearl Millet. In: KAPPERT und RUDORF: Züchtung der Getreidearten, Bd. II, 582-587. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- REHM, S., Perlhirse, *Pennisetum americanum* [L.] Leeke. In: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 80-81. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SESSOUS, G., 1943: *Pennisetum*, Perlhirse (*Pennisetum spicatum* [L.] Leeke Keke = *P. typhoideum* Rick.). In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 690-691. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.
- ZELLER, F. J., 2000 b): Nutzung, Genetik und Züchtung kleinkörniger Hirsen: 1. Perlhirse (*Pennisetum glaucum* [L.] R. Br.). Angewandte Botanik, 74, 42-49.

Bildtafel 6.1.1.9

Perlhirse (*Pennisetum americanum* [L.] Leeke [= *P. spicatum* [L.]
Roem. et Schult. = *P. glaucum* [L.] R. Br.),
Bildlegende auf der Rückseite



Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.9 von oben links:

1. Perlhirse vor dem Rispenstadien; es entwickeln sich kräftige Pflanzen von 1 bis 4 m Höhe.
2. Perlhirse bei Beginn des Kolbenschiebens, der 10 bis 40 cm lang und 1,5 bis 4,5 cm dick werden kann.
3. Der Blütenstand ist eine ährenförmige Rispe mit zahlreichen, an kurzen Stielen sitzenden zweiblütigen Ährchen, deren untere Blüte männlich und die obere zwittrig ist.
4. Ährchen der Kolbenhirse (nach REHM und ESPIG, 1984): Ährchengruppe mit zwei Blütchen von denen jedes mit zahlreichen Borsten umgeben ist.
5. und 6. Die zahlreichen, dichtsitzenden Körner mit einem Tausendkorngewicht von 4 bis 5g sind grau, gelb, rot oder weiß gefärbt.
7. Die gedroschenen Körner sind rundovale bis langovale Spelzfrüchte. Die Kornerträge liegen bei 10 bis 20 dt/ha und können unter Bewässerung 30 bis 40 dt/ha betragen.

6.1.1.9 Rispenhirsen, *Panicum spec.*

Von der Gattung *Panicum* sind etwa 500 einjährige und ausdauernde Arten bekannt. Die *Panicum*-Hirsen gehören zu den ältesten Kulturpflanzen der Erde. Dies beweisen Funde aus der Zeit um 2,700 v. Chr. aus China. In Eurasien sind sie wichtige Brot- und Breifrüchte, die jedoch eine rückläufige Tendenz zeigen. Heute werden weltweit ca. 5 Mio. t pro Jahr erzeugt. Die wichtigsten Anbaugeländer sind die Südregion der früheren Sowjetunion, China, Indien, Burma, Argentinien und die U.S.A..

Wie alle anderen Hirsegräser sind auch die Rispenhirsen C4-Pflanzen und damit für einen Anbau in warmen, trockenen Gebieten besonders geeignet.

Die Heimat der Rispenhirse ist wahrscheinlich Ostasien. Von dort hat sie sich nach Westen bis nach Europa ausgebreitet. Zwei Arten sind als Kulturpflanzen zu nennen: *P. miliaceum* und *P. sumatrense*.

6.1.1.10.1 Rispenhirse (*Panicum miliaceum* L.)

Panicum miliaceum, die Rispenhirse, wurde wahrscheinlich schon im Neolithikum, im 4. Jahrhundert v. Chr. als Kulturpflanze in Nord-China angebaut und war dort bis zur Einführung von Weizen und Gerste die wichtigste Nahrungspflanze.

In Mittel- und Osteuropa sowie in den Pfahlbauten am Bodensee wurden Früchte der Rispenhirse aus der Jungsteinzeit gefunden. Noch im Mittelalter war *P. miliaceum* eine wichtige Nahrungspflanze in Mitteleuropa und bis ins 20. Jahrhundert noch in Russland (Hirsebrei). Auf trockenen Standorten in warmen Klimazonen hat die Rispenhirse auch heute in Europa noch eine geringe Anbaubedeutung als Diät-Nahrung, Vogelfutter u.ä. sowie als Grünfutter in Trockengebieten im Zwischenfruchtbau.

Literatur zu Rispenhirse (*Panicum miliaceum* L.)

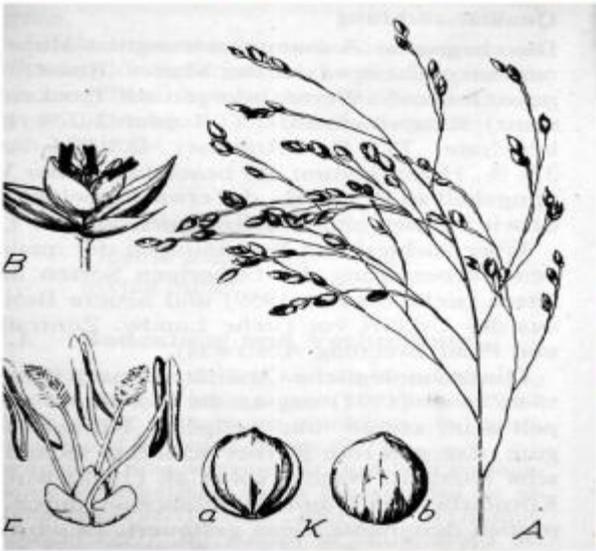
- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: Echte Rispenhirse, *Panicum miliaceum* L. In: Handbuch des Getreidebaues. 574. Verlag Paul Parey, Berlin.
- KÖRBER-GROHNE, U., 1987: Hirse. In: Nutzpflanzen in Deutschland. 330-338. Verlag Konrad Theiss, Stuttgart.
- MUDRA, A., 1953: Die Hirse: Rispenhirse (*Panicum miliaceum* L.). In: SCHEIBE: Pflanzenbaulehre. 109-116. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- REHM, S., 1989: Rispenhirse (*Panicum miliaceum* L.). In: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 82-83. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SCHEIBE, A., 1959: *Panicum*- und *Setaria*-Hirsen. In: KAPPERT und RUDOLF: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Bd. II. 2. Aufl. Züchtung der Getreidearten. 532-564. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

- SCHUSTER, W., 1985: Rispenhirse (*Panicum miliaceum* L.). In: FISCHBECK, PLARRE und SCHUSTER: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. 2. Spez. Teil. 2. Aufl. 124-127. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- SESSOUS, G., 1943: *Panicum miliaceum* L. (Echte Hirsen). In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft. 665-672. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.
- STÄHLIN, A., 1957: *Panicum miliaceum* L., Rispenhirse. In: Methodenbuch, Bd. XII. Die Beurteilung der Futtermittel. 275-277. Verlag Neumann, Radebeul und Berlin.
- ZADE, A., 1933: Die Hirsearten. In: Pflanzenbaulehre für Landwirte. 162-166. Verlag Paul Parey, Berlin.
- ZELLER, F. J., 2000 d: Nutzung, Genetik und Züchtung kleinkörniger Hirsegräser: 3. Rispenhirse (*Panicum miliaceum* L.). Angewandte Botanik, Bd. 74, 182-186.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.10.1 von oben links:

1. Guter Bestand einer Zuchtsorte auf leichtem Sandboden., die Kornerträge liegen zwischen 20 und 40 dt/ha.
2. Nach der Rispenbildung werden drei Subspecies unterschieden: *Panicum miliaceum* L. ssp. *compactum* KcKr. – Dickhirse (Bild 2); ssp. *contractum* Al. – Klumphirse (Bild 4) und ssp. *effusum* Al. – Flatterhirse (Bild 3).
3. Rispenhirse (Zeichnung aus SCHEIBE, 1959). A Fruchtstand, B Einzelblüte. F Fruchtknoten mit Staubbeutel und Narben, K Früchte, a) Bauch, b) Rücken.
4. Die Rispenhirse ist ein fakultativer Selbstbefruchter. Der Fruchtstand ist eine echte Rispe mit lang gestielten Ährchen. Die Ährchen sind einblütig zwittrig mit einem rudimentären Blütchen und drei Hüllspelzen.
5. Bei der Reife, nach dem Drusch schließen die Deck- und Vorspelze den Samen vollständig und fest ein (Spelzfrucht). Die Spelzen sind gelblich weiß oder rötlich braun gefärbt.
6. Für Nahrungszwecke werden die Früchte geschält. Der Spelzanteil liegt zwischen 13 und 25 %. Das Tausendkorngewicht schwankt von 4 bis 7 g. Geschälte Früchte enthalten: 60 bis 70 % Stärke, 11 bis 15 % Rohprotein, 2 bis 7 % Rohfett.

Bildtafel 6.1.1.10.1 Rispenhirse (*Panicum miliaceum* L.)



6.1.1.10.2 Kutkihirse (*Panicum sumatrense* Roth.)

Panicum sumatrense wird wegen ihrer Anspruchslosigkeit in Vorderindien, China und Japan auf armen Standorten angebaut.

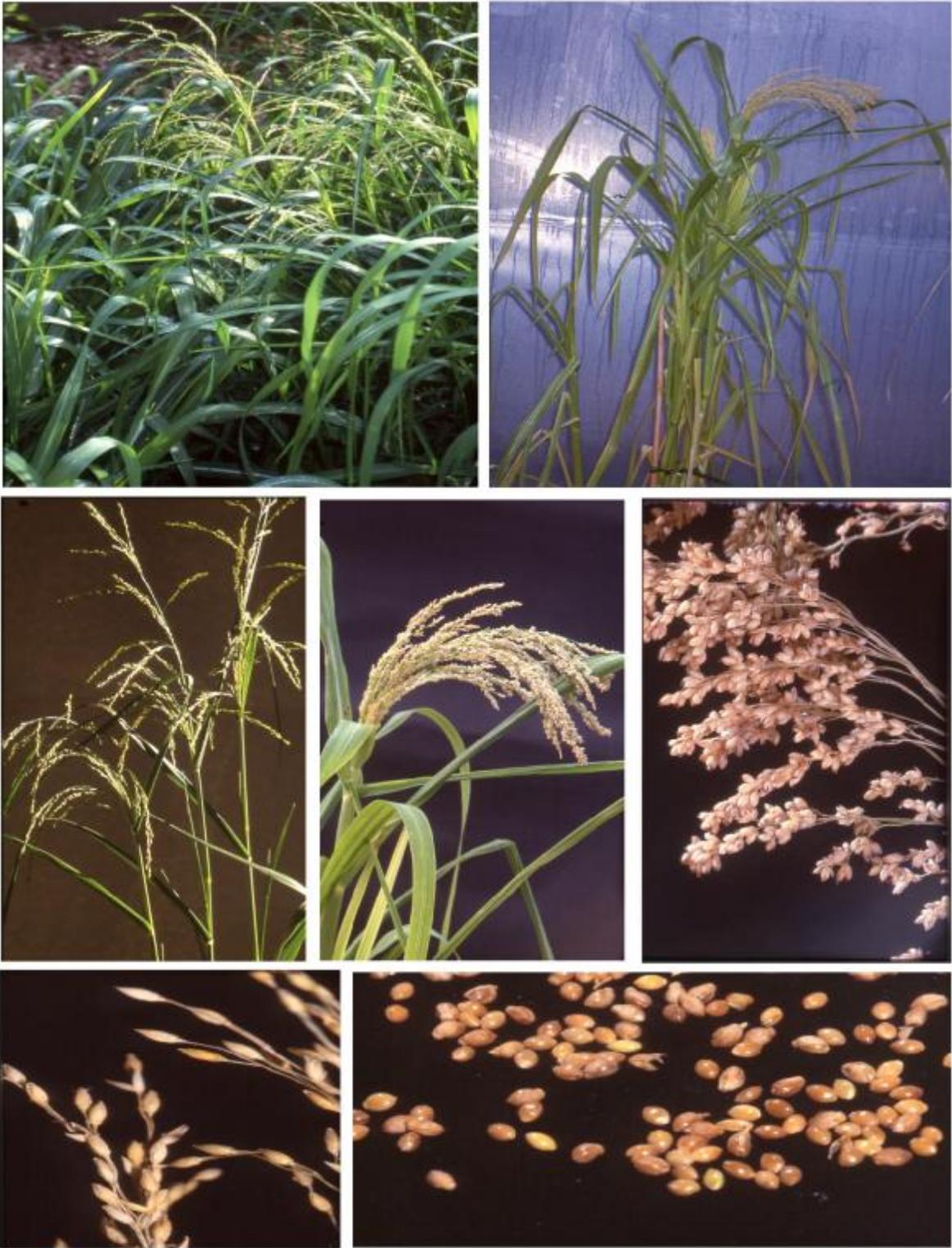
Literatur zur Kutkihirse (*Panicum sumatrense*)

- AIYER, A. K. Y. N., 1966: Field Crops of India. 6. Aufl. Bangalore Printing and Publishing, Bangalore.
- BAUDET, J. C., 1981: Les Céréales Mineures. Bibliographie Analytique, Agence de Coopération Culturelle et Technique, Paris.
- CHALAM, G. and V.J. VENKATESWARLU, 1965: Introduction to Agricultural Botany in India, Bd. 1. Asia Publ. House, London.
- CONCIL OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH, 1948-1976: The Wealth of India. Raw Materials. 11 vols. Publication and Information Directorate, CSIR, New Delphi.
- REHM, S., 1989: Hirsen. In: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 79-86. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.10.2 von links oben:

1. Der Habitus ist insgesamt feiner als bei der Rispenhirse.
2. Sie ist trockenresistent, aber auch wenig empfindlich gegen Nässe. Der Stängel ist dünn und neigt zum Lagern.
3. Die Blüten- und Fruchtstände bilden eine lockere Rispe.
4. Daneben gibt es auch Formen mit einer dichten Rispe und etwas breiteren Blättern.
5. Fruchtstand eines ertragreicheren Types.
6. Die Spelzfrüchte mit den Hüllblättern sitzen an mehr oder weniger langen Stielen.
7. Die Hüll- und Vorspelzen sind fest mit dem Samen verwachsen. Für eine Nutzung als Nahrungsmittel muss geschält werden.

Bildtafel 6.1.1.10.2 Kutkihirse (*Panicum sumatrense* Roth.)



6.1.1.10 Borstehirsen, Kolbenhirsen *Setaria spec.*

Archäologische Funde deuten darauf hin, dass in China vor 7 bis 8.000 Jahren *Setaria*-Hirsen als Nahrungspflanzen genutzt wurden.

Aus Mitteleuropa liegen Funde der *Setaria*-Hirsen aus den Pfahlbauten und Moorsiedlungen der mittleren Jungsteinzeit vor. Im Mittelalter wurde Kolbenhirse im Rheinland und in Ostdeutschland angebaut. Seit Beginn des 19. Jahrhunderts ging der Kolbenhirsenanbau in Europa immer mehr zurück. Heute ist die Kolbenhirse noch in kleinen Flächen in Spanien, Portugal, Ungarn und in der Türkei zu finden. In China werden jedoch noch etwa 1,8 Mio ha Kolbenhirse mit ca. 4 Mio. t Kornertrag angebaut.

In China liegt das größte Mannigfaltigkeitszentrum, daneben werden sekundäre Genzentren in Afghanistan und Pakistan sowie in Mitteleuropa vermutet.

Der größte Teil der in der Welt produzierten Kolbenhirse dient der menschlichen Ernährung, daneben wird sie als Futter für Käfigvögel und Nutztiere insbesondere auch als Grünfutter und Heu im Zwischenfruchtbau genutzt.

Literatur zu Borstehirsen, Kolbenhirsen, *Setaria spec.*

BECKER-DILLINGEN, J., 1927: Die Hirsen. Handbuch des Getreidebaues, 363-381. Paul Parey Verlag, Berlin.

KÖRBER-GROHNE, U., 1987: Hirse. In: Nutzpflanzen in Deutschland. 330-339. Konrad Theiss Verlag, Stuttgart.

SCHEIBE, A., 1959: *Panicum* und *Setaria*-Hirsen. In: KAPPERT u. RUDOLF: Handbuch der Pflanzenzüchtung. II. Züchtung der Getreidearten, 532-564. Paul Parey Verlag, Berlin.

ZELLER, F.J., 2000c: Nutzung, Genetik und Züchtung kleinkörniger Hirsegräser: 2. Kolbenhirse (*Setaria italica* [L.] P. Beauv. Angewandte Botanik, 74, 50-54.

6.1.1.11.1 Grüne Borstenhirse (*Setaria viridis* [L.] P.B.)

Die Grüne Borstenhirse (*Setaria viridis*) wird als die Stammform der Kolbenhirse (*Setaria italica*) angesehen. Älteste Funde stammen aus vorgeschichtlicher Zeit. Heute ist *S. viridis* in ganz Europa (ausser im Norden), Nordafrika, Sibirien und Ostasien als Wildpflanze und Unkraut weit verbreitet. Sie wurde früher in Afghanistan angebaut und wird dort auch heute noch in armen Gebieten als Grünfutter genutzt.

Literatur zu Grüner Borstenhirse (*Setaria viridis* [L.] P.B.)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: *Panicum virine*, Grüner Fennich. In: Handbuch des Getreidebaues. 576. Verlag Paul Parey, Berlin.
- HEGI, G., 1931: Grüne Borstenhirse, Grüner Fennich (*Setaria viridis* [L.] P.B.). Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Bd. I. 192. Verlag J. F. Lehmanns, München.
- KÖRBER-GROHNE, U., 1987: Hirse. In: Nutzpflanzen in Deutschland. 330-339. Verlag Konrad Theiss, Stuttgart.
- SCHERING, 1952: Grüne Borstenhirse, *Setaria viridis* [L.] Pal. Beauv. In: Unkrautfibel. 251. Schering AG, Berlin/Bergkamen.
- STÄHLIN, A., 1957: *Setaria viridis* [L.] Beauv., Grüne Borstenhirse. In: Methodenbuch, Bd. XII. Die Beurteilung der Futtermittel. 292. Verlag Neumann, Radebeul und Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.11.1 von links oben:

1. *Setaria viridis* bildet stark verzweigte Horste mit aufrechten bis niederliegenden Stängeln. In der Wildform wurden einige wertvolle Gene für die moderne Kolbenhirsezüchtung insbesondere Toleranz gegen Herbizide wie Atrazin, gefunden.
2. Die Pflanze ist insgesamt kleiner als ihre Kulturform *S. italica*. Die Halme sind weicher, mit Wuchslängen von 15 bis 60 cm. Stängel und Blätter sind grasgrün.
3. die Blätter haben keine Blatthäutchen, dafür lange Wimperhaare.
4. Der Blütenstand ist eine dichte Scheinähre mit einer Blüte und einer langen, rauhen Borste. Die Hüllspelzen sind ungleich groß, glatt und grannenlos.
5. Die Spelzfrüchte mit fest verwachsener Deck- und Vorspelze fallen zur Reife leicht aus. Überreife Kolben in verschiedener Größe von etwa 2 bis 8 cm.
6. Reife Scheinähre mit langen Borsten.
7. Die Größe der Spelzfrüchte variiert stark mit Tausendkorngewichten zwischen 1,5 g und 3,0 g. Die Sameninhaltsstoffe werden mit 45 bis 50 % Stärke, 4 bis 6 % Rohfett und 12 bis 15 % Rohprotein angegeben.

Bildtafel 6.1.1.11.1 Grüne Borstenhirse (*Setaria viridis* [L.] P.B.)



6.1.1.11.2 Kolbenhirse, Borstenhirse (*Setaria italica* [L.] P. Beauv.)

Die Kolbenhirse war neben der Rispenhirse schon vor Jahrtausenden eine der wichtigsten Nahrungspflanzen der Urbevölkerung. Sie verträgt kühlere Temperaturen als die Rispenhirse und gedeiht gut auf leichten Sandböden. Die Kulturform der Kolbenhirse, *Setaria italica* wird in drei Varietäten unterteilt: var. *moharia*, Mohar, mit kleinen dichten Kolben ist in Europa, Afghanistan und Pakistan, var. *maxima* mit verzweigten Kolben in China, Japan und Korea und var. *indica*, wahrscheinlich eine Kreuzung zwischen den beiden anderen Varietäten, in ganz Indien zu finden. In Mitteleuropa wird die Kolbenhirse weniger zur Korngewinnung und mehr als Futterpflanze, auch im Zwischenfruchtanbau, auf sandigen Böden in trockenen und warmen Gebieten angebaut.

Literatur zur Kolbenhirse (*Setaria italica*)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: Kolbenhirse, *Panicum italicum* L. In: Handbuch des Getreidebaues. 576. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BRÜCHER, H., 1977: *Setaria italica* [L.] Beauv., Borstenhirse. In: Tropische Nutzpflanzen, 74. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.
- MUDRA, A., 1953: Die Hirse. In: SCHEIBE: Pflanzenbaulehre, Bd. II. 109-116. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- SCHEIBE, A., 1959: *Panicum*- und *Setaria*-Hirsens. In: KAPPERT und RUDOLF: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Bd. II. 2. Aufl. Züchtung der Getreidearten. 532-564.
- SCHUSTER, W., 1985: Kolbenhirse (*Setaria italica* L.). In: FISCHBECK, PLARRE und SCHUSTER: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. II. 2. Aufl. 127-129.
- SESSOUS, G., 1943: *Setaria*, Kolbenhirse. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft. 673-676. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.
- STÄHLIN, A., 1957: *Setaria italica* (L.) Beauv., Kolbenhirse. In: Methodenbuch, Bd. XII. Die Beurteilung der Futtermittel. 291-292. Verlag Neumann, Radebeul und Berlin.
- ZELLER, F. j., 2000 c): Nutzung, Genetik und Züchtung kleinkörniger Hirsegräser: 2. Kolbenhirse (*Setaria italica* [L.] P. Beauv.). Angewandte Botanik 74, 50-54.

**Bildtafel 6.1.1.11.2 Kolbenhirse, Borstenhirse (*Setaria italica* [L.] P. Beauv.),
Bildlegende auf der Rückseite**



Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.11.2 von oben links:

1. Dichter Bestand von Kolbenhirse (*var. moharia*) auf leichtem Sandboden im Hessischen Ried
2. Der Blüten- und Fruchtstand ist eine Rispe (Scheinähre). Sie ist sehr unterschiedlich in Form, Größe und Färbung, ohne Borsten, kurzborstig oder langborstig; kleine Kolben (= Mohar) oder große Kolben mit mehr oder weniger aufgelockerten Rispen (*var maxima*).
3. und 5. Mittelgroße, dichte Kolben mit kurzen Borsten, eine Zuchtsorte, die für den Futterbau auf leichten, trockenen Böden, besonders im frühen Stoppelfruchtbau, empfohlen wurde.
4. Zeichnung der kurzgestielten Rispen (unten) und Einzelährchen (oben) aus SCHEIBE (1959).
6. Aufgelockerte rispige Scheinähre, größere Rispe (Kolben) ohne Borsten, *var. maxima* mit hellen, weißlich-gelben Körnern, die oft als Vogelfutter importiert werden.
7. Die Spelzfrüchte mit verwachsener Deck- und Vorspelze sind gelb, rot, braun oder schwarzgrau gefärbt. Das Tausendkorngewicht schwankt zwischen 2,5 und 4,0 g. Für Nahrungszwecke müssen die Früchte, wie bei der Rispenhirse, geschält werden. Der Spelzenanteil liegt bei 16 bis 21 %.

6.1.1.11 Fingerhirse (*Eleusine coracana* [L.] Gaertn.)

Die aus Ostafrika, wo sie schon vor etwa 5000 Jahren domestiziert wurde, stammende und in Südindien und Zentralafrika weit verbreitete Fingerhirse, *Eleusine coracana*, wird meist auf leichten, sandigen Böden angebaut. Weltweit beträgt die Anbaufläche etwa 3 Mio. ha auf denen ca. 3 Mio. t Körner erzeugt werden (Zeller 2000d). Fingerhirse ist eine C₄-Pflanze, die bis 2000 m über NN wächst. Sie ist nicht ganz so trockenresistent wie andere Hirsearten. Die Nutzung der Früchte ist vergleichbar mit Sorghum, Panicum u.a..

Die Kornerträge liegen bei 5 bis 10 dt/ha.

Literatur zu Fingerhirse (*Eleusine coracana*)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: *Eleusine coracana* Gaertn., Korakan, Tokussa. In: Handbuch des Getreidebaues. 578. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BRÜCHER, H., 1977: *Eleusine coracana* [L.] Gaertn. In: Tropische Nutzpflanzen. 69. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.
- FRANKE, W., 1989: *Eleusine coracana* [L.] Gaertn., die Fingerhirse. In: Nutzpflanzenkunde. 4. Aufl. 100-101. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- REHM, S., 1989: Fingerhirse, *Eleusine coracana* [L.] Gaertn. In: Spez. Nutzpflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 83-84. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SESSOUS, G., 1943: *Eleusine coracana* Gaertn., Fingerhirse. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 692. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.
- ZELLER, F. J., 2000 d): Nutzung, Genetik und Züchtung kleinkörniger Hirsegräser: 4. Fingerhirse (*Eleusine coracana* [L.] Gaertn.) Angewandte Botanik. 74, 187-190.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.12 von oben links:

1. Die Fingerhirse wird 30 bis 90 cm hoch und ist stark bestockt.
2. Die Blätter sind schmal, zusammengezogen und gestielt mit abstehender Blattscheide und 10 bis 20 cm lang. Am Ende eines jeden Halmes steht eine Fingerähre mit fünf bis sieben Einzelästen, die sich am Ende oft nach innen krümmen.
3. und 4. Jede bis 10 cm lange Einzelähre besteht aus 60 bis 80 in zwei Reihen angeordneten, vier- bis sechsblütigen, festsitzenden Ährchen. Es herrscht weitgehend Selbstbefruchtung
5. und 6. Samen- und Fruchtschale sind bei der Fingerhirse nicht miteinander verwachsen.
7. Reife Fruchtstände der Fingerhirse. Die ein bis zwei mm großen, rundlichen, hellbraunen bis weißlichen Samen mit einem Tausendkorngewicht von 2 bis 3 g lösen sich leicht von der Fruchtschale. Sie enthalten im Durchschnitt 72 % Kohlehydrate, 1,3 % Fett und 8 % Eiweiß.

Bildtafel 6.1.1.12 Fingerhirse (*Eleusine coracan* [L.] Gaertn.)



6.1.1.12 Hühnerhirsen, Sawahirsen , *Echinochloa spec.*

Echinochloa ist in großer Formenmannigfaltigkeit über die ganze Erde verbreitet. Kultivierte Formen (Arten) werden in Indien, Korea und der Mandschurei als Getreide angebaut. Alle Arten bilden als Fruchtstände rispige Scheinähren. Die Samen sind als Spelzfrüchte mit einer gewölbten Rücken- und flachen Bauchseite ausgebildet; die Farbe ist gelb, bräunlich oder grau. Einige *Echinochloa*-Arten werden in den Tropen und Subtropen als Grünfutter genutzt.

6.1.1.13.1 Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli* [L.] Beauv.)

Die Hühnerhirse ist eine besonders auf lehmigen Sandböden in der ganzen Welt, bis auf Ost- und Zentralafrika, vorkommende Wildpflanze, die zu einem lästigen Unkraut in Hackfrüchten, im Reis und im Mais werden kann. *Echinochloa crus-galli* wird in manchen Entwicklungsländern als Grünfutter genutzt. Die Hühnerhirse ist die Stammpflanze für die anderen in den tropischen und subtropischen Ländern kultivierten *Echinochloa*-Arten.

Literatur zu Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli*)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: *Panicum crus-galli* L., Hühnerhirse. In: Handbuch des Getreidebaues. 577. Verlag Paul Parey, Berlin.
- CIBA-GEIGY, 1980: *Echinochloa crus-galli* [L.] P. B. In: Grass Weeds 1., 55. Ciba-Geigy, Basel/Schweiz.
- HEGI, G., 1931: Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli* [L.] Beauv.) Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Bd. I. 183. Verlag I. F. Lehmanns, München.
- SCHEIBE, A., 1959: *Echinochloa*-Hühnerhirsen. In: KAPPERT UND RUDORF: Handbuch der Pflanzenzüchtung. Züchtung der Getreidearten, Bd. II. 2. Aufl. 547. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- SCHERING, 1977: Hühnerhirse. In: Unkrautfibeln '78. 64-65. Schering AG, Berlin/Bergkamen.
- SCHERING, 1989: *Echinochloa crus-galli* [L.] Pal. Beauv. In: Unkraut in Zuckerrüben. 190-191. Schering, Berlin.
- STÄHLIN, A., 1957: *Echinochloa crus-galli* [L.] Pal. Beauv., Hahnenkammhirse. In: Methodenbuch, Bd. XII. Beurteilung der Futtermittel. 253. Verlag Neumann, Radebeul und Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.13.1 von oben links:

1. Die Hühnerhirse bildet vielhalmige Horste mit halbaufrechtem Wuchs, die 30 bis 100 cm hoch werden.
2. Die 10 bis 30 cm langen und 0,5 bis 2,0 m breiten Blätter sind dunkelgraugrün gefärbt und ohne Blatthäutchen
3. und 4. Die Blütenstände sind einfach verzweigt. Am Endzweig und den Seitenzweigen stehen dichte einblütige Ährchen mit drei Hüllspelzen. Die Spelzfrüchte fallen leicht mit den Hüllspelzen ab.
5. Deck- und Vorspelze sind fest miteinander verwachsen; die Deckspelze ist oft begrannt.
6. Eine Pflanze kann 200 bis 1000 Samen produzieren.

Bildtafel 6.1.1.13.1 Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli* [L.] Beauv.)



6.1.1.13.2 Shamahirse (*Echinochloa colona* [L.] Link)

Echinochloa colona steht der Wildpflanze *Echinochloa crus-galli* noch recht nahe. Sie wird in Indien und teilweise auch in Ostafrika als Getreide angebaut, ist aber sonst als Unkraut weltweit verbreitet. In Indien werden Kornerträge bis 20 dt/ha geerntet.

Literatur zu Shamahirse (*Echinochloa colona*)

REHM, S., 1989: *Echinochloa colona* [L.] Link. Shamahirse. In: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 85. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

SCHEIBE, A., 1959: *Echinochloa colona* [L.] Link. In: KAPPERT und RUDORF: Züchtung der Getreidearten, Bd. II. 2. Aufl. 535 und 547. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.13.2 von oben links:

- 1., 2. und 3. Im Habitus ist sie besonders bis zur Blüte der Hühnerhirse sehr ähnlich. Der Wuchs ist insgesamt kräftiger und die Halme stehen mehr aufrecht.
4. und 5. Der Fruchtstand der angebauten Formen ist stärker zusammengezogen.
6. Der Ährchenbesatz ist dichter und die Spelzfrüchte sitzen fester und fallen nicht so leicht aus wie bei *E. crus-galli*.
7. Deck- und Vorspelze sind gelblich weiß gefärbt und fest miteinander verwachsen. Die Deckspelze ist unbegrannt.

Bildtafel 6.1.1.13.2 Shamahirse (*Echinochloa colona* [L.] Link)



6.1.1.13.3 Weizenhirse, Sawahirse (*Echinochloa frumentacea* [Roxb.] Link)

Ebenfalls nahe verwandt mit *E. crus-galli* ist die salztolerante *Echinochloa frumentacea*, die Weizen- oder Sawahirse. Sie wird in Indien und Südostasien als Getreide angebaut. Die Kornerträge liegen bei 10, maximal 20 dt/ha.

Literatur zu Weizenhirse, Sawahirse (*Echinochloa frumentacea*)

- BRÜCHER, H., 1977: *Echinochloa frumentacea* [Roxb.] Link, Japanische Hirse. In: Tropische Nutzpflanzen. 69-70. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.
- FRANKE, W., 1989: *Echinochloa frumentacea* Link, die Weizen- oder Japanische Hirse. In: Nutzpflanzenkunde. 4. Aufl. 101-102. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- REHM, S., 1989: *Echinochloa frumentacea* [Roxb.] Link, Sawahirse. In: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 85. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SCHEIBE, A., 1959: Gattung *Echinochloa*, Hühnerhirse. In: KAPPERT und RUDORF: Züchtung der Getreidearten, Bd. II. 2. Aufl. 533, 543, 547-548. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- SESSOUS, G., 1943: *Panicum frumentaceum* Roxb., Weizenhirse, Japanische Hirse. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 672-673. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.13.3 von oben links:

1. Die Weizenhirse hat ein deutlich breiteres Blatt als die übrigen *Echinochloa*-Arten und liefert als Grünfutterpflanze deshalb hohe Erträge.
2. und 3. Die abgeknickten oder aufrechten Blüten- und Fruchtstände stehen noch dichter zusammen als bei *E. colona* (Shamahirse), einer Scheinähre ähnlich.
- 4., 5. und 6. Die dichtsitzenden einblütigen Ährchen bestehen aus festsitzenden, gelblich-weiß oder grau-schwarz gefärbten Spelzfrüchten.
7. und 8. Die Hauptinhaltsstoffe der bespelzten Körner liegen bei 50 bis 60 % Stärke, 6 bis 14 % Rohprotein, 2 bis 4 % Rohfett.

Bildtafel 6.1.1.13.3 Weizenhirse, Sawahirse (*Echinochloa frumentacea* [Roxb.] Link)



6.1.1.13.4 Japanische Hirse (*Echinochloa utilis* Ohwi et Yabuno)

Echinochloa utilis, die Japanische Hirse, ist eine Weiterentwicklung als Kulturpflanze gegenüber den vorher beschriebenen *Echinochloa*-Arten. Sie ist kühlverträglicher als *E. colona* und *E. frumentacea* und wird in Japan, Nord-China und Korea als Getreide angebaut.

Literatur zu Japanischer Hirse (*Echinochloa utilis* Ohwi et Yabuno)

REHM, S. und G. ESPIG, 1976: *Echinochloa utilis* Ohwi et Yabuno, Japanische Hirse. In: Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. 2. Aufl. 34. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

REHM, S., 1989: *Echinochloa utilis* Ohwi et Yabuno, Japanische Hirse. In: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. (Seite?)

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.13.4 von oben links:

1. und 2. Infolge ihrer breiten und zahlreiche Blätter, die 30 bis 40 cm lang werden, ist sie auch eine geschätzte Grünfütterpflanze.
- 3 und 4. Die aufrecht stehenden Blüten- und Fruchtstände sind dichte, 10 bis 14 cm lange und 3 bis 5 cm dicke Scheinkolben, die aus vielen Scheinähren bestehen. Die Ährchen sind einblütig mit je drei Hüllspelzen.
5. und 6. Die reifen Kolben sind grauschwarz und bringen eine große Zahl von Spelzfrüchten hervor.
7. Die grauen, glänzenden Früchte sind rundoval auf beiden Seiten zugespitzt mit einem Tausendkorngewicht von 3 bis 5 Gramm. Die Sameninhaltsstoffe entsprechen denen der Sawahirse (*E. frumentacea*).

Bildtafel 6.1.1.13.4 Japanische Hirse (*Echinochloa utilis* Ohwi et Yabuno)



6.1.1.13 Fingerhirsen, *Digitaria spec.*

Einige *Digitaria*-Arten sind als Nutzpflanzen zur Korngewinnung in Indien und Westafrika verbreitet. Andere Arten, wie *D. decumbens* Stut., sind wertvolle Grünfütter und Weidepflanzen, besonders in den humiden Tropen und subtropen. Auch in Mitteleuropa ist die Art *D. sanguinalis* seit dem Mittelalter nachgewiesen, hier wurde sie jedoch keine Kulturpflanze sondern nur eine in armen Gebieten und in Notzeiten kultivierte Wildpflanze.

6.1.1.14.1 Blut-Fingerhirse (*Digitaria sanguinalis* [L.] Scop.)

Digitaria sanguinalis ist eine Wildpflanze, die in Amerika als Futterpflanze angebaut wird. Auch im Osten von Deutschland und in armen Gebieten von Österreich (Steiermark und Tirol) wurde sie seit dem Mittelalter bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts angebaut

Literatur zu Blut-Fingerhirse (*Digitaria sanguinalis*)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: Mannagras (*Panicum sanguinale* L. [*Digitaria sanguinalis* Scop.]). In: Handbuch des Getreidebaues. 581-584. Verlag Paul Parey, Berlin.
- HEGI, G., 1931: Blutfingerhirse (*Digitaria sanguinalis* [L.] Scop.). Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Bd. I. 187. Verlag T. F. Lehmanns, München.
- KÖRBER-GROHNE, U., 1987: Hirse. In: Nutzpflanzen in Deutschland. 330-339. Verlag Konrad Theiss, Stuttgart.
- SCHERING, 1977: Blut-Hirse. In: Unkrautfibeln '78. 8. Aufl. 60-61. Schering AG, Berlin/Bergkamen.
- SCHERING, 1989: *Digitaria sanguinalis* [L.] Scop. In: Unkraut in Zuckerrüben. 182-183. Schering AG, Berlin.
- STÄHLIN, A., 1957: *Digitaria sanguinalis* [L.] Scop. In: Methodenbuch, Bd. XII. Die Beurteilung der Futtermittel. 253. Verlag Neumann, Radebeul und Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.14.1 von oben links:

1. Die Pflanze wird 30 bis 50 cm hoch, oft niederliegend und knickig aufsteigend. Die Laubblätter sind fein seidig behaart mit stärker behaarten Blattscheiden.
2. Der Blütenstand ist eine fingerförmige rotgefärbte Rispe mit langen Ästen.
- 3., 4. Die einblütigen Ährchen stehen zu zweit nebeneinander. Sie sind unterschiedlich lang und 5. gestielt und von drei Hüllspelzen umgeben.
6. Die Früchte sitzen verhältnismäßig locker.
7. Die Spelzfrüchte, Deck- und Vorspelze fest verwachsen, sind spindelförmig, graugrün und 2 bis 3 mm lang. Sie enthalten 40 bis 45 % Stärke, 2 bis 3 % Rohfett und um 10 % Rohprotein.

Bildtafel 6.1.1.14.1 Blut-Fingerhirse (*Digitaria sanguinalis* [L.] Scop.)



6.1.1.14.2 Fonio-Hirse, Hungerhirse (*Digitaria exilis* [Kipp.] Stapf)

Die Fonio-Hirse, *Digitaria exilis*, ist ein wichtiges Getreide in Westafrika mit einer jährlichen Produktion von etwa 100.000 t. Die Erträge können zwischen 2 und 14 dt/ha variieren.

Literatur zu Fonio-Hirse (*Digitaria exilis*)

- BAUDET, J. C., 1981: Les Cereales Mineures. Bibliographie Analytique. Agence de Cooperation Culturelle et Technique, Paris.
- FRANKE, W., 1989: *Digitaria exilis* [Kipp.] Stapf. In: Nutzpflanzenkunde. 4. Aufl. 102. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- REHM, S. und G. ESPIG, 1984: *Digitaria exilis* [Kipp.] Stapf. In: Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. 34. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- REHM, S., 1989: *Digitaria exilis* [Kipp.] Stapf., Fonio. In: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 84. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Anmerkung: Weitere *Digitaria*-Arten, die wirtschaftlich genutzt werden, jedoch nur lokale Bedeutung haben sind:

- *Digitaria cruciata* (Nees) A.Camus var. *esculenta* (Gaudin) Caldesi, die in Gebirgslagen Indiens als Getreide und Futterpflanze angebaut wird und
- *Digitaria iburua* Stapf, die in Nigeria und Togo im Anbau ist.

Bildlegende zu Bildtafel 6.1.1.14.2 von oben links:

1. Die Hungerhirse ist stark bestockt und entwickelt reichlich Blattmasse, so dass sie auch als Grünfutterpflanze angebaut wird.
2. Die Blätter werden 10 bis 20 cm lang.
3. Die Halme sind aufstrebend, jedoch nicht sonderlich standfest.
4. Die Blütenstände sind lockere, dreifingrige Rispen mit drei bis sechs etwa 10 bis 15 cm langen Rispenästen.
5. und 6. An den Rispenästen stehen die Blüten und später die Früchte in zwei Reihen wechselständig dicht beieinander.
7. Bei den länglichovalen Spelzfrüchten sind Deck- und Vorspelze fest miteinander verwachsen; sie sind gelblich bis graugelb gefärbt und enthalten 81 % Kohlenhydrate, 8 bis 9 % Rohprotein und 1 bis 2 % Fett.

Bildtafel 6.1.1.14.2 Fonio-Hirse, Hungerhirse (*Digitaria exilis* [Kipp.] Stapf)



6.1.1.14 Koda-Hirse (*Paspalum scrobiculatum* L.)

Die Koda-Hirse, *Paspalum scrobiculatum*, wird auf armen, sandigen Böden auch unter trockenen Witterungsbedingungen in Japan, China und Indien als Getreide und als Grünfuturpflanze angebaut.

Literatur zu Koda-Hirse (*Paspalum scrobiculatum*)

AIYER, A. K. Y. N., 1966: Field Crops of India. 6. Aufl. Printing and Publishing, Bangalore.

BAUDET, J. C., 1981: Les Cereales Mineures. Bibliographie Analytique. Agence de Cooperation Culturelle et Technique, Paris.

FRANKE, W., 1989: *Paspalum scrobiculatum* L. In: Nutzpflanzenkunde. 4. Aufl. 192. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.

REHM, S. und G. ESPIG, 1984: *Paspalum scrobiculatum* L., Koda-Hirse. In: Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. 35. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

REHM, S., 1989: *Paspalum scrobiculatum* L. Koda-Hirse. In: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 85. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.15 von oben links:

1. Koda-Hirse bestockt sich stark.
2. Ihr Wuchs ist in der Jugend aufrecht, ...
3. ... später stärker überhängend.
4. und 5. An den Haupthalmen entwickeln sich drei bis fünf ästige, gefingerte Rispen mit einseitig dicht stehenden einblütigen Ährchen.
6. und 7. Die Spelzfrüchte sind wie Perlen an einer Schnur nach einer Seite stehend aufgereiht.
8. Bei den bräunlichen bis grauen Früchten sind Deck- und Vorspelze verwachsen. Sie sind 1 bis 2 mm groß, eiförmig rundoval und an einer Seite etwas zugespitzt. Die Erträge werden mit 2 bis 10 dt/ha angegeben. Die Körner müssen sechs Monate gelagert werden, bis sie zu Brot gebacken oder wie Reis genutzt werden können.

Bildtafel 6.1.1.15

Koda-Hirse (*Paspalum scrobiculatum* L.)



6.1.1.15 Kanariengras (*Phalaris canariensis* L.)

Das einjährige Kanariengras stammt aus Südeuropa. Angebaut wird es im westlichen Mittelmeergebiet und in Marokko als Futtergras, aber auch zur Mehlgewinnung für Mehlspeisen und Breigerichte. Die Körner werden als Vogelfutter exportiert. Die Kornerträge betragen 10 bis 14, maximal 28 dt/ha.

In Italien und in einigen anderen südosteuropäischen Ländern tritt *Phalaris canariensis* als lästiges Unkraut in Erscheinung. Die Wuchshöhe beträgt etwa 100 cm. Die Pflanzen sind nur schwach bestockt, die Blätter schmal, spitzauslaufend und die Blattscheide abgelöst vom Halm, die oberste meist aufgeblasen.

Literatur zu Kanariengras (*Phalaris canariensis* L.)

BAUDET, J. C., 1981: Des Céréales Mineures. Bibliographie Analytique. Agence de Cooperation Culturelle et Technique, Paris.

BECKER-DILLINGEN, J., 1927: Kanariengras, Spitzsamen, *Phalaris canariensis* L. 586-587. Verlag Paul Parey, Berlin.

REHM, S., 1989: *Phalaris canariensis* L., Kanariengras. In: Spezieller Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 85. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

SESSOUS, G., 1943: *Phalaris canariensis* L. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 696-697. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.

STÄHLIN, A., 1957: Methodenbuch, Bd. XII. Die Beurteilung der Futtermittel. 279. Verlag Neumann, Radebeul und Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.16 von oben links:

1. Teilbestand von Knariengras
2. Der Blütenstand ist eine ei- bis pyramidenförmige dichte ährige Rispe.
3. und 4. Die Ährchen sind von zwei großen Hüllspelzen eingeschlossen.
5. und 6. Die Spelzfrüchte, bei denen Deck- und Vorspelze fest verwachsen sind, sitzen verhältnismäßig fest in dem Ährchen, so dass auch bei Vollreife keine Ausfallverluste eintreten.
7. Die Spelzfrüchte sind 5 bis 6 mm lang, 2 mm breit und etwa 1,5 mm dick, elliptisch bis eiförmig, etwas zusammengedrückt, oft noch mit zwei weißen schmalen, rudimentären Hüllspelzen behaftet. Die Deck- und Vorspelze sind durchscheinend glänzend und die Farbe der Spelzfrüchte ist weißlich bis gelb. Das Tausendkorngewicht variiert zwischen 6 und 8 g.

Bildtafel 6.1.1.16

Kanariengras (*Phalaris canariensis* L.)



6.1.1.16 Teff (*Eragrostis tef* [Zuccani.] Rotter = *Eragrostis abyssinica* Link)

Eragrostis abyssinica, Abessinische Zwerghirse, ist das wichtigste Getreide für Äthiopien und Eritrea. Die Anbaufläche liegt etwa bei 2,1 Mio. ha, auf denen ca. 1,6 Mio. t Früchte erzeugt werden. Dies sind etwa 22 % der gesamten Getreideerzeugung von Äthiopien. Obwohl die Erträge nur bei 8 bis 10 dt/ha liegen, steht Teff an erster Stelle unter den angebauten Nutzpflanzen. Angebaut wird Teff bis in Höhen von 2.200 m über NN. Aus Teff erzeugtem Mehl wird ein Sauerteig-Fladenbrot hergestellt. Außerhalb von Äthiopien wird diese echte Hirse, die somit zu den C₄-Pflanzen zählt, als Grünfutter genutzt.

Literatur zu Teff (*Eragrostis tef* [Zucc.] Rotter)

- BAUDET, J. C., 1981: Les Céréales Mineures. Bibliographie Analytique, Agence de Cooperation Culturelle et Technique, Paris.
- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: *Eragrostis abessinica* Lk., Teff. In: Handbuch des Getreidebaues. 578. Parey, Berlin.
- BRÜCHER, A., 1977: *Eragrostis tef* [Zucc.] Rotter, Abessinische Zwerghirse. In: Tropische Nutzpflanzen. 69. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.
- FRANKE, W., 1989: *Eragrostis tef* [Zucc.] Rotter [= *E. abyssinica* Link]. In: Nutzpflanzenkunde. 4. Aufl. 100. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- SESSOUS, G., 1943: Hirsen: Teff, Zittergras, Zwerghirse. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 693-696. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.
- ZELLER, F. J., 2003: Nutzung, Genetik und Züchtung kleinkörniger Hirsegräser: 5. Tef (*Eragrostis tef* [Zucc.] Rotter.). Angewandte Botanik 77, 47-52.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.17 von oben links:

1. Das zarte, dünnhalmige, 40 bis 80 cm hohe Gras hat eine 20 bis 35 cm lange Rispe mit zahlreichen vielblütigen, gestielten Ährchen.
2. Die Halme stehen aufrecht, sind im oberen Drittel jedoch stärker geneigt.
3. Die Blätter sind schmal (1 bis 4 mm breit) mit einer ausgezogenen Spitze und werden 25 bis 45 cm lang.
4. Der rispige Blütenstand ist ungleichseitig und unsymmetrisch, manchmal zusammengepresst, ...
5. ... meist überhängend mit zahlreichen lanzettlichen, seitlich zusammengedrückten Ährchen mit drei bis zehn hell- bis graugrünen Blütchen. Es herrscht Selbstbefruchtung vor.
6. Die Körner (Karyopsen) sitzen verhältnismäßig fest in den Hüllspelzen.
7. Die Spelzfrüchte, bei denen Deck- und Vorspelzen fest verwachsen sind, sind länglich oval, klein mit einem Tausendkorngewicht von 0,3 bis 0,5 g. Ihre Farbe ist rotbraun, rötlich oder durchscheinend weiß. Der Nährstoffgehalt liegt bei 60 bis 70 % Stärke, um 3 % Eiweiß und 3 % Fett.

Bildtafel 6.1.1.17

Teff (*Eragrostis tef* [Zuccani.] Rotter =
Eragrostis abyssinica Link)



6.1.1.17 *Brachiaria spec.*

Zu den Hirsegräsern mit geringerer Bedeutung zählen die Arten der Gattung *Brachiaria*. Zwei Spezies, *B. ramosa* und *B. deflexa*, werden in Indien und Westafrika gebietsweise als Getreide und zur Grünfutternutzung angebaut.

Brachiaria mutica Stapf, auch Paragras oder Buffalogras genannt, ist mehrjährig und wird als Grünfütterpflanze genutzt.

6.1.1.18.1 Braunspitzen-Hirse (*Brachiaria ramosa* [L.] Stapf.)

Die Braunspitzen-Hirse wird in Indien als Getreide für die menschliche Ernährung angebaut, während sie in den USA nur zur Erzeugung von Vogelfutter genutzt wird.

Literatur zu Braunspitzen-Hirse (*Brachiaria ramosa* [L.] Stapf.)

REHM, S., 1989: *Brachiaria ramosa* [L.] Stapf. In: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 84. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.18.1 von oben links:

1. Die aufrechten Halme werden 50 bis 100 cm hoch. Die Blätter sind breit und an den Enden spitz zulaufend.
2. Die Pflanzen bestocken sich stark. An jedem Halm wird eine endständige lockere Rispe mit fingerförmigen Ästen ausgebildet.
3. Infolge einer guten Grünmassebildung wird *Brachiaria ramosa* auch als Grünfütter genutzt.
- 4., 5. und 6. Blühende Braunspitzen-Hirse.
7. Zur Reife knicken die Halme leicht um. Die Rispen reifen deutlich früher ab als die Stängel und Blätter.
8. Die Ährchen mit je einer Spelzfrucht sitzen an einem 0,5 bis 1,0 cm langen Stielchen.
9. Spelzfrüchte, bei denen Deck- und Vorspelze verwachsen sind, sind eiförmig bis rund-oval, an beiden Enden etwas zugespitzt.

Bildtafel 6.1.1.18.1 Braunspitzen-Hirse (*Brachiaria ramosa* [L.] Stapf.)



6.1.1.18.2 Kolo rassé (*Brachiaria deflexa* [Schumach.] Hubb. var. *sativa* R. Port.)

Kolo rassé, *Brachiaria deflexa*, wird nur in geringem Umfang in Obervolta und Mali als Getreide und zur Grünfüttererzeugung genutzt.

Literatur zu Kolo rassé (*Brachiaria deflexa*)

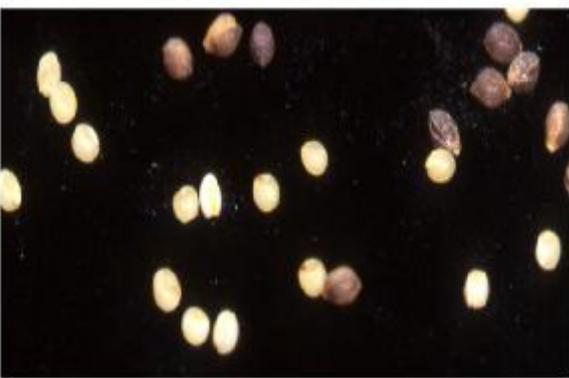
REHM, S., 1989: *Brachiaria deflexa* [Schumach] Hubb. var. *sativa* R. Port., Kolo rassé. In: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 84. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

REHM, S. und G. ESPIG, 1984: *Brachiaria deflexa* Hubb. In: Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. 2. Aufl. 34. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.18.2 von oben links:

1. Kolo rasse bestockt sich stark und bildet verhältnismäßig breite Blätter aus.
2. Die Halme sind nicht sonderlich standfest. Sie bilden an ihrer Spitze eine nur wenig verzweigte, kompakte Rispe aus.
3. Die Ährchen stehen wechselständig an kurzen Stielen an kurzen, anliegenden Rispenästen.
4. Abreifende Pflanzen.
5. Ährchen mit Hüllspelzen umgeben.
6. Links geschälte, rundovale bis eiförmige gelblich weiße Früchte (Karyopsen), rechts oben Spelzfrüchte mit verwachsenen Deck- und Vorspelzen.

**Bildtafel 6.1.1.18.2 Kolo rassé (*Brachiaria deflexa* [Schumach.] Hubb.
var. *sativa* R. Port.)**



6.1.1.18 Hiobsträne (*Coix lacryma-jobi* L.)

Coix lacryma-jobi, Hiobsträne oder auch Tränengras genannt, ist eine Verwandte des Mais und wird von Ostindien bis China, Japan und Neuguinea vielfach angebaut.

Literatur zu Hiobsträne (*Coix lacryma-jobi*)

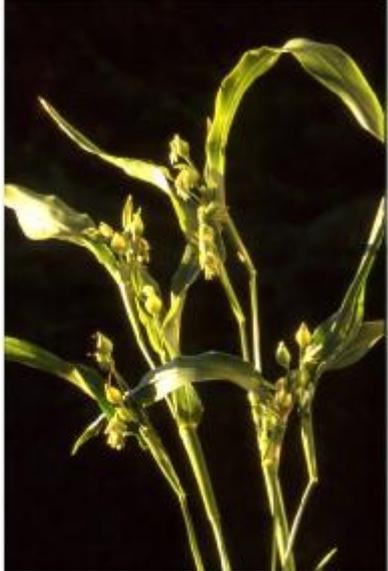
- BAUDET, J. C., 1981: Les Cereales Mineures. Bibliographie Analytique. Agence de Cooperation Culturelle et Technique, Paris.
- FRANKE, W., 1989: Hiobsträne, *Coix lacryma-jobi* L. In: Nutzpflanzenkunde. 4. Aufl. 99. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- MANSFELD, R., 1980: Verzeichnis landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturpflanzen, Bd. 4. 2. Aufl. Akademie Verlag, Berlin.
- REHM, S., 1989: *Coix lacryma-jobi* L., Hiobsträne. In: Spezieller Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 84. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- STÄHLIN, A., 1957: *Coix lacryma* L., Tränengras. In: Methodenbuch, Bd. XII. Die Beurteilung der Futtermittel. 251. Verlag Neumann, Radebeul und Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.1.19 von oben links:

1. Die Hiobsträne hat je nach Sorte eine Wuchshöhe von 50 bis 250 cm.
2. Die Blätter mit einer blasigen Scheide sind gewellt und leicht schrumpelig.
3. und 4. Aus den Blattachseln entspringen an einem bis zu 10 cm langen Stiel kurze birnenförmige Ähren, aus deren Spitze eine weibliche Blüte mit mehreren Narbenästen sowie eine kurze Rispe mit mehreren männlichen Blüten stehen.
5. Teilweise abgeblühter Blütenstand.
6. und 7. Es gibt zwei Formen von *Coix lacryma-jobi*: Bei der einen verhärtet die Ährchenhülle nach der Befruchtung zu porzellanartig harten Perlen, die von den Eingeborenen zu Schmuck verarbeitet werden; die andere Species, die in Afrika und Ostasien angebaut wird, hat eine dünnschalige Fruchtwand und liefert ein nahrhaftes Mehl mit 50 bis 52 % Stärke, 13,6 bis 21% Eiweiß und ca. 6,1 % Fett.
8. Oben geöffnete Fruchtwand mit Früchten.

Bildtafel 6.1.1.19

Hiobsträne (*Coix lacryma-jobi* L.)



6.1.2 Pseudocerealien, andere Mehlf Früchte

Außer Gramineen werden aus einigen Gattungen von Zweiblattkeimigen (Dicodyledonen) Arten zur Mehlherstellung genutzt, die als Pseudocerealien bezeichnet werden. Sie liefern häufig wertvolle Nahrungsmittel mit einem beachtlichen Proteingehalt in vielen Teilen der Erde. Auch in der modernen europäischen Küche finden sie in neuerer Zeit eine erhöhte Beachtung.

Einige dieser Blattpflanzen werden auch als Gemüse geschätzt.

6.1.2.8 Buchweizen, *Fagopyrum spec.*

Buchweizen gehört zur Familie der Knöterichgewächse (*Polygonaceae*). Er stammt aus den Steppen der hochgelegenen Gebirgsländer Zentral- und Ostasiens. Als Stammform der angebauten Kulturformen gilt *Fagopyrum cymosum*, der als mehrjährige Wildart in Nordindien und in China verbreitet ist.

Die Inhaltsstoffe von geschälten Samen des Buchweizens werden mit 72,4 % Kohlenhydrate (meist Stärke), 9 bis 11 % Protein (in biologisch hochwertiger Zusammensetzung) und 1,4 bis 2,9 % Fett angegeben (KÖRBER-GROHNE, 1987).

Neben den Früchten wird auch die ganzen Pflanzen als Grünfütter und als Rohdroge in der Pharmazie genutzt.

Literatur zu Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench und *F. tataricum* Gaertn.)

ACHTNICH, W., 1989: Buchweizen, *Fagopyrum esculentum* Moench. In: REHM: Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern, Bd. 4. Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen. 2. Aufl. 91-93. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

AUFHAMMER, W., 2000: Buchweizen. In: Pseudogetreidearten. 16-17. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

BECKER- DILLINGEN, J., 1927: Der Buchweizen. In: Handbuch des Getreidebaues. 595-608. Verlag Paul Parey, Berlin.

BRÜCHER, H., 1977: *Fagopyrum esculentum* Moench. In: Tropische Nutzpflanzen. 102-106. Literatur zu Stärkepflanzen.

FRANKE, W., 1976: *Fagopyrum esculentum*, Buchweizen, Heidekorn. In: Nutzpflanzenkunde. 104-105. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.

HONERMEIER, B., 1996: Buchweizen (*Fagopyrum* Mill). Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen 1, 123-127.

HONERMEIER, B., 1996: Wirkung differenzierter Aussaattermine und Aussaatmengen auf die Entwicklung und Ertragsleistung von Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench.). Arch. Acker-Pflanzen, Boden. Vol. 40, 35-48.

- KÖRBER-GROHNE, U., 1987: Buchweizen (*Fagopyrum* ssp.). In: Nutzpflanzen in Deutschland. 339-349. Verlag Konrad Theiss, Stuttgart.
- MARQUARD, R. und E. KROTH, 2001: Buchweizen, Echter (*Fagopyrum esculentum* Moench). In: Anbau und Qualitätsanforderungen ausgewählter Arzneipflanzen. 64-71. Verlag AgriMedia, Bergen/Dumme.
- PAHLOW, M., 1993: Buchweizen. In: Das große Buch der Heilpflanzen. Neuauflage, 94-96. Verlag Unzer, München.
- SNEYD, J., 1995: Alternative Nutzpflanzen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- STÄHLIN, A., 1957: *Fagopyrum sagittatum* Gibib. (= *F. esculentum* Moench = *Polygonum fagopyrum* L.), Saat-Buchweizen, Heidekorn. In: Methodenbuch, Bd. XII. Beurteilung der Futtermittel. Verlag Neumann, Radebeul und Berlin.
- ZADE, A., 1933: Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench). In: Pflanzenbaulehre für Landwirte. 166-171. Verlag Paul Parey, Berlin.

6.1.2.1.1 Saat-Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench. [= *F. sagittatum* Gibib.]

Der Saat-Buchweizen ist eine krautige, verzweigte, 50 bis 120 cm hohe Pflanze mit einer stark verzweigten Pfahlwurzel und einem rötlich-grünen, etwas gerieften Stängel. Die ältesten Funde des gewöhnlichen Buchweizens stammen aus dem 7. bis 6. Jahrhundert v. Chr. aus den Steppengebieten Russlands. Nach Europa ist der Saat-Buchweizen erst im 14. Jahrhundert n. Chr. durch die Mongolen gelangt. Hier hat er sich in Russland und auf dem Balkan am stärksten ausgebreitet. In Mitteleuropa besteht ein geringer Anbau von Buchweizen zur Kornerzeugung in Norddeutschland auf leichten sandigen Böden der Heide oder der Geest. Die Fruchterträge liegen bei 5 bis 15 dt/ha, unter günstigen Bedingungen können 30 bis 40 dt/ha erzielt werden.

Daneben wird er als nematodenresistente Pflanze im Futterbau genutzt, und in geringem Umfang wird er auch als Arzneipflanze angebaut, wobei das Kraut in der Blüte zur Rutin-gewinnung geerntet wird.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.2.1.1 von oben links):

1. Teilbestand von Saat-Buchweizen.
2. Die Laubblätter sind herzförmig bis pfeilförmig zugespitzt, im unteren Teil mit einem mittellangen bis kurzen Stiel.
3. und 4. Die Blütenstände stehen in lockeren, unterschiedlich großen doldenförmigen Rispen, sie bestehen aus fünfteiligen Hüllblättern (Perigon) und weißroten bis weißen Blütenblättern, an deren Grund sich gelbe Honigdrüsen befinden. Die Blüte ist dimorph-heterostyl, d.h. unterschiedliche Blüten mit kurzen oder langen Staubfäden an einer Pflanze. Dadurch herrscht Fremdbefruchtung durch Insekten vor (gute Bienenweide).
5. und 6. Die bucheckernförmigen braunen Früchte (Nüsse) stehen dicht, nicht sehr fest, an den Blütenstielen.
7. Früchte mit brauner oder silbriger Fruchtschale.
8. Geschälte Samen, teils ohne die mittel- bis hellbraune Samenschale. Das Tausendkorn-gewicht liegt zwischen 19 und 27 g. Die geschälten Samen enthalten: 70 bis 74 % Kohlenhydrate, fast ausschließlich Stärke, 9 bis 11 % hochwertiges Protein, 1,4 bis 2,0 % Fett.

**Bildtafel 6.1.2.1.1 Saat-Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench.
[= *F. sagittatum* Gibib.]**



6.1.2.1.2 Tatarischer Buchweizen (*Fagopyrum tataricum* [L.] Gaertn.)

Der Tatarische Buchweizen ist ebenfalls einjährig. Die Pflanzen sind höher im Wuchs, bilden mehr Blätter aus und bringen so deutlich höhere Erträge an Grünmasse. Er wird vor allem als Grünfütter- und Gründüngung im Zweit- und Zwischenfruchtanbau genutzt

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.2.1.2 von oben links:

1. Teilbestand von *Fagopyrum tataricum* mit unauffälligen grünen Blütenständen.
2. Die unteren Blätter stehen an längeren Stielen und sind breit herzförmig. Die Blütenstände sind schmale grüne Rispen.
3. und 4. Die Stängel bleiben grün und färben sich nicht rötlich wie bei *F. esculentum*.
5. Blühender Zweig mit den kleinen, in den Blattachseln stehenden Blüten.
6. Die Früchte fallen leichter aus als bei *F. esculentum*, sie sind langoval mit einer deutlichen Bauchfurche.

Bildtafel 6.1.2.1.2 Tatarischer Buchweizen (*Fagopyrum tataricum* [L.] Gaertn.)



6.1.2.2 Amarant, *Amaranthus spec.*

Die Gattung *Amaranthus* gehört zu der kleinen Familie der *Amaranthaceae*. Die Gattung *Amaranthus* umfasst etwa 100 Arten, die vor allem in den warmen und gemäßigten Zonen der Erde verbreitet sind. Es besteht eine große Formenmannigfaltigkeit, so dass die Arten nicht klar voneinander zu trennen sind.

Nach KÖRBER-GROHNE (1995) sind einige *Amaranthus*-Arten in Südeuropa und im östlichen Mittelmeergebiet beheimatet. Diese Arten wurden im Altertum in Griechenland und Italien sowie im Mittelalter in Deutschland angebaut. Aus Funden in Mexiko lässt sich ein Anbau von Körner-Amarant aus der Zeit vor etwa 4.000 Jahren nachweisen. Diese Formen werden heute noch in Süd- und Zentralamerika zur Korngewinnung genutzt. Sie haben sich von dort nach Afrika und Asien ausgebreitet. *Amaranthus* ist eine C₄-Pflanze, die besonders gut in warmen Gebieten bis in Höhenlagen von 3000 m wächst (Achnich, 1989). Die Kornerträge der kleinen Samen (TKG von 0,7 bis 0,9 g) liegen zwischen 1 bis 3 t/ha. Die Samen der angebauten Körnerformen enthalten 60 bis 70 % Stärke, 6 % Fett und 16 % Eiweiß mit einem Lysinanteil von etwa 6,2 %, was diese Arten für die menschliche Ernährung besonders wertvoll macht.

Literatur zu Amarant, *Amaranthus spec.*

- ACHTNICH, W., 1989: Pseudocerealien. In: REHM: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 86-89. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- AUFHAMMER, W., 2000: Pseudogetreidearten: Buchweizen, Reismelde und Amarant. Ulmer/ Verlag, Stuttgart.
- BRÜCHER, H., 1977: *Amaranthus caudatus* L., *Amaranthus hybridus* L. In: Tropische Nutzpflanzen. 97-99. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.
- FRANKE, G., 1976: Fuchsschwanz. In: Früchte der Erde. 68. Verlag Prisma, Gütersloh.
- HANF, M., 1982: *Amaranthaceae*, Fuchsschwanzgewächse, Amarant-Gewächse. In: Ackerunkräuter Europas. 166-170. BASF, Ludwigshafen.
- HAY, R. ET AL., 1977: *Amaranthus*, Fuchsschwanz, Amarant. In: Gartenblumen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- HEGI, G., 1931: Rauhaariger Amarant (*Amaranthus retroflexus* L.) und Gemeiner Amarant (*Amaranthus viridis* (L.) All. Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Bd. III. 264-265. Verlag J. F. Lehmanns, München.
- JÖRIMANN, P. und W. SCHEIDEGGER, 1993: Amarant, Dinkel & Co. Verlag Midena, Kützingen/Aarau, Schweiz.
- KÖRBER-GROHNE, U. 1995: Grüner Fuchsschwanz, Blitum, Meyer (*Amaranthus lividus* L. = *A. blitum* L. = *A. viridis* L.) In: Nutzpflanzen in Deutschland 439-441, Verlag Konrad Theiss, Stuttgart.
- SCHERING, 1977: Rauhaariger Amarant, *Amaranthus retroflexus* L. In: Unkrautfibel '78. 8. Aufl. 20-21. Schering AG, Berlin/Bergkamen.
- SCHERING, 1989: *Amaranthus retroflexus* [L.]. In: Unkraut in Zuckerrüben. 95-99. Schering AG, Berlin.
- STÄHLIN, A., 1957: *Amaranthaceae*, Fuchsschwanzgewächse. In: Die Beurteilung der Futtermittel. Methodenbuch, Bd. XII. 102. Verlag Neumann, Radebeul und Berlin.

6.1.2.2.1 Gemeiner Amarant (*Amaranthus lividus* L.) und Rauhaariger Amarant (*Amaranthus retroflexus* L.)

Von den etwa 100 Arten der Gattung *Amaranthus* sind am häufigsten in Europa Wildpflanzen und einige als lästige Ackerunkräuter (*Amaranthus lividus* und *A. retroflexus*) zu finden.

Schon im Altertum und im Mittelalter wurden die Blätter als gekochtes Gemüse genutzt.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.2.2.1 von oben links:

1. In manchen Gebieten werden von den beiden Arten, *A.lividus* und *A. retroflexus*, dichte Bestände gebildet.
2. Die aufrechten, verzweigten Pflanzen werden bis und über 100 cm
3. und unter günstigen Bedingungen sogar 200 cm hoch. Die langgestielten Blätter sind mittelgrün bis graugrün und rundoval zugespitzt mit einem hellgrünen bis rötlichen Stängel
4. Die Blüten- und Fruchtstände stehen in den Blattachseln
5. und 6. oder überhängend endständig aufrecht und bilden dichte Scheinähren, die aus kleineren Ährchen zusammengesetzt sind.
7. Bei *Amaranthus retroflexus* sind die Ährchen und der ganze Blütenstand dicht behaart.
8. Die rundovalen bis rundlichen Früchte sind plattgedrückt, häufig noch von den Hüllblättern umgeben. Die 1,0 bis 1,2 mm großen, schwarzen, glänzenden Samen enthalten etwa 41 % Stärke und 2 % Zucker, 19 % Rohprotein und 7,9 % Fett. Sie sind als Futtermittel feingeschrotet gut brauchbar; sie wurden in Notzeiten auch als Brotbeimengungen genutzt. Eine Pflanze bringt 1000 bis 5000 Samen hervor.

Bildtafel 6.1.2.2.1 Gemeiner Amarant (*Amaranthus lividus* L.) und Rauhaariger Amarant (*Amaranthus retroflexus* L.)



6.1.2.2.2 Inkaweizen, Fuchsschwanz (*Amaranthus caudatus* L. [= *A. edulis* Speg. = *A. mantegazianus* Poni.])

Von den kultivierten Formen der Gattung *Amaranthus*, die in Mexiko schon aus der Zeit vor 4000 Jahren nachgewiesen sind, ist vor allem *Amaranthus caudatus*, der Inkaweizen, zu nennen. Er wird heute auf kleinen Flächen in Südamerika, Indien und Nepal angebaut.

Die Samenerträge werden mit 10 bis 30 dt/ha angegeben. In Versuchen wurde auch 60 dt/ha geerntet.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.2.2.2 von oben links:

1. Die krautigen Pflanzen mit kräftigem Spross sind mehr oder weniger verzweigt.
2. Die wechselständigen, langgestielten, rötlich-dunkelgrünen Laubblätter sind oval zugespitzt, fleischig mit deutlich hervortretenden Nerven. Sie werden häufig als Gemüse genutzt.
3. Die in den Blattachseln stehenden Blütenstände sind lange, überhängende Scheinähren mit zahlreichen roten, gelben oder weißlichen, getrennt geschlechtlichen Blüten.
4. Es herrscht Fremdbefruchtung vor, wobei auch Selbstfertilität gegeben ist.
5. Die Fruchtstände sind oft aus vielen kleineren Scheinähren zusammengesetzt.
6. Reifer Fruchtstand. Die Zahl der weißen, gelben, braunen oder schwarzen Samen kann bis zu 50 000 je Pflanze betragen. Das Tausendkorngewicht liegt zwischen 0,5 und 1,5 g.

**Bildtafel 6.1.2.2.2 Inkaweizen, Fuchsschwanz (*Amaranthus caudatus* L.
[= *A. edulis* Speg. = *A. mantegazianus* Poni.]**



6.1.2.2.3 Körneramarant (*Amaranthus hypochondriacus* L [= *A. hybridus* L.])

Er wird in Mexiko, Indien, Nepal, China und in den Südwest-Staaten der USA angebaut und liefert hier beachtliche Erträge an ernährungsphysiologisch hochwertigen Körnern, die als ganze Samen, Mehl, Fladen oder Schrot Verwendung finden. Auch für die europäische Küche wird der Körneramarant in neuerer Zeit empfohlen. *Amaranthus hypochondriacus* ist neben *A. caudatus* die am meisten angebaute Art.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.2.2.3 von oben links:

1. und 2. *A. hypochondriacus* ist nur wenig verzweigt, hochwachsend mit langen, teils überhängenden Blütenständen. Die Blätter sind rundoval, fleischig runzelig mit deutlichen Blattrippen.
3. Die Blütenstände bestehen aus langen, teils überhängenden Scheinähren...
4. und 5. ... mit einer großen Anzahl von männlichen und weiblichen Blüten (monözisch, getrenntgeschlechtlich).
6. Die zahlreichen Scheinähren bringen die Voraussetzung mit für die höchsten Kornerträge der *Amaranthus*-Arten.
7. Die relativ großen, weißen Samen (TKG 1 bis 1,5 g) enthalten 60 bis 70 % Stärke, 16 % Eiweiß und 6 % Fett. Mit 6,2 % Lysin im Protein liefern die Fuchsschwanz-Samen ein vollwertiges Nahrungsmittel.

**Bildtafel 6.1.2.2.3 Körneramarant (*Amaranthus hypochondriacus* L
[= *A. hybridus* L.]**



6.1.2.3 Gänsefuß, Melde. *Chenopodium spec.*

Die *Chenopodiaceae* umfassen etwa 110 Gattungen, von denen eine ganze Reihe wichtige Kulturpflanzen sind (Beta-Rüben, Spinat, Mangold u.a.). Die Wild- und Unkrautarten dieser Gattungen sind in der ganzen Welt verbreitet

6.1.2.3.1 Weißer Gänsefuß, Weiße Melde (*Chenopodium album* L.)

Chenopodium album ist ein ausdauerndes und heute sehr weit verbreitetes Unkraut. In Urzeiten lieferten die nährstoffreichen Samen ein wertvolles Nahrungsmittel. Bis in das Mittelalter wurden die Blätter noch als Gemüse genutzt und die Samen wurden vermahlen dem Brot beigemischt. In Europa wird *C. album* auch heute noch vereinzelt in Gärten kultiviert. In Indien wird die Melde zur Stärkegewinnung angebaut

Literatur zu Weißem Gänsefuß (*Chenopodium album*)

BRÜCHER, H., 1977: *Chenopodium*. In: Tropische Nutzpflanzen 99-100. Verlag Springer, Berlin.

HANF, M., 1982: *Chenopodium album* L., Weißer Gänsefuß. In: Ackerunkräuter Europas. 202. BASF, Ludwigshafen.

HEGI, G., 1931: Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album* L.). Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Bd. II. 225. Verlag J. F. Lehmanns, München.

SCHERING, 1977: Weißer Gänsefuß. In: Schering Unkrautfibul '78. Schering AG, Berlin/Bergkamen.

SCHERING, 1989: *Chenopodium album* L. In: Unkraut in Zuckerrüben. 150-151. Schering AG, Berlin.

STÄHLIN, A., 1957: *Chenopodium album* L., Weißer Gänsefuß. In: Beurteilung der Futtermittel. Methodenbuch, Bd. XII. Verlag Neumann, Radebeul und Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.2.3.1 von oben links:

1. Weißer Gänsefuß wird bis zu 200 cm hoch, aufrecht, stark ästig verzweigt und bildet ein stark verzweigtes Wurzelwerk mit tiefgehender Pfahlwurzel aus.
2. Der Stängel ist etwas kantig, hellgrün, oft rötlich überlaufen.
3. Die Jungpflanzen sind „mehlig bestäubt“. Die vielgestaltigen Blätter sind langgestielt, oval bis lanzettlich mit Ausbuchtungen. Die oberen Blätter sind lanzettlich bis linear.
4. Die Blüten sind klein und von einer fünfteiligen Blütenhülle umgeben.
5. Der Blütenstand ist pyramidenförmig, weniger...
6. ... oder mehr aufgelockert.
7. Es können 3000 oder auch 20 000 Samen an einer Pflanze gebildet werden.
8. Die Schließfrüchte sind häufig noch von der Blütenhülle (Perigon) und einer dünnen Fruchtschale (Perikarp) eingeschlossen. Die Samen sind schwarzglänzend, genetzt; sie enthalten 30 bis 40 % einer feinkörnigen Stärke und 11 bis 15 % Rohprotein.

Bildtafel 6.1.2.3.1 Weißer Gänsefuß, Weiße Melde (*Chenopodium album* L.)



6.1.2.3.2 Reismelde, Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Die Reismelde ist eine sehr alte Kulturpflanze Südamerikas. Archäologische Funde in Peru wurden auf den Zeitraum um 5000 v. Chr. datiert. Um die Zeit von 3500 v. Chr. war *Chenopodium quinoa* in Kolumbien bis Argentinien in Höhenlagen von 3800 m bis 4300 m über NN eine wichtige Nahrungspflanze.

Heute wird sie noch in Chile, Peru, Bolivien und Ecuador angebaut. Die Samen werden geröstet als Suppe oder Brei gegessen oder zu Mehl vermahlen und mit Weizenmehl vermischt zu Gebäck verarbeitet. Die Blätter sowie die jungen Pflanzen werden als Gemüse genutzt (Reisspinat).

Literatur zu Reismelde, Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

- ACHTNICH, W., 1989: Quinoa. In: REHM: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 89-91. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- ALKÄMPER, J., 1992: Bedeutung der Pseudocerealien *Amaranthus* und *Chenopodium* in ihren Heimatländern und Anbaumöglichkeiten in Deutschland. Getreide, Mehl und Brot. 46, 3-6.
- AUFHAMMER, W., 2000: Pseudogetreidearten – Buchweizen, Reismelde und Amarant. Ulmer- Verlag, Stuttgart.
- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: Reismelde, *Chenopodium quinoa* Willd. In: Handbuch des Getreidebaus, 608-611. Verlag Paul Parey, Berlin.
- BRÜCHER, H., 1977: *Chenopodium quinoa* Willdenow. In: Tropische Nutzpflanzen, 101-102. Springer-Verl., Berlin
- FLEMING, J. E. und N. W. GALWEY, 1995: Quinoa (*Chenopodium quinoa*). In: WILLIAMS: Cereals and pseudocereals. 3-83. Chapman and Hall, London.
- FRANKE, W., 1976: *Chenopodium quinoa* Willd., Reismelde, Quinoa. In: Nutzpflanzenkunde. 105-106. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- FRANKE, G., 1977: Reismelde. In: Früchte der Erde. 67. Verlag Prisma, Gütersloh.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.2.3.2 von oben links:

1. und 2 Quinoa ist eine krautige, verzweigte Pflanze von 50 bis 150 cm Wuchshöhe. Die herzförmigen bis lanzettlichen Laubblätter sitzen an langen Stielen und sind deutlich gesägt bis gelappt.
3. Die großen endständigen und aus den Blattachseln wachsenden, meist pyramidenförmigen Blütenstände bestehen aus knäuligen Teilblütenständen mit unscheinbaren grünen fünfzähligen Blüten. Diese sind gynomonözisch (weibliche und hermaphroditische Blüten in einem Blütenstand).
- 4., 5., 6. Die Fruchtstände sind vielgestaltig von kompakten (Kolben) bis verzweigten Rispen.
7. Nach Selbstbefruchtung entwickeln sich zahlreiche etwa 1,5 bis 2,5 mm große Nüsschen mit Tausendkorngewichten von 1,7 bis 3,4 g.
8. Die rötlichbraunen bis gelblichweißen Früchte sind mit der Frucht- und Samenschale umgeben, die vor der Verwendung als Nahrungsmittel, wie beim Getreide, durch Schälen entfernt werden müssen, da sie giftige Saponine enthalten. Die Samen bestehen aus 50 bis 60 % Stärke, 11 bis 14 % hochwertigem Eiweiß und 4 bis 5 % Fett.

Bildtafel 6.1.2.3.2 Reismelde, Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)



6.1.2.4 Gartenmelde (*Atriplex hortensis* L.)

Die Gattung *Atriplex* gehört ebenfalls zu den Chenopodiaceen.

Schon den alten Griechen und Römern war die Gartenmelde bekannt. Vom Mittelalter bis in die Neuzeit wurde sie als einjährige Gemüsepflanze angebaut, wird aber in der Neuzeit immer mehr durch Spinat verdrängt, obwohl auf 100 m² 3 bis 4 dt Blattgemüse geerntet werden können. In Notzeiten wurden auch die gemahlene Samen als Beimengung zum Brotbacken verwendet.. Es gibt große Sortenunterschiede, mit zwei verschiedenen Wuchstypen.

Literatur zu Gartenmelde (*Atriplex hortensis* L.)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1929: Gartenmelde (*Atriplex hortensis* L.). In: Handbuch des gesamten Gemüsebaues. 2. Aufl. 238-240. Verlag Paul Parey, Berlin.
- FRANKE, W., 1976: *Atriplex hortensis* L., Gartenmelde. In: Nutzpflanzenkunde. 221-222. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- HEGI, G., 1931: Gartenmelde (*Atriplex hortensis* L.). Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Bd. III. 239. Verlag J. F. Lehmanns, München.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.1.2.4 von oben links:

1. und 2. Die Wuchshöhe kann von 30 cm bis zu 200 cm schwanken. Die unteren Blätter sind dreieckig bis herzförmig, die oberen länglicher dreieckig bis breit lanzettlich.
3. Sie blüht im Juli und August; die zwittrige Blüte steht in einer eiförmigen zugespitzten Blütenhülle.
4. und 5. Die stark verzweigten Fruchtstände tragen reichliche in grüngelbe Vorblätter eingehüllte Früchte.
6. Die rundovalen Vorblätter umhüllen die Frucht mit einem 4 bis 8 mm breiten, flachen Rand.
7. Die Gartenmelde bildet zwei verschiedene Samen aus (heterokarp): von links: kleinere unregelmäßig runde schwarze und größere braune, runde bis rundovale abgeflachte Samen, rechts: Früchte mit Hüllblättern. Das Tausendkorngewicht liegt bei 4 bis 6 g. Die Früchte enthalten etwa 36 bis 40 % Stärke und 12 bis 15 % Rohprotein.

Bildtafel 6.1.2.4

Gartenmelde (*Atriplex hortensis* L.)



6.2 Kohlenhydrate in Wurzeln, Knollen und Gesamtpflanze

6.2.1 Wurzel und Knollenfrüchte

6.2.1.1 *Beta*-Rüben, *Beta spec.*

Die Gattung *Beta* gehört zur Familie der *Chenopodiaceae*. Nach BUTTLER, 1977 (aus BAROCKA, 1985) wird die Gattung je nach Verbreitungsgebieten in 4 Sektoren unterteilt: 1. *Beta* (= *Vulgares*), 2. *Corollinae*, 3. *Nanae*, 4. *Procumbentes*.

Die Sektion 1 umfasst die einjährigen und zweijährigen Arten: *B. vulgaris* L., *B. pantula* Apr., *B. macrocarpa* Guss, *B. bourgaei* Coss., *B. atripricifolia* Rouy, *B. odenensis* Pam., die alle $2n = 18$ bzw. $= 36$ Chromosomen besitzen und im Mittelmeerraum, Westeuropa und Nordwestafrika verbreitet zu finden sind.

Die Art *Beta vulgaris* L. wird nach HELM, 1957 (aus BAROCKA, 1985) in 4 Unterarten gegliedert:

B. vulgaris ssp. *maritima* (L.) Thellg.
 ssp. *lomatogonoides* Aellen
 ssp. *orientalis* Aellen
 ssp. *vulgaris* Helm.

Die beiden Kulturarten Zuckerrüben und Futterrüben gehören zur Art *B. vulgaris* und Unterart ssp. *vulgaris* Helm. Beide Arten sind überwiegend Fremdbefruchter und zweijährig, d.h. erst nach Überwinterung im zweiten Jahr beginnt im Allgemeinen die vegetative Phase.

Zur Unterscheidung der beiden Varietäten, Futter- und Zuckerrüben, werden die Form der Rübenkörper sowie Unterschiede in Trockensubstanz- und Zuckergehalt benutzt.

Über die Geschichte der *Beta*-Rüben berichtet ausführlich KÖRBER-GROHNE, 1987. Die Futterrübe (Runkelrübe) entstand um 1561 am Niederrhein durch Auslese aus der „Weißen Rübe“ (*B. vulgaris* conv. *crassa* Alef.). Die Zuckerrübe wurde erst durch gezielt züchterische Selektion um 1838 bis 1908 in Oberschlesien verbreitet.

Literatur zu Zuckerrübe und Futterrübe (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris*)

BAROCKA, K.-H., 1985: Zucker- und Futterrüben. In: FISCHBECK, PLARRE und SCHUSTER.: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. II. 2. Aufl.

- BROUWER, W. und L. STÄHLIN, 1976: Die Beta-Rüben: Futter- und Zuckerrübe. In: BROUWER: Handbuch des speziellen Pflanzenbaus, Bd. II. 188-387. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- BSA, 1996 und 2003: Blatt für Sortenwesen 1996; Beschreibende Sortenliste 2003. Hackfrüchte
- BUTTNER, K.P., 1977: Variation in wild populations of annual beet (*Beta*, Chenopodiaceae). *Plant Syst. Evol.* 128, 123-136.
- FRANSEN, K.J., 1958: Breeding of Forage Beets. In: KAPPERT und RUDOLF: Züchtung der Knollen und Wurzelfruchtarten. In: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Band 3, 2. Aufl., 284-311. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- GEISLER, G., 1980: Beta-Rüben. In: Pflanzenbau. 326-341. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- HEINISCH, O., 1953: Rübenbau. In: ROEMER et al.: Handbuch der Landwirtschaft. SCHEIBE: Pflanzenbaulehre, Bd. II. 197-247. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- HELM, J., 1957: Versuch einer morphologisch-systematischen Gliederung der Art *Beta vulgaris* L. *Züchter* 27, 203-223.
- KNAPP, E., 1958: Beta-Rüben, bes. Zuckerrüben. In: KAPPERT, RUDOLF: Züchtung der Knollen- und Wurzelfruchtarten. 196-284. In: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Band 3, 2. Aufl. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- KÖRBER-GROHNE, U., 1987: Nutzpflanzen in Deutschland: Mangold, Rote Rübe (Rote Beete), Runkelrübe, Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L.); 202-215. Verlag Konrad Theiss, Stuttgart.
- SCHÜTT, P., 1972: Zuckerrübe (*Beta vulgaris* subsp. *altissima* Döll). In: Weltwirtschaftspflanzen. 63-68. Verlag Paul Parey, Berlin.
- SCHUSTER, W.H., 1997: Welchen Beitrag leistet die Pflanzenzüchtung zur Leistungssteigerung von Kulturpflanzen? *Pflanzenbauwissenschaften* 1 (1), 9-18.
- WINDT, A. und B. HOLTSCULTE, 2000: Zucker- und Futterrüben. In: ENTRUP UND OEHMICHEN: Lehrbuch des Pflanzenbaus. 428-480. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- ZADE, A., 1933: Betarüben (Runkel- und Zuckerrüben). In: Pflanzenbau für Landwirte. 457-502. Verlag Paul Parey, Berlin.

6.2.1.1.1 Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Doell)

Die Zuckerrübe ist eine junge Kulturpflanze. Erst 1747 entdeckte MARGGRAF, dass der Zucker in der Weißen Mangold Rübe der gleiche Zucker wie im Zuckerrohr ist. Er fand 1,56 % Zucker in der frischen Wurzel. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts setzte ACHARD in Berlin, die Suche nach mehr Zucker in Runkelrüben fort. Er entwickelte die „Weiße schlesische Zuckerrübe“ mit 5,0 bis 7,0 % Zucker, die Stammutter aller heutigen Zuckerrüben (KNAPP, 1958). In Deutschland und auch in Frankreich, Dänemark und Schweden wurde die Züchtung der Zuckerrübe nach dem Zweiten Weltkrieg bis heute stark intensiviert. Ebenso wurde die Anbautechnik verbessert bis zur vollständigen Mechanisierung von der Saat bis zur Zuckergewinnung. Die Erträge (nach „Besondere Erntermittlung des B.M.f.V.E.L.“) von 1952 bis 1969 betragen 379 dt/ha frische Rüben und 1986 bis 1993 schon 529 dt/ha (SCHUSTER, 1997), in den Feldversuchen der Landwirtschaftskammer Hannover konnten im Mittel der Jahre 2000 bis 2003 643 dt/ha Zuckerrüben geerntet werden. Dies ist ein Ertragszuwachs in 50 Jahren von 254 dt/ha. Dies konnte nur erreicht werden durch eine intensive Pflanzenzüchtung (25 %) und verbesserte Agrartechnik einschließlich stark wirkender Herbizide (5 %). Gleichzeitig konnte der Zuckergehalt von 16 bis auf 18 bis 24 % gesteigert werden.

Diese Fortschritte wurden durch die Polyploidie-Züchtung durch Verdopplung des Chromosomensatzes von $2n = 18$ auf $4n = 36$ und vor allem durch die Entdeckung der zytoplasmatischen und kerngenischen männlichen Sterilität 1942 durch OWEN (KNAPP, 1952) die eine exakte Hybridzüchtung ermöglichen erzielt. Hinzu kam die Entwicklung von monogamen Linien, mit nur einem Samen je Rübenknäuel. So entstanden folgende Sortentypen (BSA, 1996):

Tab. 10: **Sortentypen der Zuckerrübe**

0 =	Monogerme	U = Multigerme
2n =	diploid ohne männliche Sterilität	= Sorte diploid
4n =	tetraploid ohne männliche Sterilität	= Sorte: diploid
4n x 2n =	Mutter männlich steril tetraploid x Vater diploid	= Sorte: triploide Hybride
2n x 2n =	Mutter männlich steril diploid x Vater diploid	= Sorte: diploide Hybride
2n + 4n =	diploide und tetraploide Linien (ohne männliche Sterilität)	= Sorte: anisoploid
2n x 4n =	Mutter männlich steril diploid x Vater tetraploid	= Sorte: triploide Hybride
2n x (2n + 4n) =	Mutter männlich steril diploid x Vater anisoploid	= Sorte: anisoploid

In der Sortenliste von 1996 sind 58 zugelassene Sorten eingetragen; dazu noch 59 Sorten „ohne Landeskulturellen Wert“ und weitere 41 Sorten „zur Ausfuhr außerhalb der Vertragsstaaten bestimmt“ = 158 eingetragene Sorten. Von den 58 zugelassenen Sorten sind alle „monogerm“, von den restlichen 100 Sorten sind noch 22 „multigerm“.

In der „Beschreibenden Sortenliste“ von 2003 (BSA, 2003) sind es ebenfalls noch 28 multigerme Sorten jedoch 12 „ohne Landeskulturellen Wert“, und 16 „zur Ausfuhr außerhalb der Vertragsstaaten bestimmt“. Die restlichen zugelassenen 105 und 47 „zur Ausfuhr außerhalb der Vertragsstaaten bestimmte“, sowie 15 „ohne Landeskulturellen Wert“ ergeben 167 eingetragene monogerme Sorten. (167 monogerm und 28 multigerm = 195 eingetragene Sorten.

Nach der Höhe des Zuckergehaltes werden die Sorten in verschiedene Zuchttrichtungen eingeteilt:

- EE = höchste Rübenenerträge bei niedrigem Zuckergehalt
- E = ertragreich an Rübenmasse, geringer Zuckergehalt
- N = mittelhohe Rübenenerträge bei mittlerem Zuckergehalt
- Z = niedrige Rübenenerträge bei hohem Zuckergehalt
- ZZ = höchste Zuckergehalte bei niedrigen Rübenenerträgen.

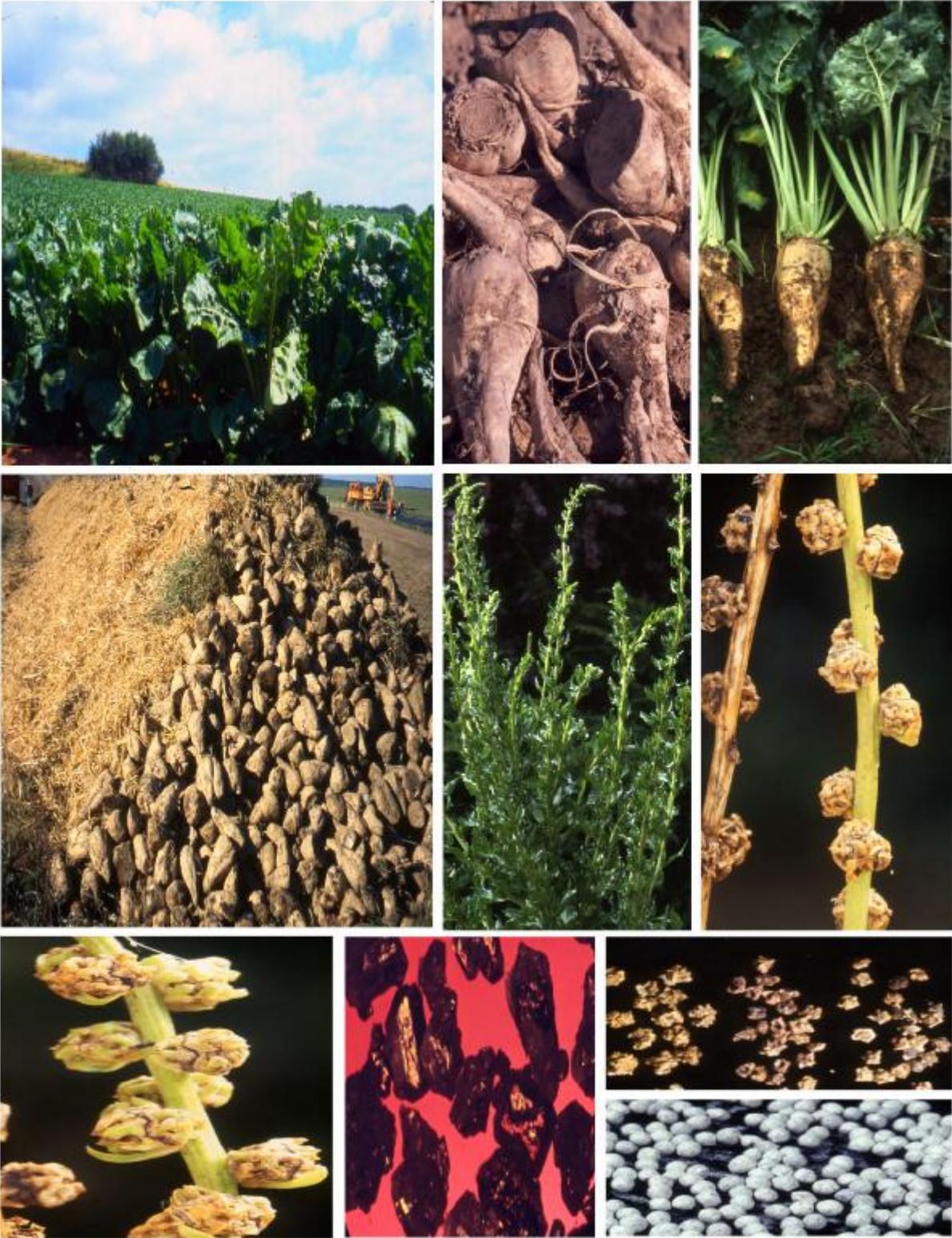
In der Weltzuckererzeugung beträgt der Anteil der Zuckerrübe etwa 40 % gegenüber 60 % Zuckerrohr. Die größeren Anbaugelände liegen in den gemäßigten Klimazonen, jedoch ist eine Ausdehnung in subtropische Gebiete in Winteranbau unter Bewässerung festzustellen.

Der landeskulturelle Wert der Zuckerrübe liegt nicht nur in ihrem hohen Rübenertrag und Zuckergehalt, auch die Nebenprodukte wie Blätter und Rübeköpfe, Rübenschnitze und Melasse bei der Zuckerproduktion liefern wertvolle Futtermittel für die Tierernährung.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.1.1 von oben links:

1. Dichter Bestand einer Sorte des meist angebauten Types: monogerm, triploide Hybride ($2n \times 4n$ oder $4n \times 2n$).
2. Hybrid-Rüben mit flacher Rinne und vollem Körper.
3. Je nach Wachstumsbedingungen ist die Ausbildung des Rübekörpers sehr unterschiedlich.
4. Der erfolgreiche Zuckerrübenanbau ist voll mechanisiert; Rüben, die nicht direkt vom Feld abgenommen werden, können am Feldrand in Mieten gelagert werden.
5. Samenträger einer Zuckerrübe im zweiten Jahr.
6. Fruchtknäule von mehrsamiger = multigermer (rechts) und einsamiger = monogerm Sorte (links).
7. Dicht mit mehrsamigen Knäulen besetzter Fruchtstand.
8. Kristalle des Rübenzuckers (Rohrzucker) im polarisierten Licht bei etwa 10facher Vergrößerung.
9. oben: Samentypen (Fruchtknäule); von links: mehrsamige Knäule, technisch monogermes Saatgut, monogerm Fruchte.
unten: pilliertes monogermes Saatgut für Säugeräte zur Gleichstandablage.

Bildtafel 6.2.1.1.1 Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Doell)



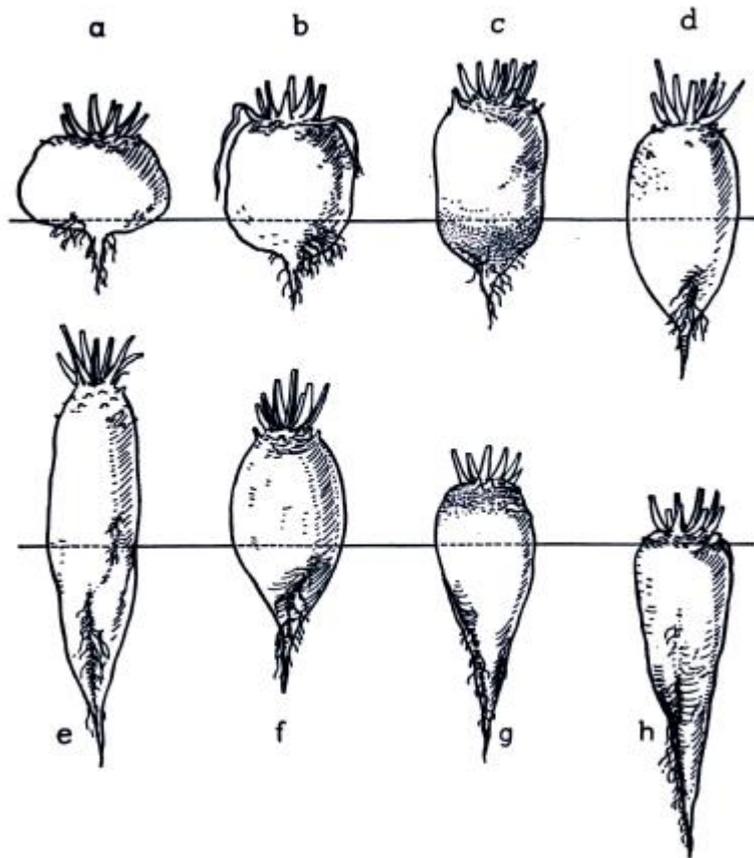
6.2.1.1.2 Futterrübe, Runkelrübe (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *alba* D. C. [= *Beta vulgaris* L. var. *crassa* Mansf.]])

Die Futterrübe, aus der die Zuckerrübe hervorgegangen ist, wird auch erst seit etwa 1560 in Mitteleuropa angebaut, wie schon erwähnt. Man nimmt an, dass eine gelbe Beta-Rübe aus dem Mittelmeerraum an den Niederrhein gelangte und sich dort zur Runkelrübe entwickelt hat (KÖRBER-GROHNE, 1987).

Die Bedeutung der Futterrübe als Winterfutterpflanze ist seit 1950 stark rückläufig (von etwa 1 Mio. ha auf 10000 ha), da der Silomais mit höherem Futterwert in vielen Gebieten die Futterrübe verdrängt hat. Trotz der geringen Bedeutung hat die Züchtung, im Abstand von etwa 2 Jahren, eine ähnlich positive Entwicklung genommen wie bei der Zuckerrübe.

Auch bei der Runkelrübe finden wir die gleichen Sorten- und Hybrid-Typen in den neueren Sortenlisten. In der Beschreibenden Sortenliste von 2003 stehen 18 monogerme Sorten, von denen 10 diploid und 8 triploid sind, sowie 5 multigerme Varietäten mit 3 diploiden und 2 anisoploiden Chromosomensätzen. Das Bundessortenamt (BSA, 2003) unterscheidet nur 3 Formen: 3 = Olive, 4 = Olive bis Keil, 9 = Walze, und 8 Rübenfarben: 1 = weiß, 3 = gelb, 4 = gelborange, 5 = orange, 6 = orangerot, 8 = hellrosa, 9 = rosa, 10 = purpurrot.

Die Sorten unterscheiden sich in der Rübenform (Darstellung 14).



Darst. 14: **Formen der Futterrübe** (HEINISCH, 1953)

a) Oberndorfer, b) Altenburger Tonnen, c) Eckendorfer, Friedrichswerther, Peragis, d) Barres, e) Veni, Vidi, Vici, f) Ovana, g) Halbzuckerrübe (G.K.), h) Zuckerrübe

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.1.2 von oben links:

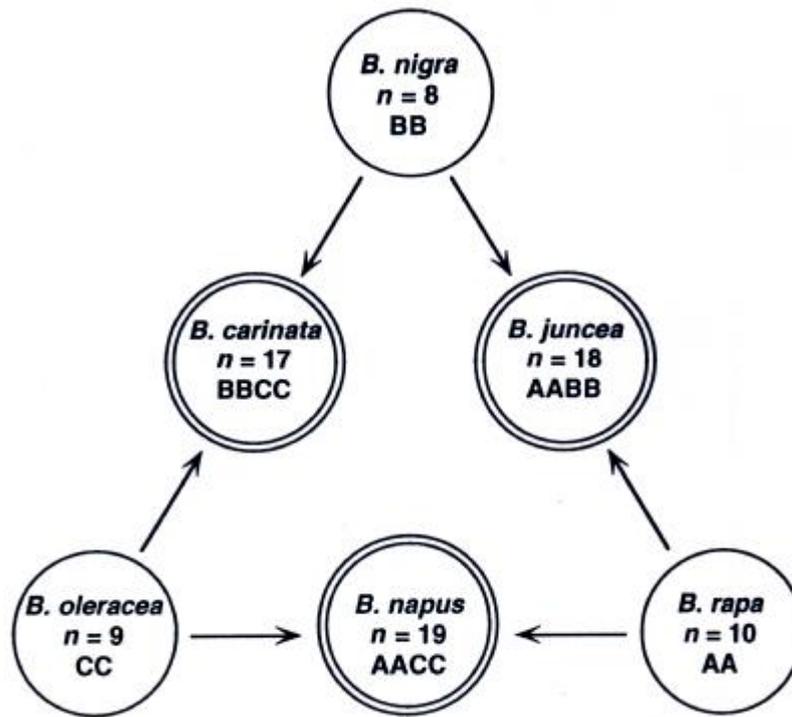
1. Sorten des Types: „Walzen“, monogerme, triploide Hybriden ($2n \times 4n$ oder $4n \times 2n$) werden in den letzten Jahren bevorzugt. Daneben stehen aber auch noch diploide und tetraploide, frei abblühende Sorten in der Sortenliste.
2. In bäuerlichen Betrieben werden teilweise heute noch die Futterrübenblätter vorweg von Hand geerntet und verfüttert.
3. Futterrüben von unterschiedlichen Rüben-Typen: Futterzuckerrüben mit hohem Trockenmasse- und Zuckergehalt, Walzen und Pferdezähne.
4. Fruchtriebe einer tetraploiden Futterrübe im zweiten Jahr.
5. Zeichnung: oben Blüte von *Beta vulgaris*, unten Blütendiagramm (aus BAROCKA 1985).
6. Blütenstand der Futterrübe.
7. oben multigerme Samenknauel, unten monogerme Früchte.
8. Multigerme Frucht beim Auskeimen.
9. Monogerme, pillierte Samen.

Bildtafel 6.2.1.1.2 Futterrübe, Runkelrübe (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *alba* D. C. [= *Beta vulgaris* L. var. *crassa* Mansf.]



6.2.1.2 Kohlrüben und Futterkohl, *Brassica spec.*

Die Gattung *Brassica* aus der Familie der Kreuziferen (Kreuzblütler) umfasst wichtige Kulturarten. Sie unterscheiden sich in der Anzahl der Chromosomen, wie die folgende Darstellung zeigt:



Darst. 15: Verwandtschaft der kultivierten *Brassica*-Arten

(KIMBER & MCGREGOR 1995)

B. nigra = Schwarzer Senf; *B. carinata* = Abessinischer Senf; *B. juncea* = Sarepta Senf

B. oleracea = Kohl; *B. napus* = Raps; *B. rapa* = Rübsen

Von diesen Arten entwickelten sich bei *Brassica napus* (Raps) und *Brassica campestris* bzw. *B. rapa* (Rübsen)), neben einjährigen und winterannuellen Ölpflanzen, zweijährige Rüben ausbildende Formen. Nach KÖRBER-GROHNE (1987) werden Napus- und Rapa-Rüben schon bei den römischen Schriftstellern genannt. Aus dem Mittelalter (CAMERARIUS 1686) lassen sich Hinweise auf „Steckrüben, Weißrüben sowie Napus- und Rapa-Rüben“ finden.

Literatur zu *Brassica*-Rüben

BECKER-DILLINGEN, J., 1928: Die Kohlrübe und die Wasserrübe. Handbuch des Hackfruchtbaues und Handelspflanzenbaues. 153-184. Verlag Paul Parey, Berlin.

- BSA, 2003: Beschreibende Sortenliste für Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte (außer Kartoffel). Verlag A. Strohte, Hannover.
- CAMERARIUS, J., 1586: De plantis epitome utilissima. Petri Andreas Malthioli, Frankfurt
- FRANSEN, J., 1958: Breeding of Swede (*Brassica napus* var. *rapifera* L.). In: ROEMER-RUDOLF: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Bd. III. 2. Aufl. 311-326. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- GEISLER, G., 1980: Markstammkohl. In: Pflanzenbau. 380-381. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- HEINISCH, O., 1953: *Brassica*-Rüben. In: Römer et al.: Handbuch der Landwirtschaft, Bd. II. 229-236. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- KIMBER, D. und D.I.MCGREGOR 1995: Brassica Oilseeds, 3. CAB International Wallingford, UK
- KÖRBER-GROHNE, U. 1987: Raps, Schnittkohl, Kohlrübe (*Brassica napus* L.) In: Nutzpflanzen in Deutschland, 152-170. Verlag Konrad Theiss, Stuttgart
- LAMPRECHT, H., 1943: *Brassica*-Futterpflanzen. In: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Bd. 3. Verlag Paul Parey, Berlin.
- RÖBBELEN, G., 1985: Raps (*Brassica napus* L.) In: FISCHBECK, PLARRE und SCHUSTER: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. 2, 2. Auflage, 289-303. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- SCHUSTER, W., 1985: Futterkohl (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* Alef.). In: FISCHBECK, PLARRE und SCHUSTER: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. 2. 2. Aufl. 403-405. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- SCHUSTER, W., 1985: Kohlrübe (*Brassica napus* ssp. *rapifera* Sink.) und Wasser-, Stoppel- oder Herbstrübe (*Brassica campestris* ssp. *rapifera* Sinsk.). In: FISCHBECK, PLARRE und SCHUSTER: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. 2. 2. Aufl. 398-403. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- THIEMANN, A., 1953: Futterkohl (Markstammkohl, Kuhkohl, Dickstrunk) (*Brassica oleracea* L.). In: ROEMER et al.: Handbuch der Landwirtschaft. SCHEIBE, A.: Pflanzenbau, Bd. II. 469-471. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- WERNER, H., 1907: *Brassica napus* L., Kohlraps; *Brassica rapa* L. Rübsenkohl. In: Handbuch des Futterbaues 399-416. Verlag Paul Parey in Berlin
- WERNER, H., 1907: *Brassica* L., Kohl; *Brassica oleracea* L. Garten- oder Gemüsekohl. In: Handbuch des Futterbaues 390-399. Verlag Paul Parey in Berlin
- ZADE, A., 1933: Kohl- und Stoppelrüben. In: Pflanzenbaulehre für Landwirte. 503-514. Verlag Paul Parey, Berlin.

**6.2.1.2.1 Kohlrübe (*Brassica napus* ssp. *rapifera* [Metzg.] Sinsk
[= *Br. napus* var. *napobrassica* [L.] Peter])**

Wie die Darstellung 15 zeigt, ist *Br. napus* mit den Genomen AACC ein amphidiploider Bastard aus *Br. campestris* mit 10 Chromosomen und dem Genom AA und *B. oleracea* mit 9 Chromosomen und dem Genom CC. Nach der Fleisch- und Rindenfarbe werden unterschieden (nach HEINISCH, 1953):

Subvarietät	<i>communis</i>	weißfleischige Kohlrüben
	f. <i>alba</i>	mit weißer Rinde
	f. <i>pubescens</i>	mit violetter Rinde
Subvarietät	<i>ritabaga</i>	gelbfleischige Kohlrübe

Die Kohlrübe war in Nordeuropa und auf den leichten Böden in Mittel- und Westeuropa eine verbreitete Futterpflanze für den Winter. Durch die Silagefütterung hat sie jedoch stark an Bedeutung verloren.

Die Anbauggebiete der Kohlrübe liegen, wie bereits erwähnt, vorwiegend auf leichten sandigen Böden, hier bringt sie beachtliche Trockenmasseerträge.

Es werden im wesentlichen zwei Sortentypen unterschieden: hocheertragreiche weißfleischige Sorten für Futterzwecke und gelbfleischige auch für die menschliche Ernährung.

Der Ertrag wird stark von der Rübenform (Sortentyp) beeinflusst.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.2.1 von oben links:

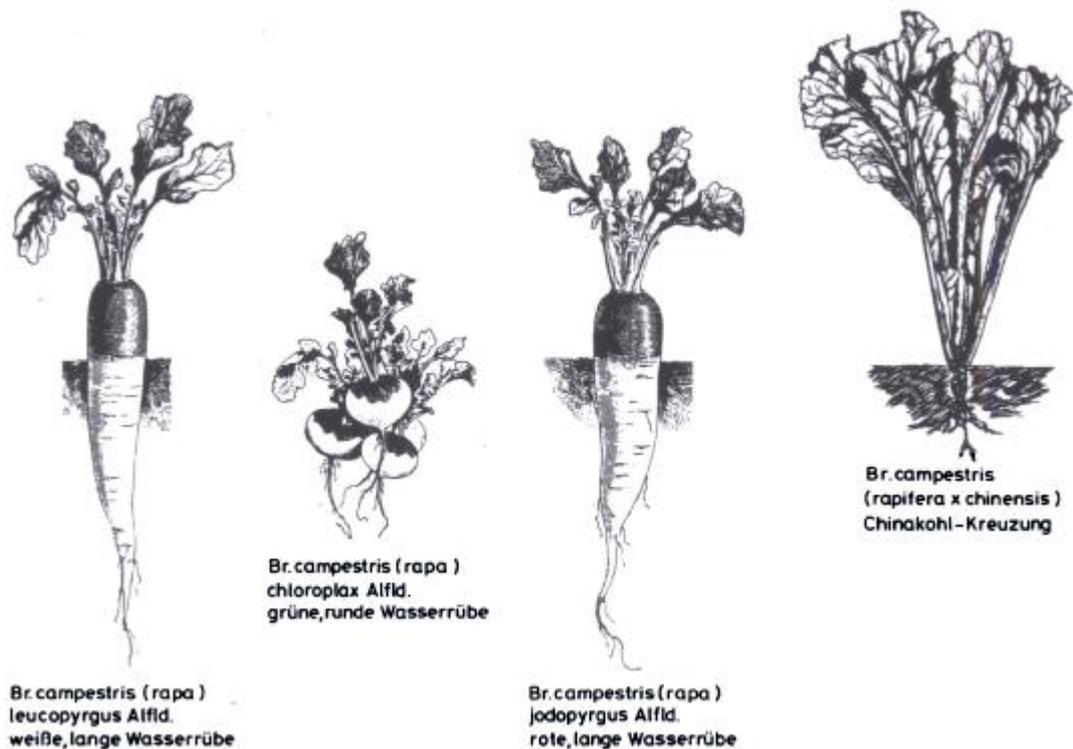
1. Kohlrüben als Zweitfrüchte nach Grünfütterroggen gesät.
2. Gepflanzte Kohlrüben nach einer früh räumenden Hauptfrucht (z.B. Pflückerbsen)
3. Gelbfleischige Kohlrüben für den menschlichen Verzehr
4. Die Kohlrübe ist nahe mit dem Raps verwandt, wie die Samenträger im zweiten Jahr...
5. und 6. ... und die Blüten erkennen lassen.
7. Reife Schoten von *Brassica napus* ssp. *rapifera*.
8. Die Samen der Kohlrübe haben ein Tausendkorngewicht um die 6 g und sehen denen des Rapses sehr ähnlich (mittellange Netzung der Samenschale).

**Bildtafel 6.2.1.2.1 Kohlrübe (*Brassica napus* ssp. *rapifera* [Metzg.] Sinsk.
[= *Br. napus* var. *napobrassica* [L.] Peter])**



6.2.1.2.2 Stoppel- Wasser- oder Herbstrübe (*Brassica campestris* ssp. *rapifera* [Metzg.] Sinsk.)

Die Stoppel- oder Wasserrübe ist noch anspruchsloser gegenüber Trockenheit und Frost als die Kohlrübe. Sie ist die zweijährige, verdickte Wurzeln ausbildende Form des Rübens *Brassica campestris*. Sie wird vorwiegend im Stoppelfruchtanbau genutzt. Die Rübenkörper variieren stark je nach Sorte und Anbaubedingungen.



Darst. 16: **Verschiedene Formen der Stoppelrübe** (aus Schuster 1985)

Auch von der Stoppelrübe gibt es gelbfleischige Formen zur Gemüsenutzung in der Humanernährung (Mairübchen). In der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes von 2003 (BSA 2003) sind 7 Sorten der Herbstrübe (*Brassica* L. var. *rapa*) eingetragen von denen 3 tetraploid ($2n = 40$) sind. Eine diploide Sorte ist gelbfleischig.

Bildtafel 6.2.1.2.2

Stoppel- Wasser- oder Herbstrübe (*Brassica campestris* ssp. *rapifera* [Metzg.] Sinsk.),

Bildlegende auf der Rückseite



Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.2.2 von oben links:

1. Die Stoppel- oder Wasserrübe ist zweijährig
2. Die Rübenkörper variieren nach Sorte und Anbaubedingungen
3. Kreuzungen mit Chinakohl (*Brassica campestris* ssp. *dimensis* (L.) Makimo x *Brassica chinensis* L.) ergeben sehr blattreiche Formen mit geringer Ausbildung des Rübenkörpers.
4. Links Rübsen (*Brassica campestris*) neben Stoppelrüben (*Br. campestris* ssp. *rapifera*).
5. Prächtige Blattentwicklung von Neuzüchtungen (Stoppelrüben x Chinakohl) nach Wintergerste, Ende Juli / Anfang August gesät.
6. und 7. Der Blütenstand und die Blüte der Stoppelrübe entsprechen dem des Rübsens (*Br. campestris*).
8. und 9. Die Samen sind je nach Sorte schwarz-braun oder mittel- bis hellbraun gefärbt mit Tausendkorngewichten von 4 bis 5 g.

6.2.1.2.3 Futterkohl (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* [D.C.] Alef.)

Die Formenmanigfaltigkeit der Art *Br. oleracea* ist sehr groß; sie reicht von Kopfkohl über die verschiedenen Gemüse- und Futterkohle bis zum Zierkohl mit verschiedenen Blattformen und -farben

Futterkohl wird vornehmlich in maritimen Gebieten als Grünfutter und zur Silagegewinnung angebaut. Je nach Sortentyp wird er als Haupt- oder Zweitfrucht nach überwinternden Zwischenfrüchten gedreht und später vereinzelt oder gepflanzt. Für diese Nutzung sind die Markstammkohle (*Br. oleracea* conv. *acephala* var. *medullosa* Thell.) mit dickem Strunk und reichlicher Beblattung am besten geeignet.

Eine weitere Nutzung liegt im Anbau nach frühräumenden Hauptfrüchten, wie Frühkartoffeln, Konservenerbsen und in günstigen Gebieten auch noch nach Wintergerste. Hierzu eignen sich allgemein Blattkohle (*Br. oleracea* conv. *acephala* var. *viridis* L.) in Drillsaat mit 2 kg/ha. Der relativ hohe Eiweißgehalt des Futterkohls macht ihn zu einem wertvollen Futter für alle Nutztiere.

In der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes von 2003 (BSA 2003) stehen 6 Sorten der var. *viridis* L. und *medullosa* Thell.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.2.3 von oben links:

1. und 2. Futterkohlsorten variieren von Blattkohl (1. links) bis zum hoch und massenwüchsigen Markstammkohl (2.). Je nach Nutzung und Anbaumöglichkeit von Hauptfruchtanbau in Direktsaat und Endablage bis zum gepflanzten Stoppelfruchtbau werden die unterschiedlichen Formen und Sorten gewählt.
3. bis 5. Auch der Futterkohl bildet wie die Kohl- und Stoppelfrüchte erst im zweiten Jahr Blütenstände und Blüten aus, die Raps und Rübsen ähnlich sind.
6. Der Samenanbau erfolgt heute meist in Herbstsaat in Gebieten mit milden Wintern (nicht unter -5°C), z.B. im Mittelmeerraum, wie hier in Griechenland.
7. Die schwarzbraunen Samen mit einer feiner genetzten Samenschale (Testa) als Raps schwanken im Tausendkorngewicht von 2 bis 4 g.

Bildtafel 6.2.1.2.3 Futterkohl (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* [D.C.] Alef.)



6.2.1.3 Futtermöhre (*Daucus carotta* L. ssp. *sativus* [Hoffmann] Hay.)

Die wilde Möhre (*Daucus carotta* ssp. *carotta*), die in ganz Europa auf trockenen Wiesen und an Wegrändern wächst, ist eine der Stammformen der kultivierten Speise- und Futtermöhren-Sorten. Nach KÖRBER-GROHNE (1987) sind unsere heute angebauten Möhren aus Kreuzungen von *Daucus carotta* ssp. *carotta* mit der Riesenmöhre *D. carotta* ssp. *maxima* aus dem Mittelmeergebiet (= Futtermöhre) und der ssp. *atrobus* (= *afghanicus*) aus Klein- und Mittelasien im frühen Mittelalter entstanden. Die Formenmanigfaltigkeit in beiden Gruppen ist sehr groß, so dass die Erträge und die Qualität im Laufe der letzten 100 Jahre stark verbessert werden konnten und somit heute leistungsfähige Sorten zur Verfügung stehen. Die Futtermöhre kann als Haupt- oder seltener als Zweitfrucht nach frühräumenden Vorfrüchten angebaut werden. Sie bevorzugt leichtere bis sandige Böden.

Literatur zur Futtermöhre (*Daucus carotta*)

- BANGA, O., 1962: Möhre (*Daucus carotta* L.). In: ROEMER und RUDORF: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Bd. VI. 2. Aufl. 1-20. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- BECKER-DILLINGEN, J., 1929: Die Karotte (*Daucus carotta* L.). In: Handbuch des Gemüsebaues. 2. Aufl. 591-621. Verlag Paul Parey, Berlin.
- GEISLER, G., 1980: Möhre (*Daucus carotta* L.). In: Pflanzenbau. 343-344. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- HEINISCH, O., 1953: Mohrrübe (Möhre) (*Daucus carotta* L.). In: ROEMER et al.: Handbuch der Landwirtschaft. 2. Aufl. SCHEIBE, A.: Pflanzenbaulehre, Bd. II. 236-243.
- KÖRBER-GROHNE, U., 1987: Möhre, Karotte, Gelbe Rübe, Wurzel (*Daucus carota* L.). In: Nutzpflanzen in Deutschland, 223-231. Verlag Konrad Theiss, Stuttgart.
- NICOLAISEN, N., 1950: Möhre (*Daucus carotta* L.). In: ROEMER und RUDORF: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Bd. V. 2. Aufl. 217-231. Verlag Paul Parey, Berlin.
- ZADE, A., 1933: Die Mohrrübe oder Möhre. In: Pflanzenbaulehr für Landwirte. 515-522. Verlag Paul Parey, Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.3 von oben links:

1. Teilbestand eines Futtermöhrenfeldes.
2. und 3. In Farbe und Form variieren die Futtermöhren stark von gelblich weiß-grau bis orange und die Form von dick keilförmig bis abgestumpft walzenartig.
4. Wilde Möhre am Wegrand.
5. bis 8. Die zur Familie der Doldengewächse (Umbelliferae) gehörende *Daucus carotta* bildet im zweiten Jahr Blütenstände und zusammengezogene Fruchtstände aus.
9. Die relativ festsitzenden Teilfrüchte sind recht unterschiedlich in Form und Färbung. Das Tausendkorngewicht schwankt zwischen 2 bis 4 g.

Bildtafel 6.2.1.3

Futtermöhre (*Daucus carotta* L. ssp. *sativus* [Hoffmann] Hay.)



6.2.1.4 Zichorie (*Cichorium intybus* L. var. *sativum* D. C.)

Die Zichorie war bereits den Römern bekannt. Die Stammform ist wahrscheinlich die in der ganzen Welt weit verbreitete ausdauernde wilde Zichorie oder Wegwarte, *Cichorium intybus* L. var. *silvestre* Bischoff. Diese wurde schon im Altertum als Arzneipflanze genutzt. Ein Inkulturnahme ist wohl im Mittelmeerraum erfolgt. Hier sind zwei Kulturformen entstanden: 1. *C. foliosum*, die Blatt- oder Salatzichorie (Chicoree), die als Salat, Gemüse und als Viehfutter genutzt wird. 2. var. *sativum* D.C. (= *C. sativus* Bischoff), die Wurzelzichorie, die aufgrund ihres Inulingehaltes als Rohstoff für die Herstellung von Diabetiker-Nahrung aber auch als Kaffeezusatz dient, indem die Wurzeln geröstet und fein vermahlen werden. Die als Wurzel- oder Industriezichorie angebaute Form, ist wie die Zuckerrübe zweijährig.

Literatur zur Zichorie (*Cichorium intybus* var. *sativum*)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1928: Zichorie (*Cichorium intybus* L.). In: Handbuch des Hackfruchtbaues und Handelspflanzenbaues 185-198. Verlag Paul Parey, Berlin.
- DESPREZ, B. L., DELE SALLE, C. OHELLEMES et M. DESPEZ, 1994: Genetique et amelioration de la chicoree industrielle. Genetics and Breeding of industrial chicory. C. R. Head. Agric. Fr. No. 7, 47-62.
- FRESE, L. und M. DAMBROTH, 1987: Research on genetic resources of inulin containing chicory (*Cichorium intybus*). Plant Breeding 99, 308-317.
- HARTMANN, T., 1998: Untersuchungen zur Jugendentwicklung und Ertrag der Wurzelzichorie (*Cichorium intybus* L. var *sativum* D. C.). Diss. Univ. Göttingen. Cuvillier Verlag, Göttingen.
- HEINISCH, O., 1953: Zichorie (*Cichorium intybus* L.). In: ROEMER, SCHEIBE, SCHMIDT, WOERMANN: Handbuch der Landwirtschaft. SCHEIBE, A.: Pflanzenbaulehre, Bd. II. 243-246. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- MARQUARD, R. und E. KROTH, 2002: Zichorie (*Cichorium intybus* L.). In: Anbau und Qualitätsanforderungen ausgewählter Arzneipflanzen, Bd. II. 185-190. Verlag Agri Media, Bergen/Dumme.
- WURL, J., 1998: Pflanzenbauliche Untersuchungen an Zichorie und Topinambur zur Erzeugung von Zuckerstoffen als Industriegrundstoffe. Dissertation, Univ. Gießen.
- ZADE, A., 1933: Zichorie (*Cichorium intybus* L. var. *sativum* Bisch.). In: Pflanzenbaulehre für Landwirte. 523-527. Verlag Paul Parey, Berlin.

Bildtafel 6.2.1.4

Zichorie (*Cichorium intybus* L. var. *sativum* D. C.),
Bildlegende auf der Rückseite



Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.4 von oben links:

1. Die Blätter der Zichorie sind langgezogen und schmaler als bei den Beta-Rüben.
2. Der in den Wurzeln gespeicherte Zucker liegt in Form von Fruktose, speziell Inulin, vor. Der Fruktosegehalt liegt bei 42 %.
3. Die Speicherorgane (Wurzeln) sind bei den heutigen (französischen) Sorten etwas kleiner als bei der Zuckerrübe . Die Anbauverfahren sind jedoch die gleichen wie bei Zuckerrüben.
4. Im zweiten Jahr bildet die Zichorie Blüten- und Fruchtstände wie die Wegwarte aus (wilde Zichorie), eine weit verbreitete Composite (Asteraceae).
5. und 6. Je nach Sorte sind die Zungenblätter der relativ kleinen Blütenkörbe hell- bis dunkelblau bis violett gefärbt.
7. Die reifen Fruchtkörbchen verlieren ihre Zungenblüten und färben sich braun.
8. Abreifende Korbblüte.
9. (rechts) Die Früchte (Achänen) sind gefurcht, keilförmig mit einem Callus-Ring und grau gefärbt mit einem Tausendkorngewicht um 6 bis 10 g.
(links) Pilliertes Saatgut, wie es für die Direktsaat zur Endablage Verwendung findet.

6.2.1.5 Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.)

Topinambur, auch als Erdbirne bezeichnet, gehört zu der vielförmigen Gattung *Helianthus* mit über 50 Arten in der großen Familie der Korbblütler (Compositae), deren Chromosomen Grundzahl $n=17$ ist. *H. tuberosus* ist einjährig, jedoch mit großen Unterschieden in Wachstum und Entwicklung von frühblühend, kurzstängelig bis nicht blühend, hochwachsend.

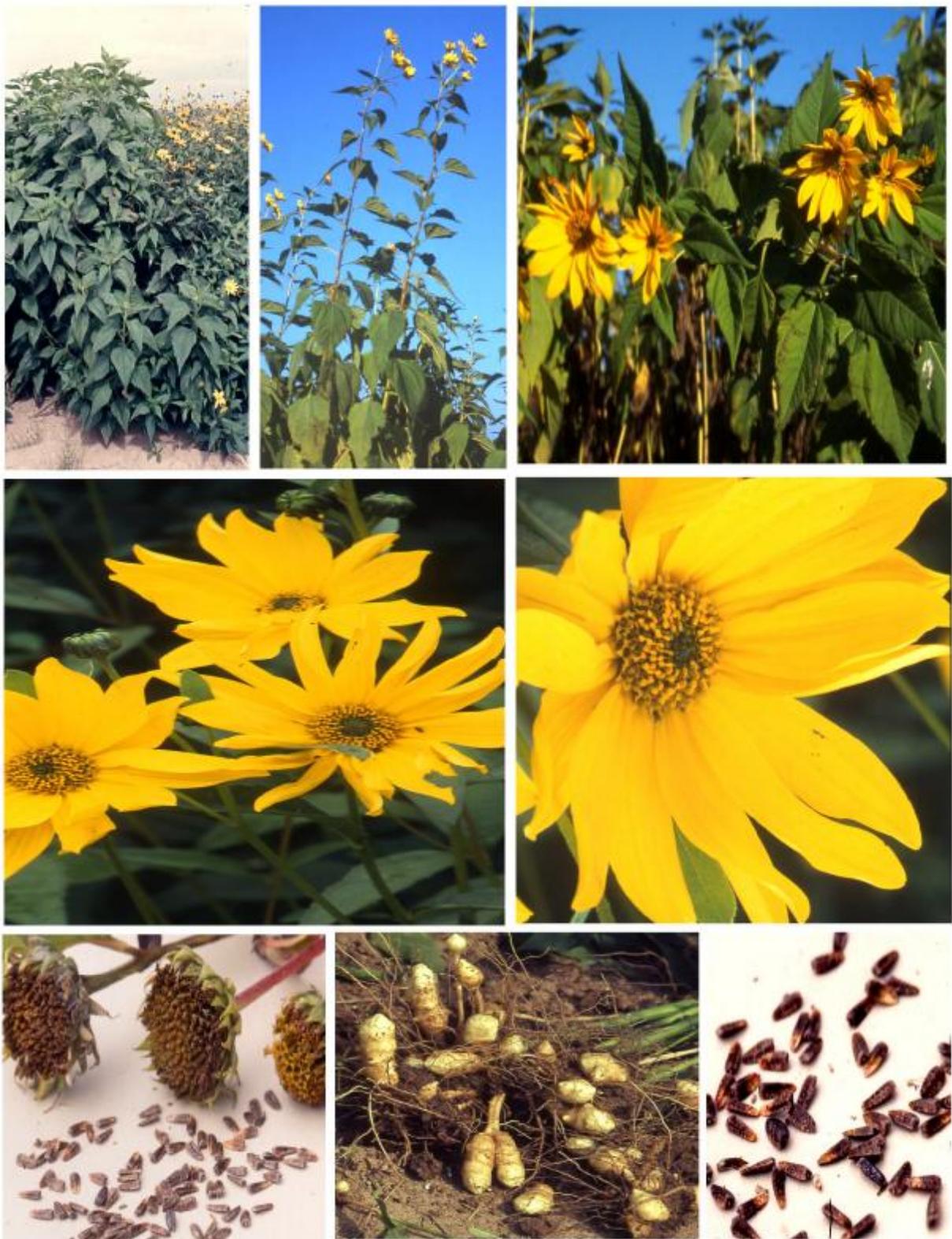
Topinambur ist im Norden der USA und in Süd-Kanada beheimatet. Es handelt sich um eine hexaploide Art ($2n=102$ Chromosomen) mit den Genomen $At_1 At_1 At_2 At_2 B B$, die aus einer Kreuzung einer autotetraploiden mit einer diploiden *Helianthus*-Art hervorgegangen ist. *H. tuberosus* ist eine Kurztagspflanze, die unter kurzer Photoperiode mehr Knollen ansetzt und früher blüht. Es wurden jedoch auch tagneutrale Typen gefunden, die unter längerer Photoperiode hohe Erträge liefern. Die Knollenerträge sind mit denen der Kartoffel vergleichbar.

Literatur zu Topinambur (*Helianthus tuberosus*)

- FRUWIRTH, C., 1922: Die Erdbirne (der Topinambur), *Helianthus tuberosus* L. In: Handbuch der landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung, Bd. III. 4. Aufl. 43-45. Verlag Paul Parey, Berlin.
- GEISLER, G., 1980: Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.). In: Pflanzenbau. 358-359. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- PÄTZOLD, Ch., 1957: Die Topinambur als landwirtschaftliche Kulturpflanze. Bundesministerium für Landwirtschaft und Forsten und AID, Bonn.
- RUDORF, W., 1958: Topinambur, *Helianthus tuberosus* L. In: ROEMER-RUDORF: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Bd. III. 2. Aufl. 327-341. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.5 von oben links:

1. Frühblühende (tagneutrale) Sorte (rechts) neben einem im langen Tag nicht blühenden Genotyp.
2. Die oberirdischen Stängel können bis zu 4 bis 5 m hoch werden...
3. ... und damit hohe Grünmasseerträge erzeugen.
4. Wegen der Blüte mit den leuchtend gelben Zungenblüten kann die Pflanze auch als Zierpflanze genutzt werden.
6. Die Früchte (Achänen) sitzen in etwa 5 cm Durchmesser großen Körbchen.
7. Die Zuchtsorten von Topinambur bilden viele dicht am Stock sitzende unregelmäßig geformte Knollen mit 1,5 bis 2,5 % Trockensubstanz und 16 bis 20 % Inulin.
8. Die grauen bis schwarzen Achänen haben ein Tausendkorngewicht von 10 bis 14 g.



6.2.1.6 Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.)

Die Kartoffel stammt aus den Andengebieten von Chile und Peru. Hier wurden Kartoffeln schon in der Zeit von 750 v.Chr. von den Inkas angebaut. Die Spanier brachten sie zwischen 1540 und 1565 nach Europa, wo sie zunächst nur Zierpflanze im Gartenbau war. Erst Anfang des 19. Jahrhunderts wurde die Kartoffel in Europa eine wichtige Nutzpflanze (KÖRBER-GROHNE, 1987).

Knollenbildende *Solanum*-Arten sind außerordentlich vielfältig: wir finden auch heute noch in den Genzentren Südamerikas unter den in ihrer Chromosomenzahl von $2n = 24, 36, 48$ bis $2n = 60$ sich unterscheidende Arten, eine große Variation in allen Merkmalen, die von der modernen Kartoffelzüchtung durch die neuen Methoden zur Verbesserung der Resistenz und Qualität sowie der Erträge genutzt werden.

Die Kartoffel ist von Natur aus eine Kurztagpflanze, die erst durch Selektion auf Tagneutralität und Anpassung an die Langtagsbedingungen in Europa wachsen und die heutige Bedeutung als Nahrungs-, Futter- und Industriepflanze erlangen konnte.

In der Sortenliste von 2003 (BSA, 2003) stehen 164 Sorten mit den unterschiedlichsten Eigenschaften, die sie für die verschiedenen Anbaubedingungen und Nutzungen geeignet machen. Das Bundessortenamt unterscheidet in der Beschreibenden Sortenliste für Kartoffeln (BSA, 2003) folgende Reifegruppen sowie Koch- und Speiseeigenschaften:

Reife- und Eigenschaftsgruppen:			
I. Sehr frühe Sorten a) Speisesorten b) Wirtschaftssorten	I. Frühe Sorten a) Speisesorten b) Wirtschaftssorten	I. Mittelfrühe Sorten a) Speisesorten b) Wirtschaftssorten	II. Mittelspäte bis sehr späte Sorten a) Speisesorten b) Wirtschaftssorten
Koch- und Speiseeigenschaften:			
Kochtypen: festkochend (f), vorwiegend festkochend (vf), mehligkochend (m), Wirtschaftssorten (w)	Fleischfarbe: gelb (g), hellgelb (hg), weiß (w)	Eignung für: Chipsherstellung (Ch), Hitzesterilisierte Kartoffel (H.st.), Pommes frites (Po.fr.), Trockenkartoffel (Tr.)	

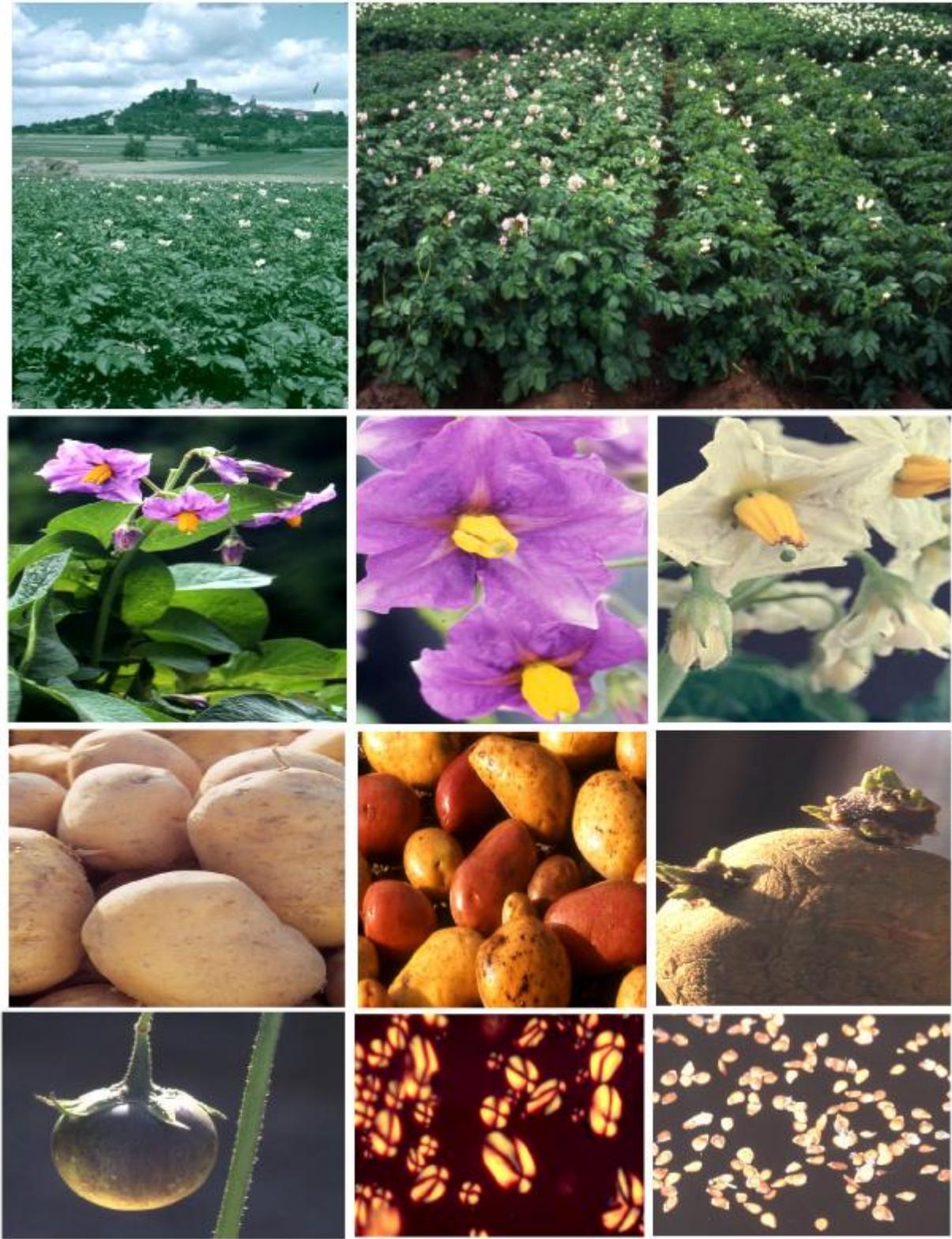
Seit 1950 war der Kartoffelanbau ständig rückläufig. Lediglich in kleinbäuerlichen Betrieben war er gleich geblieben. Durch die Züchtung auf hohe Qualität für die menschliche Ernährung und die industrielle Nutzung sowie auf Resistenz gegen Krankheiten konnte der Anbau auch in Deutschland wieder gesteigert werden.

Literatur zu Kartoffel (*Solanum tuberosum*)

- BROUWER, W. und K. CAESAR, 1976: Die Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.). In: BOUWER: Handbuch des speziellen Pflanzenbaues, Bd. 2. 1-187. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- FRUWIRTH, C., 1922: Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.). In: Handbuch der landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung, Bd. III. 4. Aufl. 5-43. Verlag Paul Parey, Berlin.
- GEISLER, G., 1980: Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.). In: Pflanzenbau. 344-358. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- KLAPP, E., 1953: Kartoffelbau. In: ROEMER et al.: Handbuch der Landwirtschaft. SCHEIBE, A.: Pflanzenbaulehre, Bd. II. 143-197. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- Körber-Grohne, U., 1987: KARTOFFEL (*Solanum tuberosum* L.). In Nutzpflanzen in Deutschland, 140-148. Verlag Konrad Theiss, Stuttgart.
- MARCUS, A., 1943: Kartoffel. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 804-806. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.
- PUTZ, B., 2000: Kartoffeln. In: LÜTKE ENTRUP UND ÖEHNICHEN: Lehrbuch des Pflanzenbaues. 481-512. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- ROSS, H., 1985: Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.). In: FISCHBECK, PLARRE und SCHUSTER: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, Bd. 2, 2. Aufl., 211-288. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- RUDORF, W. und Mitarbeiter, 1958: Kartoffel. In: ROEMER-RUDORF: Handbuch der Pflanzenzüchtung, Bd. III. 2. Aufl. 1-195. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- SCHÜTT, P., 1972: Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.). In: Weltwirtschaftspflanzen. 68-75. Verlag Paul Parey, Berlin.
- ZADE, A., 1933: Die Kartoffel. In: Pflanzenbaulehre für Landwirte. 408-456. Verlag Paul Parey, Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.6 von oben links:

1. Kartoffelbau im kleinbäuerlichen Betrieb in Hessen.
2. Sortenunterschiede in einem Wertprüfungs-Anbau.
3. Nicht alle Sorten bilden Blüten und Früchte aus.
4. und 5. Die blühende Kartoffel mit ihren verschiedenen, leuchtenden Farben könnte auch als Zierpflanze dienen.
6. Rund-ovale bis lang-ovale Knollen mit glatter Schale und flachliegenden Augen sind für Speisezwecke erwünscht.
7. Die Variabilität der Knollenausbildung in Form und Färbung ist sehr groß. Neuerdings sind rot- und blauschalige Typen, auch solche mit gelber Knollenfarbe und roten Augen, im Anbau.
8. Unter Lichteinfluss und wärmeren Temperaturen bildet die Kartoffel sortenspezifisch in Form und Färbung unterschiedliche „Lichtkeime“ aus. Dies wird für die Unterscheidung der Sorten (Sortenregister) und für den Anbau von frühreifenden Frühkartoffeln genutzt.
9. Die Frucht ist eine Beere mit einer großen Zahl von unregelmäßig ovalen, deutlich behaarten Samen (etwas verkleinert), die in der Kartoffelzüchtung benötigt werden.
10. Die in der Größe stark variierenden Stärkekörner der Kartoffel zeigen im polarisierten Licht unter dem Mikroskop eine typische bunte Färbung (etwa 10fach vergrößert).



6.2.1.7 Süßkartoffel, Batate (*Ipomoea batatas* [L.] Poir. in Lam.)

Die Süßkartoffel stellt in vielen Regionen der Tropen und Subtropen ein Grundnahrungsmittel dar (FUCHS 1980). Im Weltanbau der knollenbildenden Pflanzen steht sie mit einer Produktion von ca. 120 Mio. t/Jahr an dritter Stelle hinter Kartoffeln und Maniok. Batate wird gekocht oder gebraten in frischem Zustand verzehrt oder es wird daraus Mehl, Stärke, Sirup oder Alkohol hergestellt. Grüne Pflanzenteile können als Viehfutter verwendet werden.

Ipomoea batatas gehört zu Familie der *Convolvulaceae* (Windengewächse). Sie ist die einzige von etwa 400 Arten, der Gattung *Ipomoea* die essbare Knollen bildet. Batate hat einen hexaploiden Chromosomensatz von $2n = 90$ und stammt wahrscheinlich von der gleichfalls hexaploiden *Ipomoea trifida* ab. Das Entstehungszentrum liegt im tropischen Amerika. Entsprechend ihrer Herkunft benötigt sie für hohe Knollenerträge kurze Tageslängen und eine feuchtwarme Witterung mit etwa 25°C Luft- und 20°C Bodentemperatur. Nach Schütt (1971) weisen die frischen Knollen folgende Haupt-Inhaltsstoffe auf (Angaben in %):

Wasser	60-80	Stärke	8-22	Fett	0,5-1,0
Zucker	2-34	Protein	0,8-2,0	Pektin	ca. 9

Literatur zu Süßkartoffel (*Ipomoea batatas* L. Poir.)

- BRÜCHER, H., 1977: Batate, *Ipomoea batatas* [L.] Poir. In: Tropische Nutzpflanzen. 118-124. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.
- FUCHS, A., 1980: Batate, Süßkartoffel (*Ipomoea batatas* L. Lam.). In: Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen, Bd. IV. 267-271. Verlag S. Hirzel, Leipzig.
- FRANKE, G., 1977: Batate (*Ipomoea batatas*). In: Früchte der Erde. 75-77. Prisma Verlag, Gütersloh.
- FRANKE, W., 1976: *Ipomoea batatas* (L.) Poir. Süßkartoffel, Batate, Sweet Potato. In: Nutzpflanzenkunde. 64-67. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- MARCUS, A., 1943: Batate. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 796-799. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.
- PLARRE, W.: Batate (Süßkartoffel). In: REHM, S.: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen. In: Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern, Bd. 4. 2. Aufl. 105-114. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- REHM, S. und G. ESPIG, 1983: Batate. In: Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. 2. Aufl. 48-50. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SCHÜTT, P., 1972: Batate (Süßkartoffeln) (*Ipomoea batatas* Poir.). In: Weltwirtschaftspflanzen. 75-78. Verlag Paul Parey, Berlin.
- TOBLER, F. und H. ULBRICHT, 1945: Bataten. In: Koloniale Nutzpflanzen. 2. Aufl. 28-29. Verlag S. Hirzel, Leipzig.

Bildtafel 6.2.1.7

Süßkartoffel, Batate (*Ipomoea batatas* [L.] Poir. in Lam.),
Bildlegende auf der Rückseite



Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.7 von oben links:

1. Die spitz herzförmigen, teilweise dreiteilig gelappten Laubblätter an rankenden Stielen bilden ein dichtes Dach.
2. und 3. In Töpfen an Stöcken hochgezogene Batatepflanzen.
4. Sproß in der „Tuberization“: an den unteren Blattknoten bilden sich Faserwurzeln und ovale bis langovale Knollen (Zeichnung aus (FRANKE 1977))
5. Knolle und Nährwurzeln aus einem Topfanbau. Die einzelnen Knollen erreichen Gewichte von 0,1 bis 1,0 kg; sie sind je nach Sorte weiß, gelb oder rot gefärbt.
6. und 7. Verschieden geformte Knollen (verdickte Wurzeln) unterschiedlicher Sorten.
8. Die Süsskartoffel bildet unter entsprechenden Anbaubedingungen einzeln an langen Stielen sitzende trichterförmige Blüten und unregelmäßig runde schwarzbraune Samen.

6.2.1.8 Yam, *Dioscorea spec.*

Die Gattung *Dioscorea* aus der Familie der *Dioscoreaceae* (Monokotyledonen) umfasst etwa 250 Arten, von denen etwa 10 in den Tropen und Subtropen der ganzen Welt angebaut werden. Es sind meist einjährige Kletterstauden mit dünnen Stängeln und keulenförmigen Wurzel- oder Sprossknollen, die bei einigen Arten bis zu 20 kg wiegen können. Manche Arten bilden essbare, stärkereiche Sprossknollen, die bis Apfelgröße erreichen. Sie können als vegetative Vermehrungsorgane dienen oder wie Kartoffeln als Nahrungsmittel und Futter genutzt oder zu Stärkemehl verarbeitet werden.

Die Yam-Arten stammen wahrscheinlich aus ganz unterschiedlichen Gebieten, wie die Tropen Amerikas, Chinas und Afrikas. Dort wurden sie seit alters her in Kultur genommen. *Dioscorea*-Arten benötigen zu einem ertragreichen Anbau Temperaturen von 25 bis 30 °C und Niederschläge von 800 bis 1000 mm. Die Erträge können je nach Wachstumsbedingungen 80 bis 300 dt/ha betragen. Die Kultur erfordert viel Handarbeit.

Unter günstigen klimatischen Verhältnissen werden zweihäusige (diözische) oder auch einhäusige (monözische) kleine, unscheinbare Blüten gebildet, die in lockeren Trauben stehen und nur wenige Samen hervorbringen. Viele Arten blühen überhaupt nicht. Die Vermehrung erfolgt ausschließlich vegetativ.

Die Hauptanbauggebiete liegen in Nigeria, Elfenbeinküste, Ghana und Togo. Die Weltproduktion beträgt nach FAO etwa 28 Mio. t, davon etwa 26 Mio. t in Afrika.

Literatur zu Yam-Arten (*Dioscorea spec.*)

- BRÜCHER, H., 1977: Yam (*Dioscorea*). In: Tropische Nutzpflanzen. 107-118. Verlag Springer, Berlin.
- DE BRUIJN, G. H., 1989: Yam. In: REHM, S.: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 114-124. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- FRANKE, G. et al., 1977: Yam (*Dioscorea*-Arten). In: Früchte der Erde. 77-78. Prisma Verlag, Gütersloh.
- FRANKE, W., 1976: *Dioscorea*, Yam. In: Nutzpflanzenkunde. 69-70. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- KAY, D. E., 1973: Root Crops. Trop. Prod. Inst., London.
- MARCUS, A., 1943: Yams. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 793-796. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.
- REHM, S. und G. ESPIG, 1976: Yam. In: Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. 2. Aufl. 51-54. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

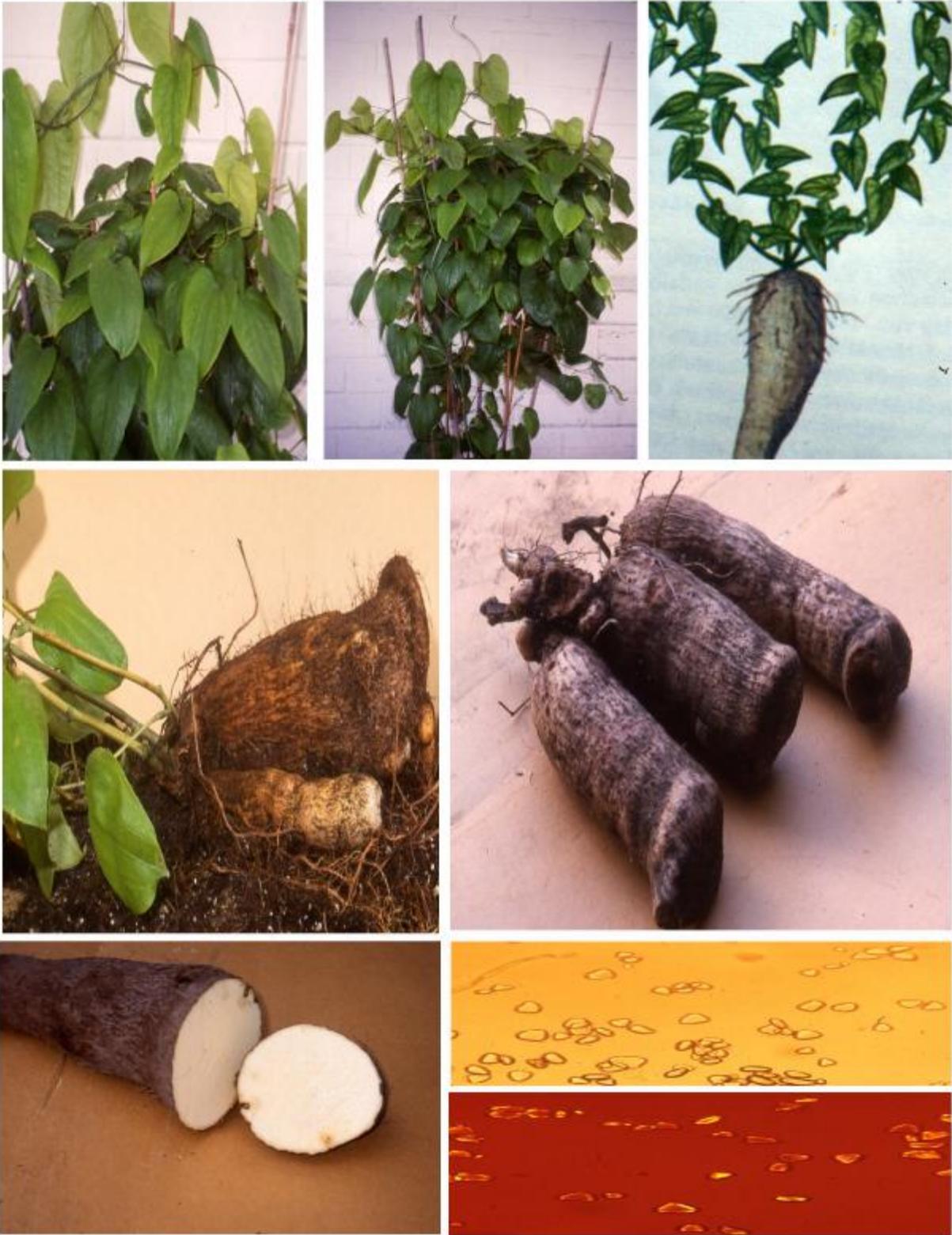
6.2.1.8.1 Wasseryam (*Dioscorea alata* L.)

Dioscorea alata, der Wasseryam, auch Großer Yam genannt, ist in der Welt am weitesten verbreitet, von Indien bis Polynesien, Westindien und Afrika. Er stammt aus Südwestasien. *D. alata* bringt die höchsten Knollenerträge. Die einzelnen Knollen können bis zu 60 kg schwer werden.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.8.1 von oben links:

1. und 2. Der ertragreiche Wasseryam, auch Großer Yam, hat rechtswindende Triebe, sie sind reich mit mittelgroßen, spitz herzförmigen Blättern besetzt.
3. Aus dem Rhizom (Knolle) entwickeln sich einjährige Triebe (Zeichnung aus G. FRANKE 1977).
4. Die Knollen sind je nach Wachstumsbedingungen sehr unterschiedlich in Form und Größe: walzen- bis keulenförmig
5. Die unregelmäßig geformten Knollen erreichen in Westafrika ein Gewicht von 5 bis 10 kg.
6. Schnitt durch eine spindelförmige, 60 cm lange und am Kopfende 12 cm dicke Knolle.
7. Die Yam-Wurzel besteht zu über 90 % der Trockensubstanz aus Kohlenhydraten, davon sind 98 bis 99 % Stärke. Stärke von Wasseryam etwa 10fach vergrößert.
8. Stärkekörner im polarisierten Licht.

Bildtafel 6.2.1.8.1 Wasseryam (*Dioscorea alata* L.)



6.2.1.8.2 Weißer Yam (*Dioscorea rotundata* Poir.)

Der Weiße Yam ist in Westafrika beheimatet. Von dort hat er sich die größte Anbaufläche in Afrika und Westindien von allen Yam-Arten erobert. Diese Art ist an Savannengebiete mit langen Trockenzeiten angepasst. Die Knollenerträge schwanken zwischen 4 und 20 t/ha.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.8.2 von oben links:

1. Junge Pflanze von *Dioscorea rotundata* vorm Auspflanzen.
2. Die windende, schwach belaubte Pflanze ist rechtsdrehend.
3. Die Triebe erreichen eine Länge von mehreren Metern. Die Blätter sind lederartig, meist herzförmig mit deutlicher Rippung.
4. Die Knollen sind in der Jugend unregelmäßig rundlich und weiß gefärbt.
5. Später werden sie zylindrisch und
6. ... oft mit Einschnürungen. Sie erreichen Gewichte von 2 bis 5 kg.
7. Schnitt durch eine reife Knolle.
8. Die Stärkekörner sind unregelmäßig in Form und Größe.

Bildtafel 6.2.1.8.2 Weißer Yam (*Dioscorea rotundata* Poir.)



6.2.1.8.3 Asiatischer Yam (*Dioscorea esculenta* [Laur.] Burk)

Der Asiatische Yam, auch Chinesischer oder Kleiner Yam genannt, ist in Indochina und im Pazifik beheimatet. Das Hauptanbaugebiet liegt in Indien bis Polynesien.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.8.3 von oben links:

1. bis 3. Die Triebe von *Dioscorea esculenta* sind linkswindend und die Blätter oval bis breit herzförmig.
4. und 5. Blüten und Samen werden selten gebildet, dafür häufiger bis faustgroße Luftknollen, die der Vermehrung dienen, aber auch gegessen werden.
6. und 7. Die 5 bis 20 gut schmeckenden Knollen einer Pflanze sind meist klein und haben eine unregelmäßige, ovale Form. Die zahlreichen Nährwurzeln sind oft mit Dornen besetzt.
8. Schnitt durch etwa 3 cm dicke Knollen von *Dioscorea esculenta*.
9. Stärkekörner von *Dioscorea esculenta* (etwa 10fach vergrößert).

Bildtafel 6.2.1.8.3 Asiatischer Yam (*Dioscorea esculenta* [Laur.] Burk)



6.2.1.8.4 Gelber Yam (*Dioscorea cayenensis* Lam.)

Der Gelbe Yam stammt aus Westafrika. Er wird dort in den Waldgebieten mit reichlichen Regenfällen sowie in Westindien und dem nördlichen Südamerika angebaut. *Dioscorea cayenensis* ist *Dioscorea rotundata*, dem Weißen Yam, in vielen Merkmalen ähnlich.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.8.4 von oben links:

1. und 2. Die einjährigen, dünnen Triebe drehen links und werden mehrere Meter lang.
3. Die herzförmigen, dunkelgrünen, mittelgroßen Blätter sind häufig ledrig verdickt.
4. Die Knollen sind in der Jugend rundlich und gelb gefärbt (im Bild links); später werden sie länglich walzenförmig.
5. Es werden meist 4 bis 6 walzenförmige, mittelgroße Knollen je Pflanze gebildet.
6. Das Fruchtfleisch ist gelblich weiß gefärbt und die Knollenschale dünn.
7. Die rundlichen Stärkekörner sind mittelgroß (etwa 10fach vergrößert).

Bildtafel 6.2.1.8.4 Gelber Yam (*Dioscorea cayenensis* Lam.)



6.2.1.8.5 Kartoffel-Yam (*Dioscorea bulbifera* L.)

Kartoffel-Yam stammt aus dem Tropen Asiens und Afrikas und wird in Süd- und Südostasien, Afrika und Nordaustralien, sowie in Mittel- und Südamerika kultiviert.

Außer den hier beschriebenen *Dioscorea*-Arten nennen REHM und ESPIG (1976) noch weitere in Kultur befindliche Arten:

- *D. abyssinica* Höchst, in Äthiopien beheimatet und dort sowie in Ostafrika angebaut.
- *D. dumetorum* [Kunth] Pase, stammt aus Afrika und wird dort weit verbreitet angebaut.
- *D. hispita* Dennst., die Heimat und das jetzige Anbaugebiet ist Indien und Südostasien.
- *D. japonica* Thumb., aus Japan, dort und auch in China angebaut.
- *D. nummularia* Lam., in Südostasien beheimatet und in Indonesien sowie Ozeanien verbreitet angebaut.
- *D. oppositifolia* L., aus China, in ganz Ostasien angebaut.
- *D. pentaphylla* L., in Südostasien beheimatet, im pazifischen Raum angebaut.
- *D. trifida* L., aus dem nördlichen Südamerika, kultiviert in Zentralamerika und Westindien.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.8.5 von oben links:

1. Jungpflanzen aus unterirdischen Knollen entwickelt, vor der Auspflanzung.
2. *D. bulbifera* entwickelt lange, rankende, dünne Triebe, die an Gerüsten gezogen werden.
3. Die Blätter sind breit herzförmig und stark gerippt. In den Blattachseln entwickeln sich essbare Luftknollen(Bulbillen)...
4. ...mit einem Gewicht von 0,5 bis 2,0 kg.
5. Schnitt durch eine junge Luftknolle. Die Knollen der meisten Sorten müssen vor dem Verzehr länger gewässert oder gekocht werden, um die Bitterstoffe zu entfernen.
6. Die Stärkekörner (etwa 10fach vergrößert) sind unregelmäßig und verhältnismäßig groß.

Bildtafel 6.2.1.8.5 Kartoffel-Yam (*Dioscorea bulbifera* L.)



6.2.1.9 Maniok, Cassava (*Manihot esculenta* Crantz [= *M. utilissima* Pohl])

Maniok, auch Cassava genannt, ist im Amazonasgebiet beheimatet, in dem auch heute noch viele Wildformen vorkommen. Als Kulturpflanze wird Maniok weltweit in feucht-tropischen Regionen angebaut. In der Gruppe der Welt-Nahrungspflanzen steht er mit einer jährlichen Produktion von etwa 80 Mio. t Knollen an sechster Stelle; Hautanbauländer sind Brasilien, Thailand und Indonesien.

Manihot esculenta ist ein mehrjähriger Strauch von bis zu 4 m Wuchshöhe. Er bildet verdickte Wurzeln mit hohen Stärkegehalten aus, in denen aber auch das cyanogene Glucosid Linamarin, aus dem enzymatisch Blausäure freigesetzt werden kann, in Konzentrationen von 50 bis 100 mg/kg Frischmasse enthalten ist. Die Pflanzenzüchtung ist somit auch bemüht den Glucosidgehalt zu reduzieren oder vollständig zu eliminieren

Das Erntegut besteht aus mittelgroßen Knollen, von denen etwa 60 bis 80 t/ha geerntet werden und die in der Trockenmasse ca. 92 % Stärke und etwas Zucker, 2,6 % Rohprotein und 0,5 % Rohfett enthalten. Die Knollen werden nach Entbitterung ähnlich wie Kartoffeln frisch verzehrt oder sie werden zu Mehl verarbeitet. Ein spezielles Produkt ist die Tapioka-Stärke (sagoähnliche Kugeln), die durch Erhitzen der feuchten Stärke entsteht. Die jungen Eiweißreichen Blätter werden teilweise als Gemüse genutzt.

Literatur zu Maniok (*Manihot esculenta*)

- BRÜCHER, H., 1977: *Manihot esculenta* Crantz, Maniok, Cassava. In: Tropische Nutzpflanzen. 124-133. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.
- FRANKE, G. et al., 1977: Maniok (*Manihot esculenta*). In: Früchte der Erde. 73-75. Prisma Verlag, Gütersloh.
- FRANKE, W., 1976: *Manihot esculenta* Crantz. In: Nutzpflanzenkunde. 67-69. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- FUCHS, A., 1980: Maniok (*Manihot*-Arten). In: Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen, Bd. IV. 272-274. Verlag S. Hirzel, Leipzig.
- KAY, D. E., 1973: Root Crops. Trop. Prod. Inst., London.
- LEIHNER, D. E., 1989: Maniok. In: REHM, S.: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 93-105. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- MARCUS, A., 1943: Maniok. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 787-792. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.
- SCHÜTT, P., 1972: Maniok (Kassave) (*Manihot esculenta* Crantz). In: Weltwirtschaftspflanzen. 79-82. Verlag Paul Parey, Berlin.
- TOBLER, F. und H. ULBRICHT, 1945: Maniok. In: Koloniale Nutzpflanzen. 2. Aufl. 25-28. Verlag S. Hirzel, Leipzig.

Bildtafel 6.2.1.9

Maniok, Cassava (*Manihot esculenta* Crantz
[= *M. utilissima* Pohl]), Bildlegende auf der Rückseite



Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.9 von oben links:

1. Maniok ist ein ausdauerndes Wolfsmilchgewächs (Familie der Euphorbiaceae), das Wuchshöhen von 1,5 m bis 4 m erreicht.
2. Die Anbaubestände bilden ein dichtes Blätterdach.
3. Die handtellergroßen Blätter sind fünffingerig und stehen an langen Stielen. An den Spitzentrieben bilden sich bei den meisten Sorten Blütenstände mit getrennten männlichen und weiblichen Blüten.
4. Die Blätter sind sortentypisch von hellgrün, dunkelgrün bis violett gefärbt und weisen relativ hohe Cyangehalte (HCN) von 200 bis 800 mg je kg Frischmasse auf.
5. An den im Boden befindlichen Nodien bilden sich acht bis zwölf verdickte Wurzelknollen, die 20 bis 50 cm lang und 5 bis 15 cm dick werden können (aus FRANKE et al. 1977).
6. Die Knollen sind rotbraun bis weißgrau gefärbt...
7. ... und mit Mark gefüllt, das von einer festen Schale umgeben ist. Der Stärkegehalt liegt zwischen 25 und 35 % und der Eiweißanteil bei 0,5 bis 1,5 %.
8. Die glänzenden, etwa 1 cm langen und 0,5 cm breiten Samen sitzen je drei in geschlossenen Fruchtkapseln.
9. Fruchtkapseln, teilweise geöffnet

6.2.1.10 Taro, Coco-Yam (*Colocasia esculenta* [L.] Schott [=*C. antiquorum* Schott])

Colocasia esculenta gehört zur Familie der Aronstabgewächse (*Araceae*) und ist eine der ältesten Nutzpflanzen; er wurde bereits um 10 000 v. Chr. in Südchina kultiviert. Der Taro stammt aus Ostasien und Polynesien und ist heute in den feuchten Tropen der ganzen Welt zu finden, jedoch ist die Bedeutung dieser Art deutlich geringer als die von Süßkartoffeln und Maniok.

Die einzelnen Hauptknollen können ein Gewicht bis zu 4 kg erreichen; es können Maximalerträge bis zu 36 t/ha erzielt werden, die Durchschnittserträge liegen jedoch bei 5 bis 8 t/ha.

Literatur zu Taro (*Colocasia esculenta*)

- BRÜCHER, H., 1977: *Colocasia esculenta* (L.) Schott; Taro. In: Tropische Nutzpflanzen. 134-137. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.
- FRANKE, G., 1977: Taro (*Colocasia esculenta*). In: Früchte der Erde. 78-79. Prisma Verlag, Gütersloh.
- FRANKE, W., 1976: *Colocasia esculenta* (L.) Schott var *antiquorum*, Taro. In: Nutzpflanzenkunde. 77-78. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- KAY, D. E., 1973: Root Crops. Trop. Prod. Inst., London.
- MARCUS, A., 1943: Taro. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 800-803. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.
- PLARRE, W., 1989: *Araceae, Colocasia esculenta*, Taro. In: REHM, S.: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 133-136. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- TOBLER, F. und H. ULBRICHT, 1945: Taro. In: Koloniale Nutzpflanzen. 2. Aufl. 31-33. Verlag S. Hirzel, Leipzig.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.10 von oben links:

1. Teilbestand mit dichtem Blattwerk
2. Aus einer gestauchten Achse entspringen mehrere herzförmige Blätter an langen Stielen.
3. Die Blätter sind schildförmig und setzen mit dem Stiel jeweils im ersten Drittel der Blattspreite an. Die Formenmannigfaltigkeit von Taro ist sehr groß.
4. und 5. Es können bei einigen Formen an der Mutterknolle zahlreiche Nebenkollen gebildet werden, die besonders zart und wohlschmeckend sind.
6. und 7. Die Hauptknollen (Zeichnungen aus FRANKE, G., 1977 und FRANKE, W. 1976) können mehrere Kilogramm schwer werden und enthalten 15 bis 26 % Stärke, 1 bis 3 % Eiweiß und 0,5 bis 1,8 % Zucker.
8. Blüten- und Samenbildung ist bei *Colocasia esculenta* sehr selten; sie kann durch Gibberelinsäure ausgelöst werden, Samen von Taro mit einem Tausendkorngewicht von 10 bis 15 g.

Bildtafel 6.2.1.10

Taro, Coco-Yam (*Colocasia esculenta* [L.]
Schott [= *C. antiquorum* Schott])



6.2.1.11 Tania, Coco-Yam (*Xanthosoma sagittifolium* [L.] Schott)

Tania, die auch wie Taro als Coco-Yam bezeichnet wird, stammt aus dem südamerikanisch-karibischen Raum, von dort hat sie sich weltweit verbreitet. Die Knollenerträge liegen zwischen 5 und 8 t/ha, bis zu 37 t/ha sollen möglich sein.

Die Art *Xanthosoma sagittifolium* gehört ebenfalls zu den Aronstabgewächsen (*Araceae*).

Literatur zu Tania (*Xanthosoma sagittifolium*)

BRÜCHER, H., 1977: *Xanthosoma sagittifolium* [L.] Schott. In: Tropische Nutzpflanzen. 137-139. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.

FRANKE, G., 1977: Tania (*Xanthosoma sagittifolium*). In: Früchte der Erde. 79-80. Prisma Verlag, Gütersloh.

FRANKE, W., 1976: *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott, Tania. In: Nutzpflanzenkunde. 77-78. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.

KAY, D. E., 1973: Root Crops. Trop. Prod. Inst., London.

PLARRE, W., 1989: *Xanthosoma sagittifolium*, Tan(n)ia. In: REHM, S.: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 136. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.11 von oben links:

1. Guter Bestand von *Xanthosoma* unter feuchtwarmen Klimabedingungen.
2. *Xanthosoma sagittifolium* ist im oberirdischen Teil der *Colocasia esculenta* sehr ähnlich.
4. Die Blattstiele setzen bei Taro jedoch am Blattgrund an, während sie bei Tania etwa im unteren Drittel bis zur Mitte der Blattspreite beginnen.
5. Neben einer Hauptknolle bilden sich viele Nebenknollen (Zeichnung aus FRANKE G., 1977).
6. Die Einzelpflanze hat eine starke Durchwurzelung mit Nährwurzeln und bildet reichlich junge Tochterknollen, die für die menschliche Ernährung bevorzugt werden.
7. Der Stärkegehalt der ausgereiften Knollen liegt bei 17 bis 35 %, dazu kommen 1,3 bis 3,7 % Eiweiß in der Frischmasse.



6.2.1.12 Pfeilwurz (*Maranta arundinacea* L.)

Maranta arundinacea ist, wie Taro und Tania, eine einkeimblättrige Pflanze. Sie gehört als einzige Kulturart zu Familie der *Marantaceae*, Sie wird hauptsächlich in der Karibik und auf den Bermudas angebaut. Pfeilwurz bildet 1 bis 2 m hohe Bestände mit einjähriger Vegetationszeit (11 bis 12 Monate).

Literatur zu Pfeilwurz (*Maranta arundinacea*)

BRÜCHER, H., 1977: *Maranta arundinacea* L., Pfeilwurz. In: Tropische Nutzpflanzen. 142-143. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.

FRANKE, G., 1977: Pfeilwurz (*Maranta arundinacea*). In: Früchte der Erde. 80. Prisma Verlag, Gütersloh.

FRANKE, W., 1976: *Maranta arundinacea* L., Pfeilwurz. In: Nutzpflanzenkunde. 76-77. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.

KAY, D. E., 1973: Root Crops. Trop. Prod. Inst., London.

MARCUS, A., 1943: Pfeilwurz. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 807-809. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.

TOBLER, F. und H. ULBRICHT, 1945: Pfeilwurz. In: Koloniale Nutzpflanzen. 2. Aufl. 33-34. Verlag S. Hirzel, Leipzig.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.12 von oben links:

1. Im Anbau wachsen dichte Bestände heran...
2. ... durch ihre starke Blattbildung.
3. Die Blätter sind zweizeilig angeordnet...
4. ... und entspringen direkt am Wurzelstock (Zeichnung aus FRANKE, G., 1977).
5. Die Pflanzen sind stark bewurzelt und dadurch relativ trockenresistent; ährenförmige Blütenstände werden selten ausgebildet.
6. Die spindelförmigen Knollen entwickeln sich aus der Stängelbasis an längeren Stelonen
7. Die 25 bis 45 cm langen, schuppigen Rhizomknollen enthalten 20 bis 25 % Stärke, 0,5 bis 1 % Fett und 1 bis 1,5 % Eiweiß (Zeichnung nach FRANKE, G., 1977). Aus ihnen wird eine feinkörnige Stärke für Diät- und Kindernahrung gewonnen.

Bildtafel 6.2.1.12 Pfeilwurz (*Maranta arundinacea* L.)



6.2.1.13 Knollensauerklee, Oka (*Oxalis tuberosa* Mol.)

Oxalis tuberosa wurde schon vor den Spaniern von den Indianern in Südamerika kultiviert. Auch heute wird Oka in einigen Regionen der Anden ((Chile, Bolivien, Kolumbien) bis auf 4 000 m Höhe angebaut. Die Eingeborenen verwenden die stärkereichen und zuckerhaltigen Knollen wie Kartoffeln.

Ein naher Verwandter des Oka ist der in Europa heimische Glücksklee (*Oxalis deppei* bzw. *O. tetraphylla*) mit meist vierzähligen Blättern.

Literatur zu Knollensauerklee (*Oxalis tuberosa*)

BRÜCHER, H., 1977: *Oxalis tuberosa* Molina. In: Tropische Nutzpflanzen. 144-145. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.

FRANKE, W., 1976: *Oxalis tuberosa* Molina, Oka. In: Nutzpflanzenkunde. 71. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.

KAY, D. E., 1973: Root Crops. Trop. Prod. Inst., London.

PLARRE, W., 1989: *Oxalis tuberosa* Mol., Knollensauerklee, Oka. In: REHM, S.: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 137. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

REHM, S. und G. ESPIG, 1984: Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. 2. Aufl., 137. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.13 von oben links:

1. Oka Pflanzen.
2. Die an kräftigen Stängeln sitzenden Blätter von Oka sind wie bei *Trifolium* meist dreizählig.
3. An oft an der Basis verdickten Stängeln bilden sich etwa 5 cm lange, unregelmäßig lang-ovale Sproßknollen.
4. Der weiche Stängel ist oft niederliegend und verkrümmt.
5. Die Basis ist stark verzweigt.
6. Unterirdisch werden 5 bis 7 cm große Wurzelknollen gebildet. Die Knollenerträge können bis zu 20 t/ha betragen.
7. Die Knollen sind unregelmäßig oval bis langoval und reich an Stärke und Zucker. Ihre Farbe ist meist weiß bis gelblich weiß (Zeichnung aus FRANKE, W., 1976).
8. Wurzelknollen des in Europa als Zierpflanze verbreiteten Glücksklees (*Oxalis tetraphylla*).



6.2.1.14 Ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas)

Ullucus tuberosus, eine ausgesprochene Kurztagspflanze, wird neben *Oxalis tuberosa* in den Anden von Ecuador und Argentinien bis zu einer Höhe von 3800 m NN angebaut. In dieser Region sind die Knollen der Pflanze ein wichtiges Nahrungsmittel. Nach PLARRE (1989) können die Knollenerträge unter günstigen Bedingungen bis zu 9 t/ha erreichen.

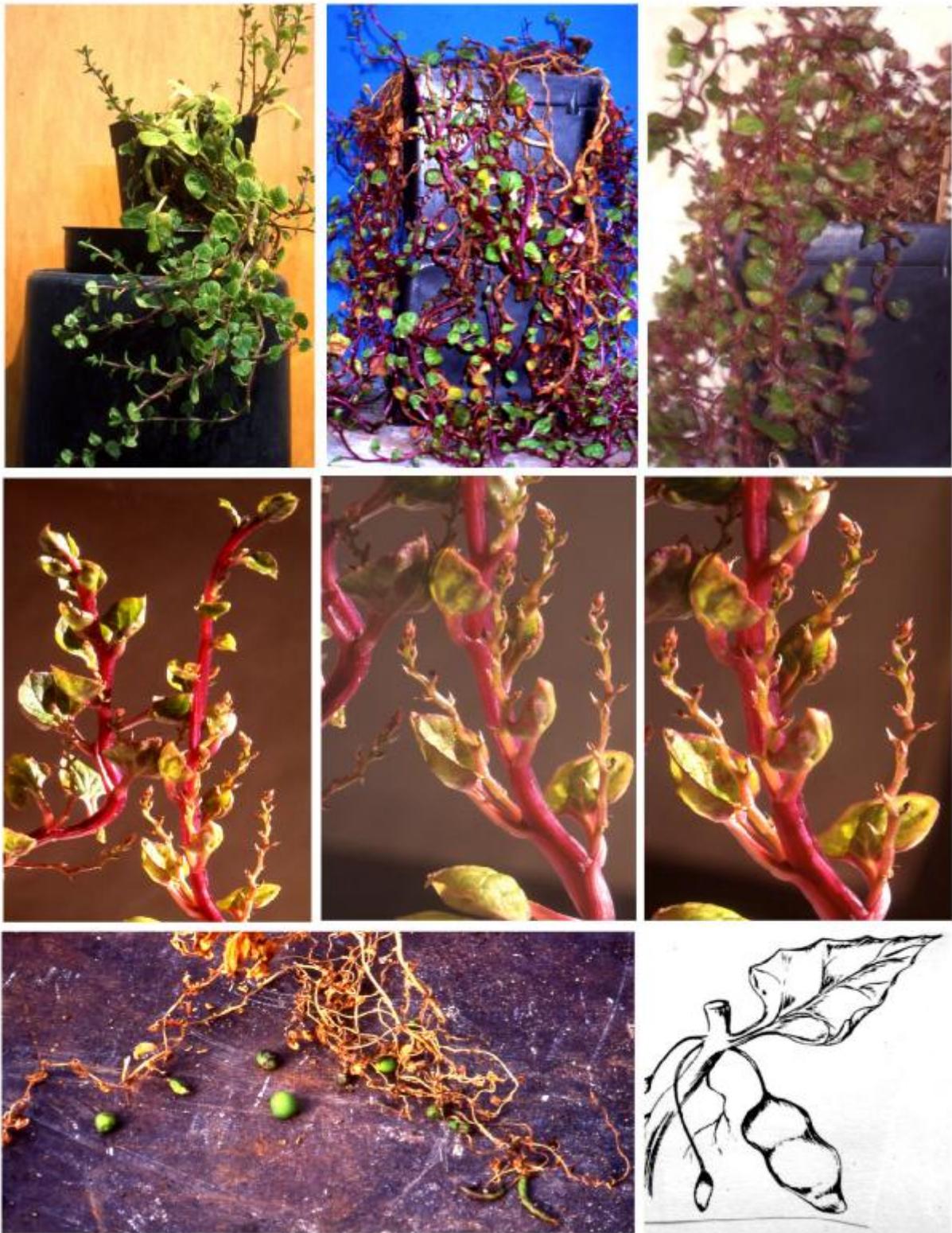
Literatur zu Ulluco (*Ullucus tuberosus*)

- BRÜCHER, H., 1977: *Ullucus tuberosus* Lozano, Ulluco. In: Tropische Nutzpflanzen. 146-149. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.
- FRANKE, W., 1976: *Ullucus tuberosus* Caldas, Ulluco. In: Nutzpflanzenkunde. 75. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- KAY, D. E., 1973: Root Crops. Trop. Prod. Inst., London.
- PLARRE, W., 1989: *Ullucus tuberosus* Caldas, Ulluco. In: REHM, S.: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 137. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.14 von oben links:

1. und 2. Diese Kulturpflanze ist ein ausdauerndes, niederliegendes Kraut aus der Familie der Balsellaceae.
3. Es werden an kurzen Stielen viele kleine rundherzförmige Laubblätter gebildet.
4. bis 6. Aus den Blattachseln entspringen etwa 5 cm lange Blütenstände, die im langen Tag keine Blüten ansetzen.
7. Einige Pflanzen bilden vor Vegetationsende grüne, runde Luftknollen, die der Fortpflanzung dienen können.
8. An der Sprossbasis entwickeln sich im Kurztag wie bei der Kartoffel unterirdische Ausläufer, die an der Spitze weiße, gelbe, rote oder grünliche, unregelmäßige, glatte, rundovale Sprossknollen ausbilden. Diese enthalten 10 bis 14 % Stärke und um 1 % Eiweiß bei einem Durchmesser von 6 bis 8 cm. (Schematische Darstellung aus FRANKE, W., 1976).

Bildtafel 6.2.1.14 Ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas)



6.2.1.15 Tahiti-Pfeilwurz (*Tacca leontopoides* [L.] O. Kuntze)

Tacca leontopoides (= *T. pinnatifida* Forst) ist in Südostasien und im tropischen Afrika verbreitet, aber auch in China und Indien zu finden. Sie ist eine krautige Pflanze, die in den Wurzeln ausdauernd ist. Die Nutzung erfolgt über die Stärkeproduktion sowie zur Brei und Brotherstellung

Literatur zu Tahiti-Pfeilwurz (*Tacca leontopoides*)

- FRANKE, G., 1977: Tahiti Arrowroot (*Tacca leontopoides*). In: Früchte der Erde. 82. Prisma Verlag, Gütersloh.
- FRANKE, W., 1976: *Tacca leontopoides* (L.) O. Kuntze. Tahiti Arrowroot. In: Nutzpflanzenkunde. 75. Verlag Georg Thieme, Leipzig.
- TOBLER, F. und H. ULBRICHT, 1945: Tahiti Arrowroot, *Tacca pinnatifida* Forst. In: Koloniale Nutzpflanzen. 2. Aufl. 34. Verlag S. Hirzel, Leipzig.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.15 von oben links:

1. und 2. Die sehr langen Blätter sind langstielig, stark gefiedert und teilweise fingerartig geteilt.
3. Fruchtstand von *Tacca leontopetaloides*. Die langgestielten Blüten im Hintergrund bilden Scheindolden.
4. bis 6. Die Früchte sind geschlossene Säckchen mit zahlreichen, unregelmäßigen rundovalen, mittelbraunen Samen, die ein Tausendkorngewicht um 20 g aufweisen.
7. Die Knollen, die ein Gewicht von etwa 100 bis 350 g erreichen, entwickeln sich aus Achselknospen des Rhizoms. Sie enthalten 20 bis 28 % Stärke. (Zeichnung aus FRANKE, W.1977)



6.2.1.16 Blumenrohr, Eßbare *Canna* (*Canna edulis* Ker.-Gawl.)

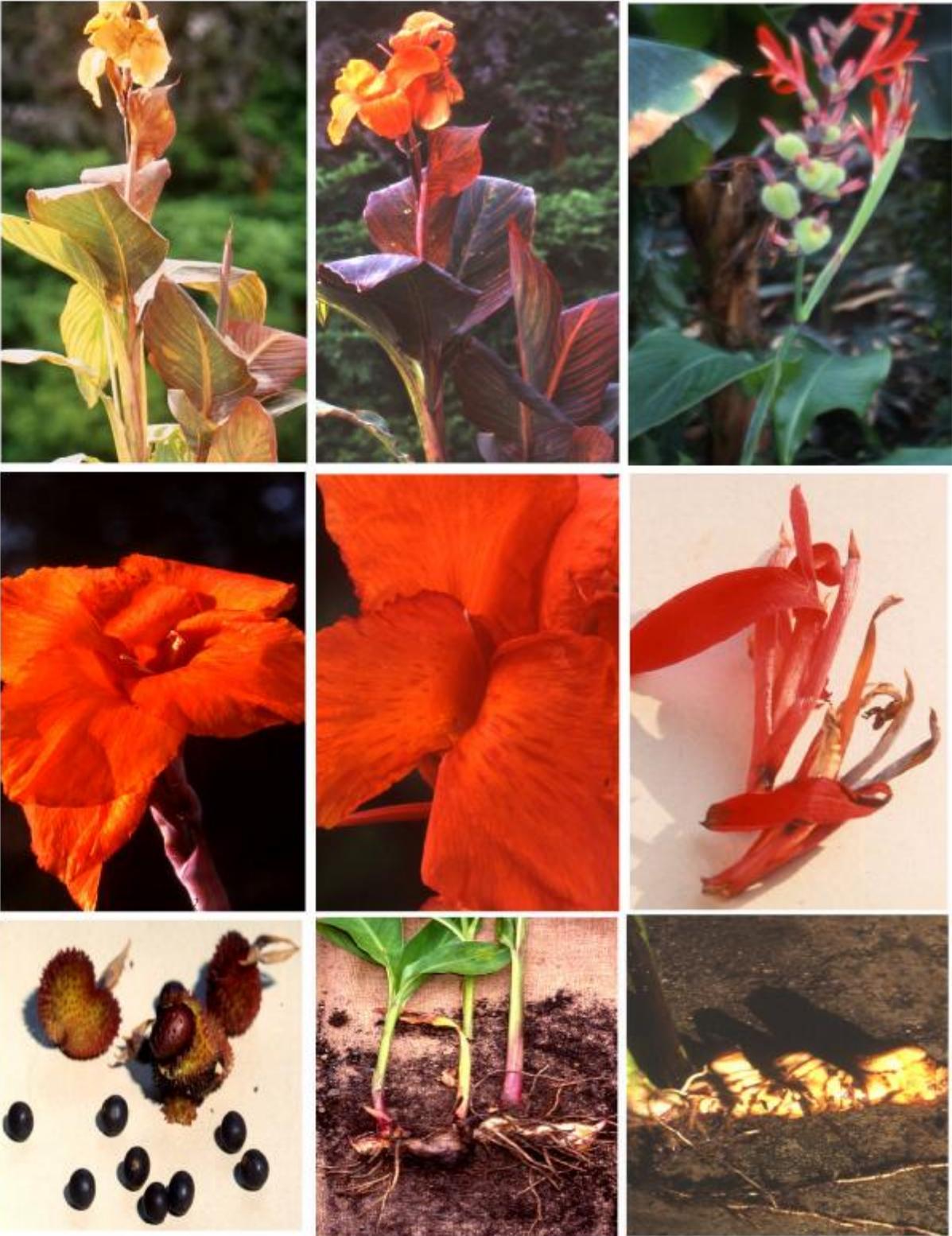
Canna edulis, die essbare *Canna* ist nahe mit der 1 bis 2 m hohen *C. indica* verwandt, die in Europa als Zierpflanze weit verbreitet ist. *C. edulis* ist in den mittleren Anden von Chile und Argentinien beheimatet; angebaut wird die Art in Australien sowie auf den westindischen und pazifischen Inseln. Die knollenförmig verdickten Rhizome enthalten 10 bis 16 % Stärke und finden in der Nahrungsmittelproduktion Verwendung. Unter günstigen Anbaubedingungen können Erträge von 300 bis 900 dt/ha erzielt werden

Literatur zur Eßbaren *Canna* (*Canna edulis*)

- BRÜCHER, H., 1977: *Canna edulis* Ker. Achiva. Kapachi. In: Tropische Nutzpflanzen. 140-141. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.
- FRANKE, W., 1976: *Canna edulis* Ker-Gawl., Blumenrohr. In: Nutzpflanzenkunde. 77. Verlag Georg
- KAY, D. E., 1973: Root Crops. Trop. Prod. Inst., London
- PLARRE, W., 1989: *Canna edulis* Ker-Gawl., Eßbare *Canna*. In: REHM, S.: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 137. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- TOBLER, F. und H. ULBRICHT, 1945: *Canna* sp., das Blumenrohr. In: Koloniale Nutzpflanzen. 2. Aufl. 34. Verlag S. Hirzel, Leipzig.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.16 von oben links:

1. und 2. *Canna indica* ist eine ein bis zwei Meter hohe, in der Blütenfarbe stark variierende Zierpflanze, die aus überwinternden Rhizomen in jedem Jahr aufwachsen kann.
3. Blütenstand von *Canna edulis*, der essbaren *Canna* mit Blüten und Früchten.
4. und 5. Blüten von *Canna indica*, dem indischen Blumenrohr
6. Blüten von *Canna edulis*, der essbaren *Canna*.
7. Früchte und Samen von *Canna edulis*.
8. Junge Pflanzen und Rhizomknollen von *C. edulis*.
9. Die verdickten Rhizome sind unregelmäßig geformt und gelbgrün bis rot gefärbt.



6.2.1.17 **Elefantenfutter-Yam (*Amorphophallus campanulatus* [Roxb.] Bl. ex Decne) und Knollen-Elefantenfutter (*Amorphophallus bulbifer* Blume.)**

Die Gattung *Amorphophallus* aus der Familie der Aronstabgewächse (*Araceae*) umfasst etwa 80 Arten, die in den Tropen der Alten Welt verbreitet sind. Zwei Arten, *A. campanulatus* Blume und *A. siveri* Dur. sind Nahrungspflanzen in Japan, China und Vietnam. Die Wurzeln werden getrocknet, zu Mehl vermahlen oder zu Breinahrung oder Nudeln verarbeitet. Nahe verwandt mit *A. campanulatus* und im Habitus ähnlich ist *A. bulbifer* Blume, die hier in Bildtafel 1.17 gezeigt wird.

Der Elefantenfutter-Yam kommt in Malaysia, Indien und Vietnam wild und in Kultur angebaut (var. *blumei*) vor. Die Wurzeln der Wildformen enthalten reichlich kristalline Oxalsäure und nur etwa 60 % Stärke, während in den kultivierten Formen nur geringe Mengen Oxalatkristalle und 80 bis 85 % Kohlenhydrate, vornehmlich Stärke, enthalten sind. *A. campanulatus* bildet große Blütenstände und Knollen bis zu 10 kg je Pflanze aus, allerdings bei einer Vegetationszeit von 3 bis 4 Jahren. Aus Südostasien und dem pazifischen Raum wird von Erträgen bis zu 20 t/ha berichtet.

Literatur zu Elefantenfutter-Yam (*Amorphophallus campanulatus* und *A. bulbifer*)

Anonym, 2000: *Amorphophallus*. Im Internet: <http://www.agrolink.mon.my/moa1/special-tropic/amorphophallus.html>.

BRÜCHER, H., 1977: *Amorphophallus campanulatus* Blume. In: Tropische Nutzpflanzen. 139-140. Springer, Berlin

FRASER: Thimble Farms. *Amorphophallus bulbifera*. Im Internet: http://www.thimblefarms.com/98_roidtf.html.

KAY, D. E., 1973: Root Crops. Trop. Prod. Inst., London.

PLARRE, W., 1989: *Amorphophallus campanulatus* [Roxb.] Bl. ex. Decne. In: REHM, S.: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 137. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

REHM, S. und G. ESPIG, 1984: Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. 2. Aufl. 59. Verlag Ulmer, Stuttgart.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.17 von oben links:

1. Im frühen Sommer entwickeln sich aus der Wurzel von *A. bulbifer* 50 bis 100 cm hohe Stängel mit palmenähnlichen Blättern.
2. Wenn die Wurzelknolle etwa ½ kg schwer ist, wächst daraus neben den Blättern eine große Aronstabblüte.
3. Diese wird etwa 30 bis 40 cm hoch, ist dunkelrot gefärbt und von einem großen Hüllblatt umgeben.
4. Das Hüllblatt öffnet sich zu einem Trichter und der Phallus mit den weiblichen Blüten färbt sich rosa.
5. und 7. An diesem bilden sich Fruchtkapseln und das Hüllblatt stirbt ab.
6. und 8. Bis zum Ende der Vegetation hat sich eine kugelige, große, reichlich mit Nährwurzeln besetzte Knolle gebildet.

Bildtafel 6.2.1.17

Elefantenfutter-Yam (*Amorphophallus campanulatus* [Roxb.] Bl. ex Decne) und Knollen-Elefantenfutter (*Amorphophallus bulbifer* Blume.)



6.2.1.18 Gigant-Taro (*Alocasia macrorrhiza* [L.] G. Don)

Gigant-Taro, *Alocasia macrorrhiza*, aus der Familie der Aronstabgewächse (Araceae), stammt ebenfalls aus Südostasien. Er liefert neben den stärkereichen Knollen in Form der jungen Blätter auch Gemüse

Literatur zu Gigant-Taro (*Alocasia macrorrhiza*)

BRÜCHER, H., 1977: *Alocasia macrorrhiza* [L.] Schott. In: Tropische Nutzpflanzen. 137. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.

KAY, D. E., 1973: Root Crops. Trop. Prod. Inst., London.

PLARRE, W., 1989: *Alocasia macrorrhiza* [L.] G. Don. In: REHM, S.: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 137. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.18 von oben links:

1. Gigant-Taro entwickelt gewaltige Pflanzen mit Blättern von 2 bis 3 m Höhe.
2. und 3. Im Habitus, vor allem bei jüngeren Pflanzen, ähnelt Gigant-Taro sehr *Colocasia esculenta* (siehe 1.10 Taro).
4. und 5. Aus den Blattachseln entwickeln sich an langen Stielen weißliche Blüten mit einem hellgrünen Hüllblatt.
6. Der lange Blütenstiel welkt bei Blühende und die Samenkapsel neigt sich zur Erde.
7. Die Samen sind unregelmäßig rund-oval und schrumpelig mit einem Tausendkorngewicht von 40 bis 50 g.
8. und 9. An der Basis bildet sich eine große Wurzelknolle mit mehreren kleineren Tochterknollen.



6.2.1.19 Knollige Kapuzinerkresse, Anu (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz et Pav.)

Die Heimat von *T. tuberosum* liegt in den Bergwäldern Nordargentinien, und wird im Hochland von Ecuador, Peru und Kolumbien in Höhenlagen angebaut, in denen die Kartoffel nicht mehr wächst. In diesen Gebieten gilt sie als wichtige Nahrungspflanze der dort ansässigen Indianer.

Literatur zur Knolligen Kapuzinerkresse (*Tropaeolum tuberosum*)

BRÜCHER, H., 1977: *Tropaeolum tuberosum* Ruiz. et Pavon. In: Tropische Nutzpflanzen. 145-146. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.

FRANK, W., 1976: *Tropaeolum tuberosum* Ruiz. et Pav. Knollige Kapuzinerkresse, Anu. In: Nutzpflanzenkunde. 71. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.

KAY, D. E., 1973: Root Crops. Trop. Prod. Inst., London.

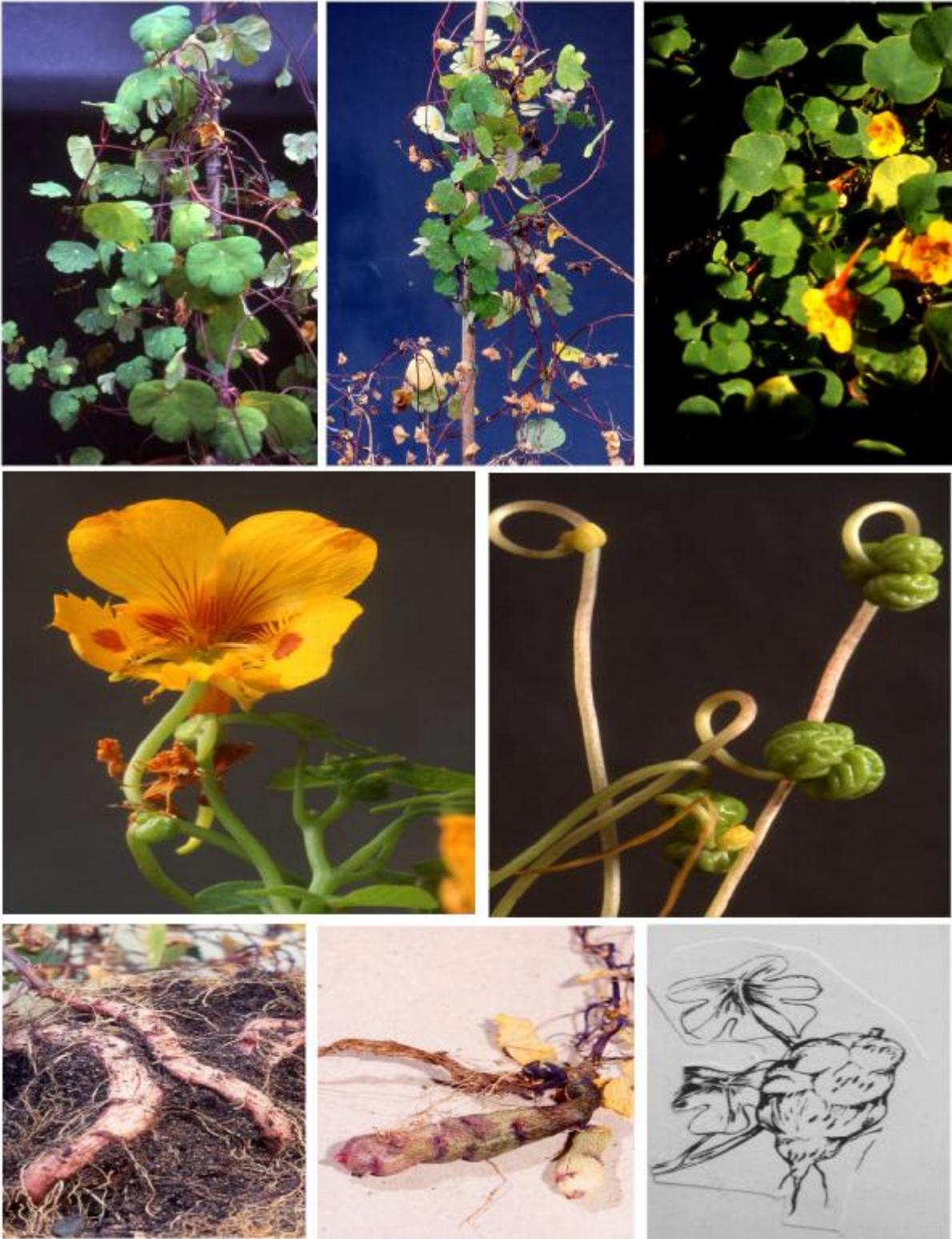
PLARRE, W., 1989: *Tropaeolum tuberosum* Ruiz. et Pav. In: REHM, S.: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 137. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.19 von oben links:

1. und 2. Die Pflanze bildet, wie die Gartenkresse, lange Blattstielranken, mit denen sie an Stangen und Gerüsten hochgezogen werden kann.
3. Die schildförmigen Blätter sind je nach Herkunft mehr oder weniger stark gelappt.
4. Die leuchtend gelb-orange gefärbten Blüten stehen am Ende von unterständigen Ranken.
5. Hier bilden sich zweigeteilte Früchte mit einer schrumpeligen Korksicht.
6. und 7. Die gelblich braun-violetten Wurzelknollen werden 5 bis 15 cm lang; sie enthalten 18 bis 22 % Stärke.
8. Wurzelknolle und Laubblatt (aus FRANKE, W., 1976).

Bildtafel 6.2.1.19

Knollige Kapuzinerkresse, Anu (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz et Pav.)



6.2.1.20 Löwenzahn (*Taraxacum officinale* Wiggers); einschließlich Kok-Saghyz (*Taraxacum kok-saghyz* Rodin [= *Taraxacum bicorne*] und Krim-Saghyz (*Taraxacum hybernum* Stev.)

Löwenzahn ist eine über die gesamte nördliche Halbkugel und auch in Südamerika weit verbreitete Wildpflanze, die an Wegrändern, auf Wiesen und Weiden, auf Ackerland und in Gärten oft als lästiges Unkraut vorkommt. Kulturformen werden in Holland, Österreich, Japan, Indien und den USA als Gemüsepflanze angebaut. In Osteuropa spielt der Anbau als Arzneipflanze eine geringe Rolle, wobei vorwiegend die Wurzeln wegen der darin enthaltenen Bitterstoffe vom Typ der Eudesmanolide und Germacranolide als Extraktrogen genutzt werden. Früher wurden die gerösteten und fein vermahlenden Wurzeln auch als Kaffeeersatz verwendet. Die Wurzeln enthalten reichlich Kohlenhydrate darunter bis zu 40 % Inulin.

Die Art *Taraxacum kok-saghyz* Rodin, der Kasachische Löwenzahn und der auf der Krim vorkommend *T. hybernum* Steven enthalten in ihren Wurzeln beachtliche Mengen an Kautschuk, was 1930 in Russland entdeckt wurde.

Während des Zweiten Weltkrieges bis 1945 wurden auch in Deutschland große Anstrengungen gemacht, durch Züchtung den Gehalt an diesem damals wichtigen Rohstoff zu erhöhen.

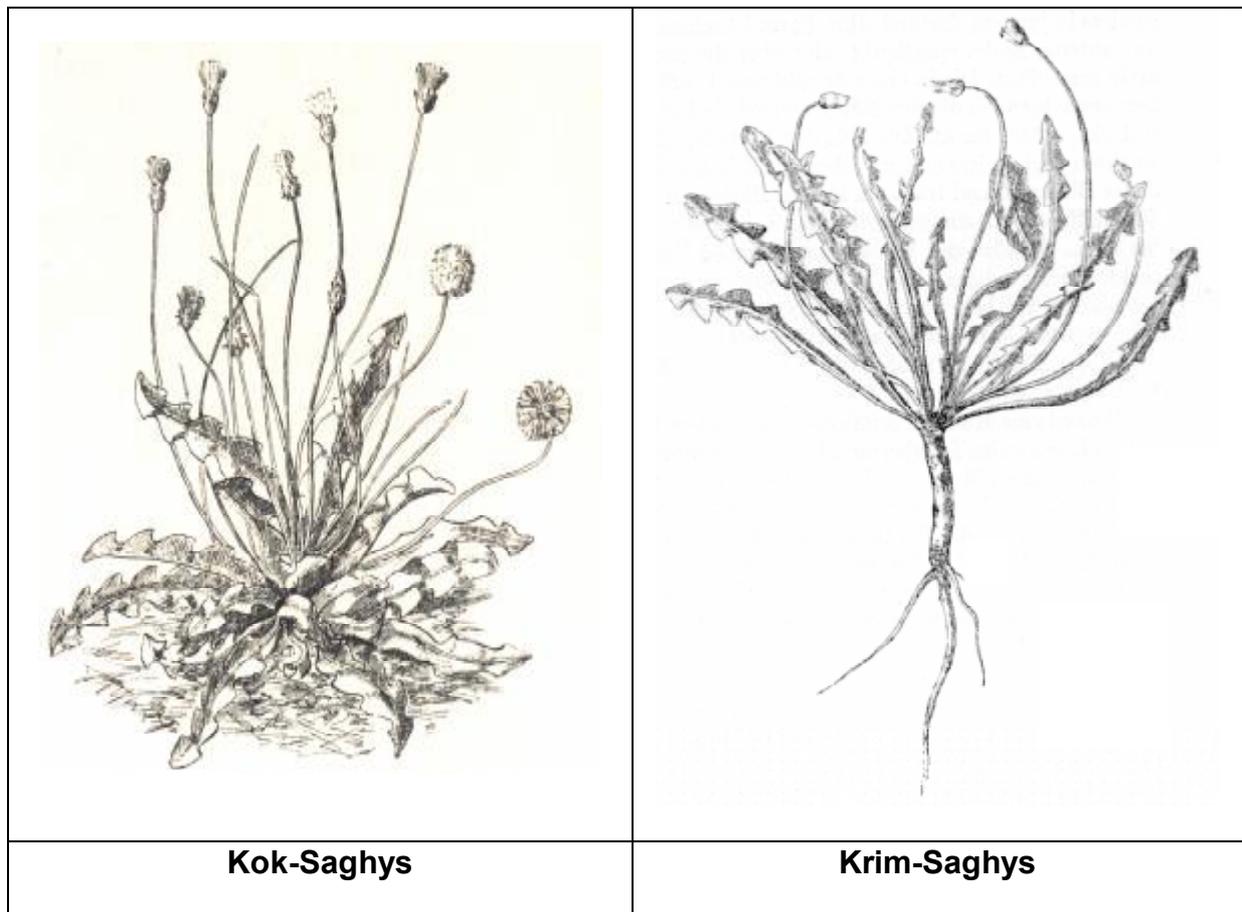
Literatur zu Löwenzahn (*Taraxacum officinale*), Kok-Saghyz (*Taraxacum bicorne* [= *T. kok-saghyz* Rodin]) und Krim-Saghyz (*Taraxacum hybernum* Stev.)

- BECKER-DILLINGEN, J., 1929: Der Löwenzahn (*Taraxacum officinale*). In: Handbuch des Gemüsebaues. 2. Aufl. 759-760. Verlag Paul Parey, Berlin.
- FRANKE, W., 1976: *Taraxacum officinale* Wigg., Löwenzahn. In: Nutzpflanzenkunde. 109. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- HEGI, G., 1931: Löwenzahn (*Taraxacum officinalis*, *T. kok-saghyz* = *T. bicorne*). In: Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Bd. IV. 2, 1017. Verlag J. F. Lehmanns, München.
- HEIM, S., 2002: Forschung für die Autarkie. In: Autarkie und Ostexpansion 145-177. Verlag Wallenstein.
- MARQUARD, R und E. KROTH, 2001: Löwenzahn (*Taraxacum officinale* Web. [= *Leontodon Taraxacum* L.]). In: Anbau und Qualitätsanforderungen ausgewählter Arzneipflanzen, Bd.1, 200-206. Agri-Media Verlag, Bergen/Dumme
- REGEL, VON C., 1945: *Taraxacum cocsaghyz*. In: Pflanzen in Europa liefern Rohstoffe. 196-198. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- ULMANN, M., 1951: 1. Kok-Saghyz (*Taraxacum kok-saghyz* Rodin), 2. Krim-Saghyz (*Taraxacum hybernum* Stev.). In: Wertvolle Kautschukpflanzen des gemäßigten Klimas. 47-61. Akademie-Verlag, Berlin.

WIELAND, TH., 2002: Kok-Saghys und die Zusammenarbeit von KWG und SS. In: HEIM: Autarkie und Ostexpansion 50-56. Verlag Wallenstein

WURZER, W., 1994: *Taraxacum officinale*, Löwenzahn. In: Heilpflanzen 582-583 Verlag Kaiser Klagenfurt.

Taraxacum bicorne, Kok-Saghys und *T. hybernum*, Krim-Saghys, Unterarten des Löwenzahns, bilden in ihren Wurzeln beachtliche Mengen Kautschuk, wie in Russland um 1930 entdeckt wurde



(aus ULMANN, 1951)

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.20 von oben links:

1. Löwenzahnwiese im Mittelgebirge bei Hohensolms. Kreis Lahn-Dill.
2. Die lanzettlichen, mehr oder weniger stark eingekerbten bis gesägten Blätter können je nach Wachstumsbedingungen bis zu 50 cm hoch werden. Sie werden als vitaminreicher Salat genutzt. Dafür wurde Löwenzahn früher in Deutschland in Gärten kultiviert (BECKER-DILLINGEN, 1929).
3. und 4. Die etwa 5 cm im Durchmesser großen, zahlreichen leuchtend gelben Korbblüten stehen auf langen, hohlen Stielen.
5. Die locker auf dem Boden der Körbchen stehenden Früchte (Achänen) sind mit einer dicht behaarten Flugeinrichtung, die eine weite Verbreitung ermöglicht, ausgestattet.
6. Löwenzahn kann eine 2 bis 5 cm dicke Wurzelrübe ausbilden.
7. Diese enthält im Milchsaft Kautschuk (VON REGEL 1945) und speichert bis zu 40 % Inulin, wie die Zichorie.
8. Inulin-Körner bei etwa 30facher Vergrößerung.

Bildtafel 6.2.1.20

Löwenzahn (*Taraxacum officinale* Wiggers); einschließlich Kok-Saghys (*Taraxacum kok-saghys* Rodin [= *Taraxacum bicornis*]) und Krim-Saghys (*Taraxacum hybernum* Stev.)



6.2.1.21 Weiße Seerose (*Nymphaea alba* L.) und Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea* [L.] Sm.)

Beide Arten sind weit verbreitet und auf fast allen Seen und Teichen in den gemäßigten Breiten der Alten Welt zu finden. In früheren Notzeiten wurden die dicken Rhizome wegen ihres Stärkegehaltes im Herbst geerntet, getrocknet und vermahlen als Brotzusatz verwendet.

Literatur zur Weißen Seerose und Gelben Teichrose

FRANKE, W., 1976: *Nymphaea alba* L. und *Nuphar lutes* [L.] Sm. In: Nutzpflanzenkunde. 78-79. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.

GIBBONS, B. und P. BROUGH, 1998: Seerosengewächse. In: Blütenpflanzen. 2. Aufl. 50-51. Verlag Franckh-Kosmos, Stuttgart.

GODET, J.-D., 1991: *Nymphaea alba* L., Weiße Seerose; *Nuphar lutea* [L.] Sm., Gelbe Teichrose. In: Pflanzen Europas. 86-87, 108-109. Verlag Abois, Bern und Mosaik, München.

HEGI, G., 1931: Weiße Seerose (*Nymphaea alba*), Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*). In: Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Bd. III. 441 und 445. Verlag J. F. Lehmanns, München.

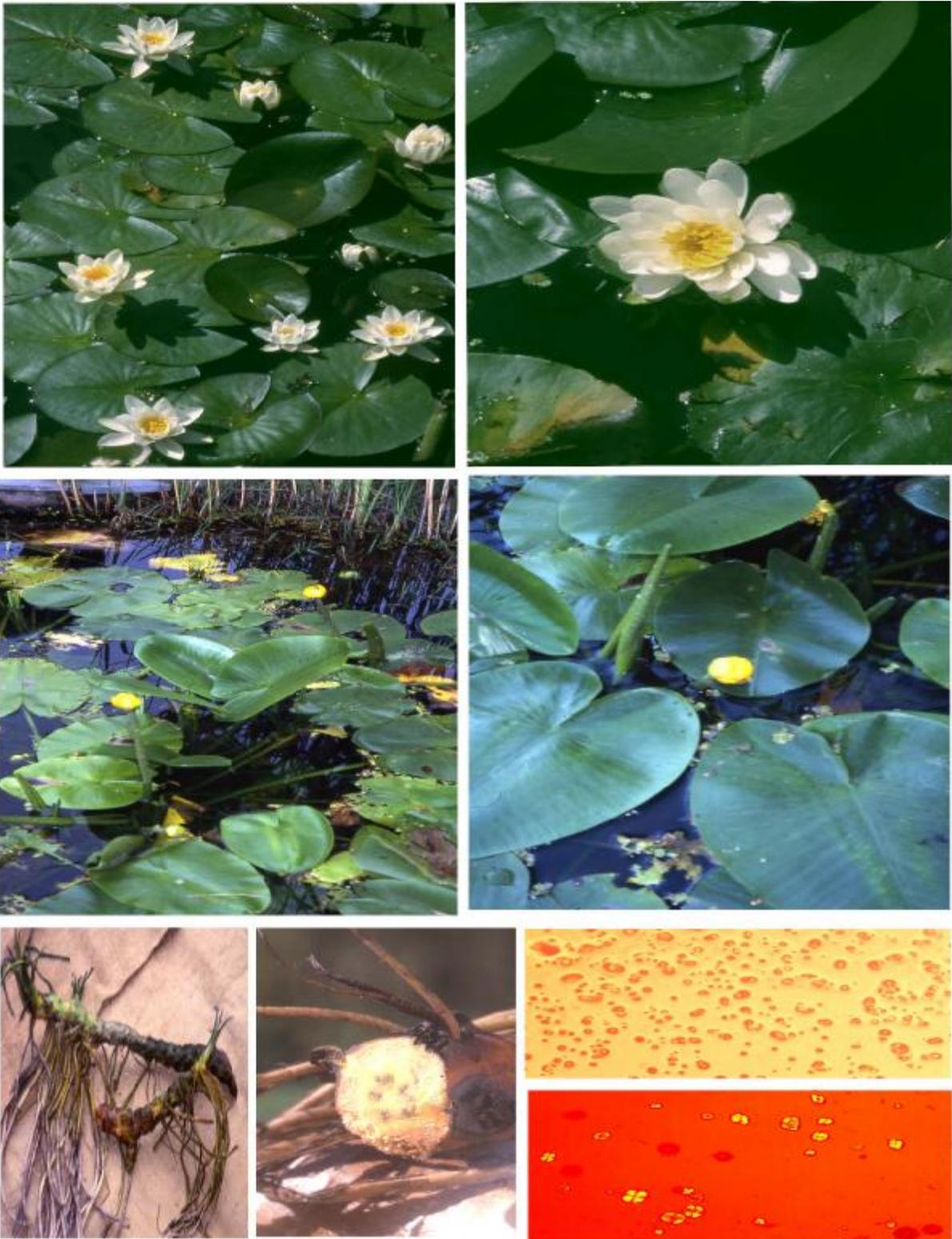
Bildlegenden von oben links:

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.21 von oben links:

1. Bei der Weißen Seerose sind die schwimmenden runden, tief herzförmigen Blätter bis 30 cm im Durchmesser groß, oft gewellt und glänzend.
2. Die Blüten mit vier Kelchblättern und bis zu 30 langovalen weißen bis rosaroten Kronblättern werden bis 9 cm im Durchmesser groß. Es gibt viele Zuchtvarianten bis hin zu roten Blüten.
3. Die Gelbe Teichrose, *Nuphar lutea*, hat etwas kleinere Blätter.
4. Die gelben Blüten mit wenigen runden Kronblättern und fünf bis sechs Kelchblättern sind nur bis zu 5 cm im Durchmesser groß; sie bleiben länger geschlossen als die der Seerosen.
5. In beiden Gattungen, *Nymphaea* und *Nuphar*, werden am Grunde der Gewässer bis zu 15 cm dicke Rhizome mit vielen Saugwurzeln ausgebildet.
6. Diese Rhizome bilden als Reservestoffe bis zum Herbst reichlich Stärke und wurden früher, vor allem in Notzeiten, geerntet, zu Mehl verarbeitet und zum Brotbacken verwendet.
7. Stärkekörner der Weißen Seerose (etwa 6fach vergrößert).
8. Stärke der Seerose unter dem Mikroskop im polarisierten Licht.

Bildtafel 6.2.1.21

Weißer Seerosen (*Nymphaea alba* L.) und Gelber Teichrose (*Nuphar lutea* [L.] Sm.)



6.2.1.22 Knollenbohnen, *Pachyrrhizus spec.*

Die Gattung *Pachyrrhizus* umfasst 6 knollenbildende Arten. Diese stammen aus den tropischen Regionen Amerikas, wo sie schon seit langem von den Indianern kultiviert wurden. Drei Arten *P. tuberosus*, *P. erosus* und *P. ahipa* haben wegen ihrer beachtlichen Erträge an stärkereichen Knollen und eiweißreichen Samen eine gewisse wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Sie werden heute auch in Asien und Afrika angebaut und dort züchterisch bearbeitet. Alle drei Arten haben $2n = 22$ Chromosomen und sind untereinander kreuzbar. *Pachyrrhizus* ist eine typische Kurztagspflanze. Als Knollenerträge werden unter guten Anbaubedingungen 100 bis 200 dt/ha angegeben. Nur im tropischen Klima bei Temperaturen von 21 bis 28°C und Niederschlägen von mindestens 600 mm pro Jahr (besser sind 1000 mm Niederschlag) können hohe Knollen- und Samenerträge erzielt werden. Nach Literaturangaben enthalten die Knollen in der Trockenmasse im Mittel 82,1 % lösliche Kohlenhydrate, die sich aus 53,7 % Stärke, 16,7 % nicht reduzierende und 11,7 % reduzierende Zucker zusammensetzen. Daneben enthalten die Knollen 9,5 % Rohprotein 0,5 % Rohfett, 3,6 % Rohfaser und 3,5 % Rohasche. Die *Pachyrrhizus*-Arten sind perennierende Pflanzen, die aber einjährig genutzt und in jedem Jahr neu ausgesät werden. Die Hauptnutzung liegt bei den wohlschmeckenden Knollen, die wie Kartoffeln verwendet werden.

Literatur zu drei *Pachyrrhizus*-Arten

- ALKÄMPER, J., 1998: Yambohne, Yam bean (*Pachyrrhizus* species). In: SCHUSTER: Leguminosen zur Kornnutzung. 319-325. Inst. für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Gießen. Elektronische Bibliothek der Univ. Gießen.
- BRÜCHER, H., 1977: *Pachyrrhizus*-Arten, *P. ahipa*, *P. erosus*, *P. tuberosus*. In: Tropische Nutzpflanzen. 183-186. Verlag Springer, Berlin und Heidelberg.
- DUKE, J. A., 1981: Yam bean (*Pachyrrhizus* spec.). In: Handbook of Legumes of world economic importance. 182-185. Plenum Press, New York and London.
- ENGLER, A. und K. PRANTL, 1891: Leguminosae. In: Die natürlichen Pflanzenfamilien nebst ihren Gattungen und wichtigen Arten, insbesondere den Nutzpflanzen. III. Teil. 2. Abt. Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- FRANKE, W., 1998: *Pachyrrhizus*-Arten. In: Nutzpflanzenkunde. 4. Aufl. Verlag Thieme, Stuttgart.
- PURSLEGLOVE, J. W., 1968: Tropical crops, Dicotyledones 1, 281-284. Longmans, Green and Co. Ltd. London and Harlow.
- REHM, S. und G. ESPIG, 1984: Leguminosae. In: Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. 2. Aufl. 57. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SØRENSEN, M. et al., 1993: Yam bean (*Pachyrrhizus* species). In: WILLIAMS: Pulses and Vegetables. 59-99. Chapman and Hall, London.

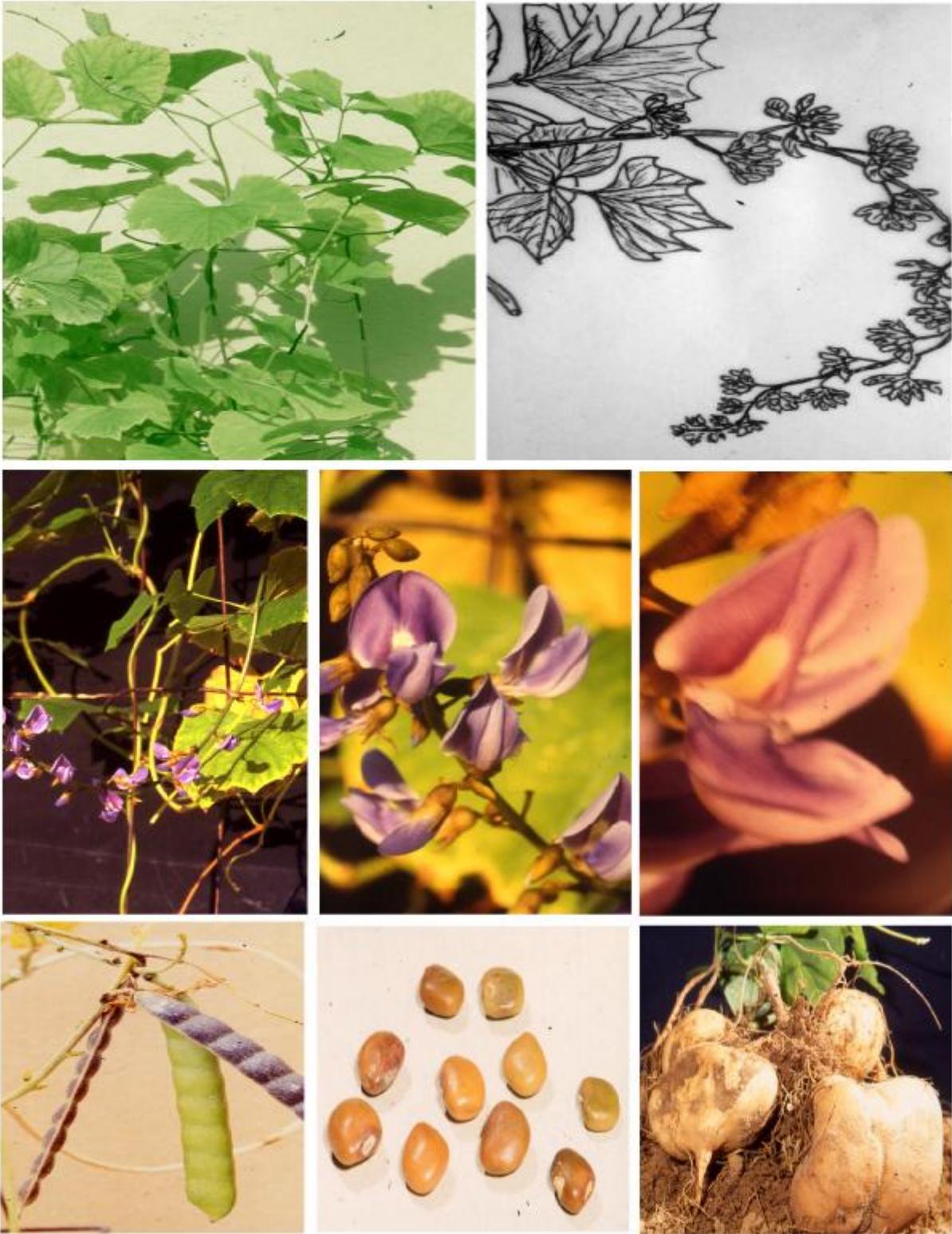
6.2.1.22.1 Knollenbohne (*Pachyrrhizus tuberosus* [Lam.] Spreng.)

Die Knollenbohne, *Pachyrrhizus tuberosus*, stammt wie die anderen *Pachyrrhizus*-Arten aus den tropischen Gebieten Amerikas; kulturformen sind auch in Afrika verbreitet.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.22.1 von oben links:

1. Die langgestielten Laubblätter sind dreigeteilt.
2. Die Knollenbohne ist eine mehrjährige Kletterpflanze mit bis zu 7 m langen Trieben, die lianenähnlich an Stangen und Gerüsten hochwachsen (Zeichnung nach ENGLER und PRANTL, 1891).
3. und 4. Die traubigen, vielblütigen Blütenstände stehen an einem langen Fruchtsiel. Die Blütenfarbe ist meist rötlich violett oder blauviolett.
5. Die Einzelblüte ist relativ groß, die Fahne oval und das waagrecht stehende Schiffchen häufig zweigeteilt.
6. Die flachen Hülsen sind 4 bis 30 cm lang und etwa 2 cm breit mit bei Reife deutlich abgesetzten Samen.
7. Die nierenförmigen, 10 bis 14 mm langen Samen können sehr unterschiedlich gefärbt sein, von rötlich hellbraun bis orange, auch schwarz und schwarz mit heller Sprenkelung. Sie sollen jedoch durch Roteningehalte giftig sein.
8. Die Wurzelknollen können auf günstigen Standorten 3 bis 4 kg schwer werden. Ihr Nährwert mit ca. 80 % Kohlenhydrate (ca. 50 % Stärke und 30 % Zucker) ist beachtlich. Die Knollenerträge liegen bei 70 bis 100 dt/ha.

Bildtafel 6.2.1.22.1 Knollenbohne (*Pachyrrhizus tuberosus* [Lam.] Spreng.)



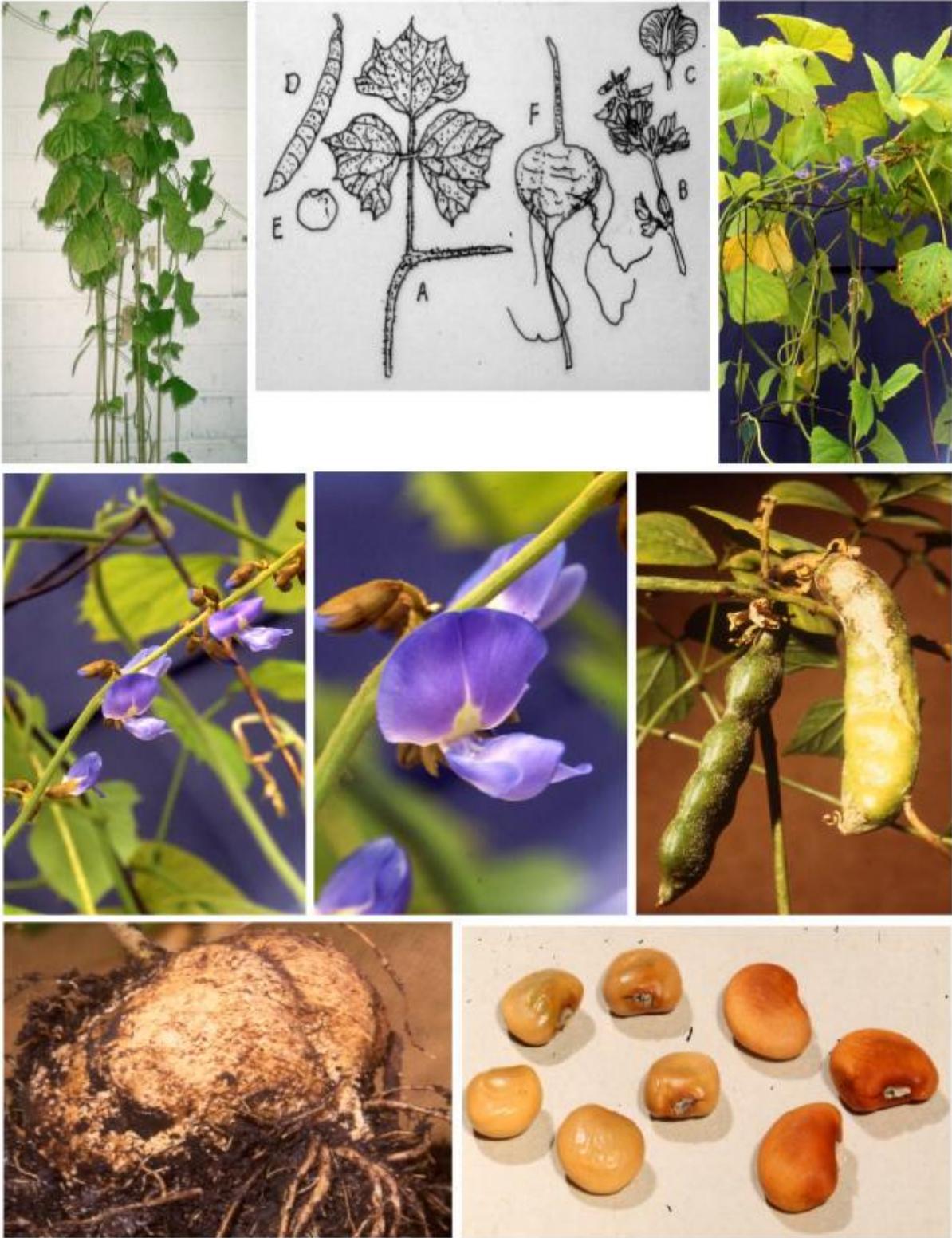
6.2.1.22.2 Yambohne (*Pachyrrhizus erosus* [L.] Urban.)

Die Yambohne, *Pachyrrhizus erosus*, ist wie *P. tuberosus* eine ausdauernde Schlingpflanze, die bis zu 5 m lange, rau behaarte Triebe entwickeln kann.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.22.2 von oben links:

1. und 3. Die langgestielten Laubblätter mit drei breiten, gelappten und gezähnten Blättchen sind etwa 18 bis 20 cm lang und 20 bis 22 cm breit
2. Schematische Zeichnung der einzelnen Pflanzenteile (aus ENGLER und PRANTL, 1891). A Blatt. B junger Blütentrieb. C Blüte. D Hülse. E Samen. F Wurzelknolle.
4. Die traubenförmigen Blütenstände mit locker stehenden Blüten sind oft gebogen.
5. Farbe der Blüten ist blau, violett bis rot und selten weiß.
6. Nur wenige der zahlreichen Blüten entwickeln sich zu Früchten; diese sind an den Samensitzen eingeschnürt und rau behaart.
7. Der Wurzelhals ist zu einer bis zu 5 bis 15 kg schweren Knolle verdickt. Die Wurzelerträge können zwischen 70 und 140 dt/ha betragen. Der Stärkegehalt liegt etwa bei 50 % und der Zuckeranteil bei 30 %, ähnlich wie bei *P. tuberosus*.
8. Die Erträge der abgeflachten, unregelmäßig ovalen bis quadratischen Samen mit Tausendkorngewichten von 180 bis 250 g liegen bei 5 bis 6 dt/ha.

Bildtafel 6.2.1.22.2 Yambohne (*Pachyrrhizus erosus* [L.] Urban.)



6.2.1.22.3 Andine Knollenbohne (*Pachyrrhizus ahipa* [Wed.] Parodi)

Die Andine Knollenbohne, *Pachyrrhizus ahipa*, ist an tropische Gebirgslagen mit mäßiger Temperatur angepasst und wird in Höhenlagen von 1000 bis 2500 m NN angebaut.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.22.3 von oben links:

1. *P. ahipa* ist kürzer im Wuchs als *P. tuberosus* und *P. erosus* (1 bis 2 m hoch) und nicht kletternd.
2. Die dreizähligen Blätter sind deutlich breiter als lang und stehen an langen Stielen.
3. Die aus den Blattachseln erwachsenden Blütenstände sind etwa 4 cm kurz und tragen nur wenige Blüten.
4. bis 6. Diese bestehen aus einem schildförmigen Flügel und einem geteilten, etwas verkrümmten Schiffchen. Die Blütenfarbe ist violett oder weiß.
7. Von den drei bis vier Blüten an einem kurzen Stiel entwickelt sich nur eine Hülse.
8. Die Hülsen sind wie bei den anderen *Pachyrrhizus*-Arten eingeschnürt, kurz rau behaart und braun bis schwarz einfarbig oder gefleckt gefärbt.
9. Die rundovalen Samen sind hell- bis dunkelbraun gefärbt, teilweise auch gefleckt.
10. Die unregelmäßig länglichen bis ovalen Knollen sind ebenfalls klein, von einem Gewicht zwischen 50 und 80 g. Die Erträge werden mit 100 bis 200 dt/ha angegeben.

Bildtafel 6.2.1.22.3 Andine Knollenbohne (*Pachyrrhizus ahipa* [Wed.] Parodi)



6.2.1.23 Afrikanische Yambohne, Knollenbohne (*Sphenostylis stenocarpa* [Hochst.] Harms)

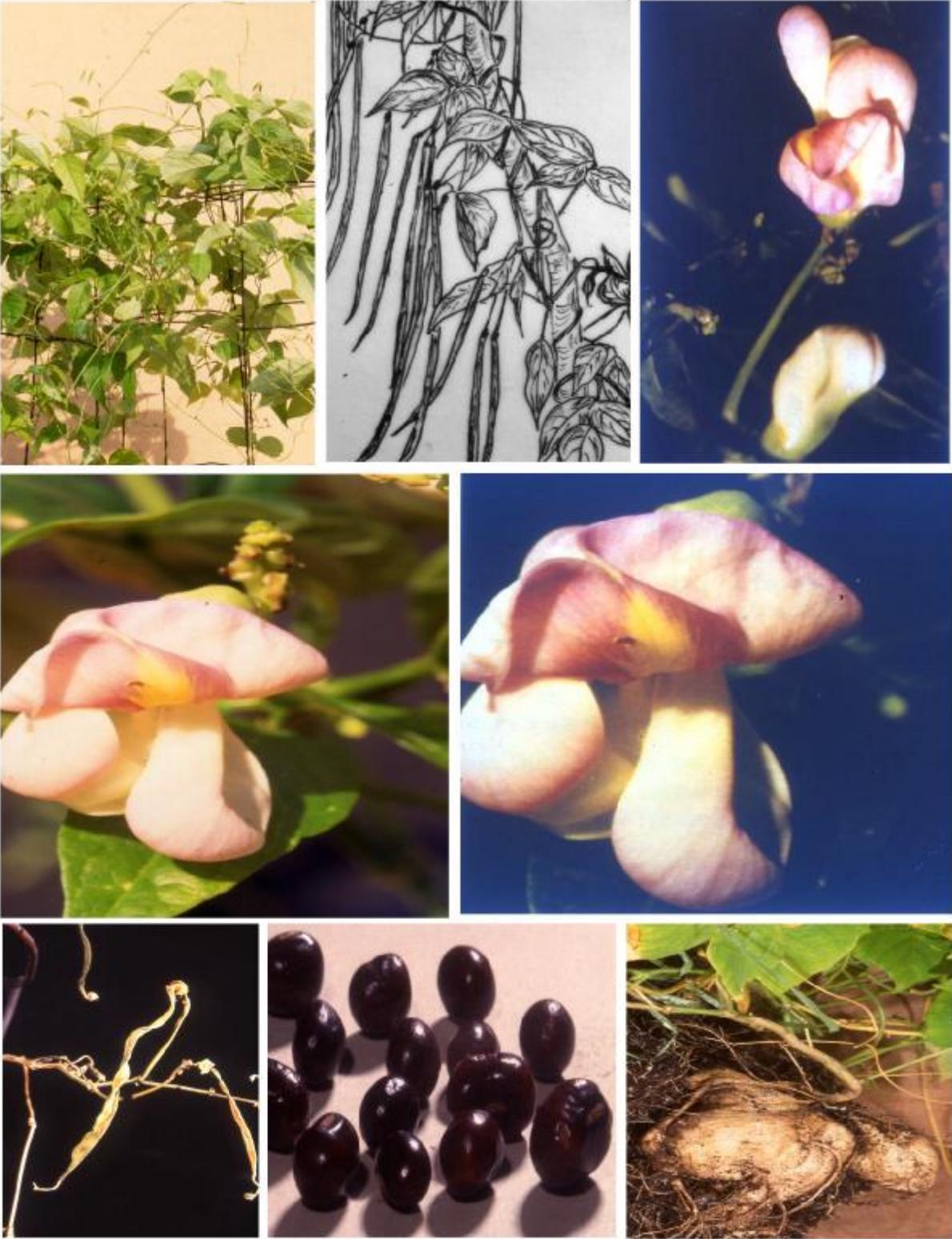
Die Afrikanische Yambohne, *Sphenostylis stenocarpa*, ist ein in Afrika beheimateter perennierender Strauch, der aber in der Regel nur einjährig kultiviert wird. Ihr Verbreitungsgebiet erstreckt sich vom tropischen Westafrika über den Sudan bis nach Eritrea und Nordäthiopien sowie bis nach Südafrika.

Literatur zur Afrikanischen Yambohne (*Sphenostylis stenocarpa*)

- ALKÄMPER, J., 1998: Afrikanische Yambohne, Knollenbohne (*Sphenostylis stenocarpa* [Hochst.] Harms.). In: SCHUSTER: Leguminosen zur Kornnutzung. 313-317. Inst. f. Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Univ. Gießen Elektronische Bibliothek.
- DUKE, J. A., 1981: *Sphenostylis stenocarpa* (Hochst) Harms. In: Handbook of legumes of world economic importance.
- ENGLER, A. und K. PRANTL, 1891: Leguminosae. In: Die natürlichen Pflanzenfamilien nebst ihren Gattungen und wichtigen Arten, insbesondere den Nutzpflanzen. III. Teil. 2. Aufl. Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- EZUHE, M. I., 1984: African yam bean as a crop in Nigeria. World crops, Nov./Dec. 199-200.
- REHM, S., 1989: *Sphenostylis stenocarpa*. In: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 275. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SCHMIDT, G. A., 1943: Hülsenfrüchte. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 773. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.23 von oben links:

1. Die Pflanze bildet einen kletternden Haupttrieb von 1 bis 3 m Länge, der sich stark verzweigen kann.
2. Die dreizähligen Blätter stehen an kurzen Stielen, sie sind oval bis lanzettlich in einer Spitze auslaufend (Zeichnung nach EZUHE, 1984).
3. Die verhältnismäßig großen Blüten stehen an kurzen Blütenstielen.
4. Fahne, Flügel und Schiffchen sind zusammengekrümmt. Die Farbe der Blüten variiert sehr stark von weiß-gelblich, rosa bis purpurrot und blau.
6. Nicht alle Blüten entwickeln sich zu 20 bis 20cm langen, schmalen, in einer Spitze auslaufenden Hülsen (siehe auch 2.).
7. Eine Hülse kann 10 bis 25 walzenförmige bis runde Samen mit einem Tausendkorngewicht von etwa 20 g enthalten. Die Samenfarbe ist wie die der Blüten sehr verschieden: weiß, grünlich, braun bis schwarz.
8. Im Boden entwickeln sich 5 bis 25 cm große, unregelmäßig runde bis ovale Wurzelknollen mit einem Stärkegehalt von 65 bis 70 % und 11 bis 19 % Rohprotein in der Trockensubstanz.



6.2.1.24 Knollen-Platterbse (*Lathyrus tuberosus* L.)

Die Knollen-Platterbse ist eine in ganz Europa und Asien mit dem Getreideanbau weitverbreitete, durch ihre Wurzelknollen ausdauernde Pflanze. Sie wurde wahrscheinlich schon in prähistorischer Zeit genutzt. Die Knollen enthalten 16 bis 20 % Stärke, 5 % Zucker und 10 bis 12 % Eiweiß. Sie werden geröstet oder roh gegessen und haben einen der Kokosnuss ähnlichen Geschmack

Der Anbau von *Lathyrus tuberosus* als Grünfutter wurde in neuerer Zeit immer wieder versucht.

Literatur zur Knollen-Platterbse (*Lathyrus tuberosus*)

BECKER-DILLINGEN, J., 1929: Die Erdeichel (*Lathyrus tuberosus* L.). In: Handbuch des Hülsenfruchtanbaus und Futterbaus. 79-80. Verlag Paul Parey, Berlin.

HEGI, M., 1982: *Lathyrus tuberosus* L. In: Illustr. Flora von Mitteleuropa, Bd. IV/3. 2. Aufl. 1591-1593. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

PETERSEN, A., 1935: Klee und Kleeartige als Futterpflanzen auf Acker, Wiesen und Weide. Verlag Reinold, Köln und Berlin.

STÄHLIN, A., 1980: Die Acker- und Grünlandleguminosen im blütenlosen Zustand. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.1.24 von oben links:

1. Die kletternden, meist verzweigten, vierkantigen Stängel werden bis zu 1 m hoch.
2. Die Laubblätter stehen einpaarig auf einem kurzen, kantigen Stiel, der in einer meist verzweigten Ranke endet. Die Nebenblätter sind schmal, halbpfeilförmig und etwas kleiner als die Blattstiele.
3. Die Blüten sitzen zu zweit bis sechst auf einem längeren Stiel.
4. Die wohlriechenden, nach einer Seite stehenden Blüten sind leuchtend karminrot bis purpurrot gefärbt und können als Zierpflanzen genutzt werden.
6. Die bei Reife lederbraun gefärbten, teils schrumpeligen Hülsen sind 2,5 bis 4,0 cm lang und bis 6 mm breit mit drei bis sechs Samen.
7. Die Samen sind braun bis grünbraun gefärbt und haben ein Tausendkorngewicht von 18 bis 26 g.
8. Die rundovalen bis spindelförmigen, dunkelbraunen Wurzelknollen erreichen erst nach drei bis vier Jahren ihre volle Größe mit einem Durchmesser von 2 bis 5 cm.

Bildtafel 6.2.1.24 Knollen-Platterbse (*Lathyrus tuberosus* L.)



6.2.2 Kohlenhydrate in der Gesamtpflanze

6.2.2.1 Zuckerrohr (*Saccharum officinarum* L.)

Die Heimat des Zuckerrohrs liegt wahrscheinlich in Neu-Guinea und auf den benachbarten Inseln. Von dort breitete es sich schon frühzeitig über den Malaysischen Archipel bis nach Indien und China aus. Die ersten Berichte über Zuckerrohr lieferte Alexander der Große um 325 v. Chr. aus Westindien.

Heute wird Zuckerrohr von 37° nördlicher bis 31° südlicher Breite angebaut und ist dort eine der wichtigsten Kulturpflanzen. Der Weltanbau beträgt über 100 Mio t auf 10 Mio ha.

Literatur zu Zuckerrohr (*Saccharum officinarum*)

- BRÜCHER, H., 1977: Zuckerrohr, *Saccharum officinarum* L. In: Tropische Nutzpflanzen. 82-94. Springer-Verlag.
- CENTRE D'ETUDE DE L'AZOTE 2, Geneva, 1956: The Manuring of Sugar Cane. The Netherhall Press.
- FRANKE, G. et al., 1977: Zuckerrohr (*Saccharum*-Arten). In: Früchte der Erde. 83-86. Verlag Prisma, Gütersloh.
- FRANKE, G. und A. FUCHS, 1980: Zuckerrohr (*Saccharum*-Arten). In: Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen, Bd. IV. 274-279. Verlag S. Hirzel, Leipzig.
- FRANKE, W., 1976: *Saccharum officinarum* L. In: Nutzpflanzenkunde. 119-122. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- GEHLSSEN, C. A., 1943: Zuckerrohr. In: SCHMIDT und MARCUS: Handbuch der tropischen und subtropischen Landwirtschaft, Bd. 1. 811-825. Verlag E. S. Mittler und Sohn, Berlin.
- HUSZ, G. ST., 1989: Zuckerrohr. In: REHM: Spez. Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen, Bd. 4. 2. Aufl. 141-156. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- REHM, S. und G. ESPIG, 1984: Zuckerrohr. In: Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. 2. Aufl. 69. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SCHÜTT, P., 1972: Zuckerrohr (*Saccharum officinarum* L.). In: Weltwirtschaftspflanzen. 56-62. Parey-Verlag.
- TOBLER, F. und H. ULBRICHT, 1945: Zuckerrohr. In: Koloniale Nutzpflanzen. 18-23. Verlag S. Hirzel, Leipzig.

Bildtafel 6.2.2.1

Zuckerrohr (*Saccharum officinarum* L.)

Bildlegende auf der Rückseite



Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.2.1 von oben links:

1. Anbau von Zuckerrohr in Südspanien unter Bewässerung. Die Erträge liegen bei 100 t/ha.
2. Zuckerrohr ist ein mehrjähriges, sich unterirdisch bestockendes Süßgras, das bis zu 7 m hoch werden kann. Die Lebensdauer kann bis 20 Jahre betragen, die Nutzungsdauer ist jedoch meist nur drei Jahre und in einigen Gebieten wird nur einjährig kultiviert.
3. Die Blätter werden 1 bis 2 m lang und 5 bis 7 cm breit und sind am Rande gezahnt.
4. Die massiven Halme erreichen eine Dicke von 2 bis 5 cm. Die Knoten (Nodien) liegen an der Basis und an der Halmspitze dichter beieinander, während in der Mitte die Internodien (Zwischenräume) etwa 20 cm erreichen.
5. Der Blütenstand, der nur im ausgesprochenen Kurztag gebildet wird, ist eine reich verzweigte Rispe von 50 bis 90 cm Länge. Auf den Seitenästen sind die Ährchen paarweise angeordnet und von einem Kranz langer, seidiger Haare eingeschlossen.
6. Es herrscht Fremdbestäubung durch Wind vor, jedoch ist die Befruchtung selten und es werden nur wenige Spelzfrüchte gebildet.
7. Die Rohrzuckerkristalle fallen sehr unterschiedlich aus (etwa 20fach vergrößert), sie kommen meist nach Siebung sortiert in den Handel.

6.2.2.2 Elefantengras (*Miscanthus sinensis* Anderss.)

Miscanthus sinensis ist in Ostasien beheimatet. Seit Mitte der 80er Jahre wurden in Mitteleuropa Anbauversuche mit dieser Pflanze durchgeführt.

Miscanthus sinensis „Gigantus“ ist als C₄-Pflanze in der Lage, sehr hohe Biomassen zu bilden auf Flächen, die heute nicht mehr für die Erzeugung von Nahrungs- oder Futtermitteln genutzt werden. Im Versuchsanbau wurden bis 20 t je ha Trockenmasse geerntet. Dies entspricht etwa 13 t Steinkohleeinheiten.

Literatur zu Elefantengras (*Miscanthus sinensis*)

- EL BASSAM, N., 1993: Möglichkeiten und Grenzen der Bereitstellung von Energie aus Biomasse. *Landbauforsch., Völkenrode* **43** (2/3). 101-111.
- GESSNER, B., 1991: *Miscanthus*. Sonderdruck, Bayer. Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan.
- JACKS-STERRENBURG, I., 1995: Untersuchungen zur Ertragsphysiologie von *Miscanthus sinensis* Anderss. hinsichtlich der Verwendung als Energiepflanze. Dissertation, Univ. Gießen.
- LEWANDOWSKI, I. und G. KANT, 1994: Einfluss von Bestandesdichte und Stickstoffdüngung auf die Entwicklung, Nährstoffgehalte und Ertragsbildung von *Miscanthus* „Giganteus“. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* **7**, 341-343.
- PICHLER, W. A., *Miscanthus*, Artenvielfalt zwischen Zier- und Nutzpflanze. In: Tagungsbericht der Arbeitstagung Riesenschilfgras (*Miscanthus sinensis* „Giganteus“). 11.-13. März 1992. Schwechst/Österreich. 73-77.
- RATSCHOW, J.-P., 2000: *Miscanthus*. In: LÜTKE ENTRUP und OENICHEN: Lehrbuch des Pflanzenbaues, Bd. 2. 764-765. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- SCHWARZ, K.-U., J. M. GREEF und E. SCHNUG, 1993: Ertragsentwicklung, Energie- und CO₂-Fixierung bei ein- bis dreijährigen Beständen von *Miscanthus giganteus*. *Landbauforschung Völkenrode* **43** (2/3). 64-72.
- STEHLE, A., 1991: Potentiale und Möglichkeiten der Energiegewinnung aus Holz, Stroh und in der Landwirtschaft produzierten Energieträgern. Sonderdruck, Bayer. Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan.

Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.2.2 von oben links:

1. Dicht gesäte Jungpflanzen von *Miscanthus*. Diese dienen der Pflanzung im Felde mit zwei bis drei Pflanzen je m².
2. Junges Elefantengras etwa vier Wochen nach der Pflanzung.
3. Die Blätter der jungen Pflanzen sind sehr schmal und verbrauchen so durch ihre geringe Verdunstungsfläche nur wenig Wasser.
4. Elefantengras bildet 3 bis 4 m hohe Stängel (Halme), die unverzweigt, hart und markgefüllt sind. Die schmalen, bis 3 cm breiten Blätter erreichen eine Länge bis 50 cm. Unterirdisch werden 1 bis 1,5 cm dicke Rhizome mit vielen Wurzeln gebildet, die bis 1,5 m tief wachsen.
5. Düngungs- und Bewässerungs-Versuch auf leichtem Sandboden.
6. Dichter, ertragreicher Teilbestand auf leichtem Sandboden bei Speyer.
7. und 8. Die Blütenstände sind bis 30 cm lange, dichte Wedel. Diese sind im Herbst hell leuchtend mit einem leichten rötlichen Anflug. Wegen diesen Blütenständen und dem hohen Wuchs wurde *Miscanthus* in Europa zunächst ab 1935 als Zierpflanze kultiviert.
9. Die Ährchen sind von einem Kranz langer Büschelhaare umgeben. Die Ährchen sind überwiegend taub, nur selten werden Früchte gebildet.

Bildtafel 6.2.2.2

Elefantengras (*Miscanthus sinensis* Anderss.)



6.2.2.3 Gigant-Sonnenblume (*Helianthus annuus* L. var. *giganteus*)

Die Heimat der Sonnenblume erstreckt sich von Nord-Mexiko bis in die südlichen Regionen von Kanada. Die Kultivierung und Nutzung der Pflanze durch die Indianer erfolgte schon sehr frühzeitig. Es liegen Beweise vor, wonach die Ureinwohner die Sonnenblumenfrüchte direkt verzehrten oder die gemahlene Kerne, mit Maismehl vermischt, zur Brotherstellung verwendeten. Auch im medizinischen Bereich und bei religiösen Zeremonien spielte die Sonnenblume eine Rolle.

Durch die Spanier wurde die Sonnenblume 1510 nach Spanien gebracht und zunächst in botanischen Gärten angebaut. Von dort breitete sich die imposante Pflanze nach Osten und Norden aus. In Italien, Belgien, England und der Schweiz wurde sie zu einer beliebten Gartenpflanze. Nach Russland kam die Sonnenblume erst im 18. Jahrhundert durch Peter den Großen, der Samen aus Holland mitbrachte. Hier wurde sie um 1830/40 zur bedeutenden Ölpflanze, außerdem wurden die gerösteten Kerne gerne als Knabberfrüchte verzehrt. Im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts kam die Sonnenblume als landwirtschaftliche Kulturpflanze aus Russland durch europäische Auswanderer zurück nach Amerika und Kanada. Durch den Anbau in verschiedenen Gebieten und Klimazonen sowie durch die stark ausgeprägte Fremdbefruchtung entwickelte sich eine sehr große Formenmanigfaltigkeit, die die Sonnenblume zur vielfältig nutzbaren Kulturpflanze werden ließ. Über Nutzung, Verwertung und Ausbreitung berichten ausführlich CARTER (1978), SCHUSTER und MARQUARD (2003) sowie SCHNEITER, (1997).

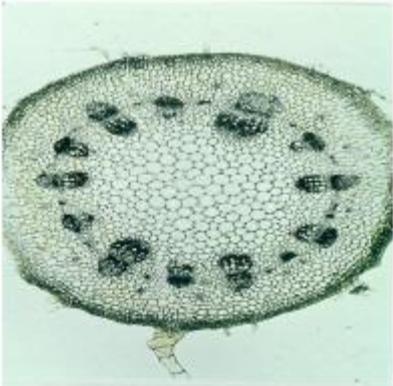
Im Rahmen der Züchtung entstanden auch hochwüchsige Genotypen, die hohe Erträge an Biomasse produzieren.

Literatur zu Sonnenblume (*Helianthus annuus*)

- CARTER, J. F., 1978: Sunflower Science and Technology. Agronomy 19. Madison/Wisc.
- HUGGER, H., 1989: Sonnenblumen. Züchtung, Anbau, Verarbeitung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- RUDORF, W., 1961: Die Sonnenblume, *Helianthus annuus* L. Handbuch der Pflanzenzüchtung, Bd. V. 2. Aufl. 89-114. Verlag Paul Parey, Berlin.
- SCHNEITER, A. A., 1997: Sunflower Techn. and Produc. Agronomy 35. Madison, Wisc.
- SCHUSTER, W., 1970: Neuzüchtungen der Sonnenblume für die Grünfütternutzung. Bayr. Landw. Jb. 47, 555-575.
- SCHUSTER, W. und R. BOYE, 1971: Die Ertragsleistung physiologisch stark differenzierter Sonnenblumensorten. I Futterleistung. Z Acker- und Pflanzenbau 133, 182-199.
- SCHUSTER, W. H., 1993: Die Züchtung der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) Fortschritte der Pflanzenzüchtung 14. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- SCHUSTER, W.H. und R.A. MARQUARD, 2003: Die Sonneblume (*Helianthus annuus* L.). Bibliothek der Justus-Liebig-Universität, Abteilung Elektronische Bibliothek. <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2003/1272/>

Bildtafel 6.2.2.3

Gigant-Sonnenblume (*Helianthus annuus* L. var. *giganteus*)
Bildlegende auf der Rückseite



Bildlegenden zu Bildtafel 6.2.2.3 von oben links:

1. Gigant-Sonnenblumen-Sorten von 5 m Wuchshöhe in Ungarn, die dort wegen ihrer großen Früchte (Achänen) für spezielles Vogelfutter, z. B. für Papageien, angebaut werden.
2. Eine in Deutschland für Grünfütter-Nutzung gezüchtete Sorte „Giganta“ (Inst. für Pflanzenbau und Züchtung, Univ. Gießen) erreicht Wuchshöhen von über 4 m. Diese Sorte hat in der Trockenmasse der Stängel einen Gehalt an α -Zellulose von 43 bis 48 % und bringt eine Trockenmasseertrag von 120 dt/ha
3. Sorte „Giganta“ bei Blühbeginn neben einer normalen frei abblühenden Sorte für Grünfütterzwecke.
4. Durch eine Hybridzüchtung mit diesen massenwüchsigen Typen lassen sich sicher noch deutlich höhere Leistungen erzielen. Mittelspäte Hybridsorte „Seno“ mit hoher Kornleistung.
5. Auskreuzungen in einem Sonnenblumenbestand für Kornnutzung in Ungarn zeigen die Wüchsigkeit von Hybridpflanzen zwischen Korn- und Biomasse-Hybriden.
6. Schnitt durch den mit Mark gefüllten Sonnenblumenstängel.
7. Auch Kreuzungen zwischen verschiedenen *Helianthus*-Arten können erfolgreich für die Züchtung auf hohe Biomasseerträge sein - hier eine Nachkommen-Pflanze einer Kreuzung zwischen *Helianthus annuus* und *Helianthus tuberosus*
8. Die Früchte der hochwachsenden Sonnenblumenformen sind groß mit Tausendkorngewichten (TKG) von 80 bis 120 g.