

D I E N E U E B R E H M - B Ü C H E R E I

Die Zuckerrübe

von

den Mitarbeitern des Instituts für Rübenforschung Kleinwanzleben
der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften
zu Berlin

Dr. Werner Feucht

Dr. habil. Hans Eberhard Fischer

Dr. Wolfgang Fürste

Dipl.-Landwirt Manfred Kraft

Dipl.-Landwirt Paul Winter

Mit 24 Abbildungen



A. ZIEMSEN VERLAG • WITTENBERG-LUTHERSTADT • 1968

Inhaltsverzeichnis

1. Systematik der Gattung <i>Beta</i>	5
2. Morphologie und Physiologie	8
3. Entwicklung zur Kulturpflanze	16
4. Züchtung	19
4.1. Geschichtliche Entwicklung	19
4.2. Zuchtmethodische Probleme	23
4.3. Das konventionelle Zuchtverfahren	26
4.4. Zuchtziele	31
4.4.1. Allgemeines	31
4.4.2. Zuchtziele der generativen Phase	32
4.4.3. Zuchtziele der vegetativen Phase	35
5. Vermehrung	42
5.1. Allgemeines	42
5.2. Der indirekte Saatgutanbau	43
5.2.1. Erstes Vegetationsjahr	43
5.2.2. Zweites Vegetationsjahr	46
5.3. Der direkte Saatgutanbau	49
5.4. Aufbereitung	51
6. Anbau	52
6.1. Das Saatgut	52
6.2. Klima und Boden	54
6.2.1. Klima	54
6.2.2. Boden	55
6.3. Stellung in der Fruchtfolge	56
6.4. Düngung	57
6.4.1. Allgemeines	57
6.4.2. Organische Düngung	57
6.4.3. Mineralische Düngung	58
6.5. Bodenvorbereitung und Anbautechnik	60
6.6. Ernte	65
6.7. Lagerung	67
7. Schädlinge-Krankheiten-Unkrautbekämpfung	68
7.1. Allgemeines	68
7.2. Tierische Schädlinge	68
7.3. Viruskrankheiten	75
7.4. Pilzliche Krankheiten	77
7.5. Mangelkrankheiten und abiotische Schäden	80
7.6. Unkrautbekämpfung	82

8. Weltzuckererzeugung – Volkswirtschaftliche Bedeutung der Zucker- rübe	84
8.1. Entwicklung der Weltzuckererzeugung	84
8.2. Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Zuckerrübe	87
9. Literatur	90
10. Sachregister	93

1. Systematik der Gattung *Beta*

Die Gattung *Beta* umfaßt 13 Arten, die auf vier Sektionen verteilt werden. Zur wichtigsten Sektion *Vulgares* zählen *B. vulgaris*, der die Stammform der Kulturrüben und die Kulturrüben selbst angehören, sowie *B. makrokarpa*, *B. atriplicifolia* und *B. patula*. Zur Sektion *Corollinae* werden die ausdauernden Arten *B. trigyna*, *B. lomatogona*, *B. intermedia*, *B. corolliflora* und *B. makrorhiza* gerechnet. Die Sektion *Nanae* enthält nur *B. nana*, während die Sektion *Patellares* *B. patellaris*, *B. procumbens* und *B. webbiana* umfaßt.

Die Mehrzahl der *Beta*-Arten — auch *B. vulgaris* — weist in der diploiden Phase 18 Chromosomen auf, bei einigen Arten sind 36 und bei *B. trigyna* sogar 54 festgestellt worden.

B. vulgaris als Wildform (bisweilen auch *B. maritima* genannt) kommt in allen Küstenregionen des Mittelmeergebietes sowie im atlantischen Küstenstreifen vor und strahlt über den Orient bis nach Vorderindien aus. Die Arten der Sektion *Corollinae* sind im östlichen Mittelmeergebiet, Anatolien und Transkaukasien anzutreffen. Im westlichen Mittelmeergebiet sowie vor allem auf den der Westküste Afrikas vorgelagerten Inselgruppen kommen die Arten der Sektion *Patellares* vor.

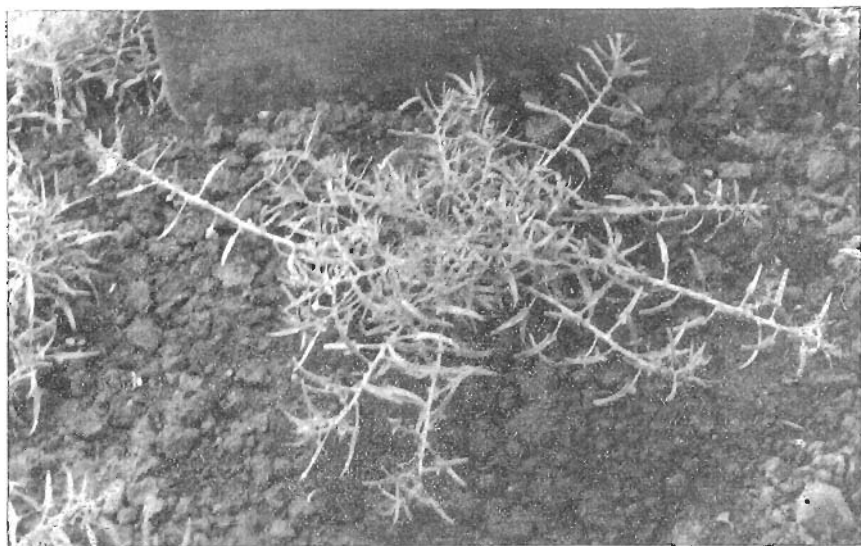


Abb. 1. Die Wildrübenart *Beta webbiana* (aus Bandlow 1961).

Die wild vorkommenden *Beta*-Arten bzw. -Formen werden oft unter dem Begriff „Wildrüben“ zusammengefaßt, wobei jedoch zu beachten ist, daß viele Arten keine fleischigen Rübenkörper ausbilden. (Hier ist der Begriff Rübe im systematischen und nicht morphologischen Sinne gemeint.) Die Wildrüben weichen von unseren Zucker- und Futterrüben in der Wuchsform auffallend ab, so daß sie der Laie kaum für Verwandte unserer Zuckerrübe halten dürfte (Abb. 1). Bei den *Corollinae*-Arten werden Formen mit bis 1,5 m langen und 15 cm dicken spindelförmig-zylindrischen Wurzeln angetroffen, während bei den *Patellares*-Arten die Wurzeln nicht verdickt sind und die Sprosse auf der Erde dahinkriechen.

Die vier wichtigsten Kulturformen der Art *B. vulgaris* sind die Zuckerrübe, die Futterrübe (Runkelrübe), die Rote Rübe (Rote Bete) und der Mangold (Abb. 2). In dem Buch „Vom Wildgewächs zur Kulturpflanzensorte“ (K urth 1957) wird die vermutliche Entwicklung von *B. vulgaris* zu diesen vier heute angebauten Kulturformen in

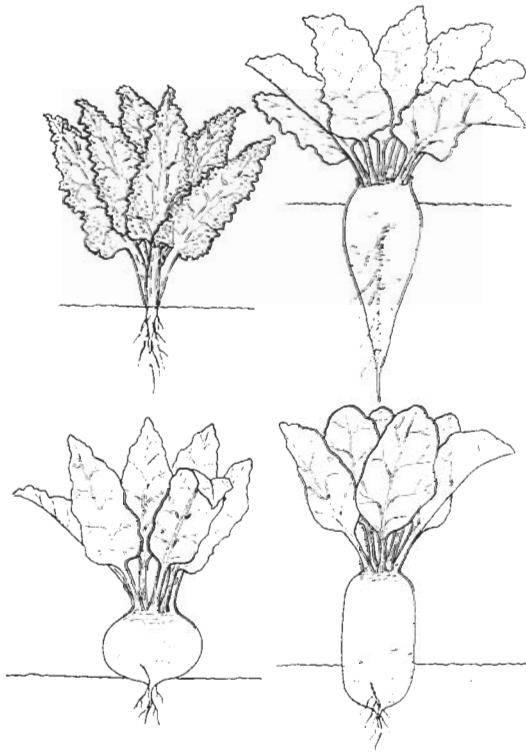


Abb. 2. Die vier kultivierten Provarietäten von *Beta vulgaris* L. Oben links Mangold, rechts Zuckerrübe; unten links Rote Bete (Rote Rübe), rechts Futterrübe (Runkelrübe). Die waagerechten Striche deuten die Erdoberfläche an.

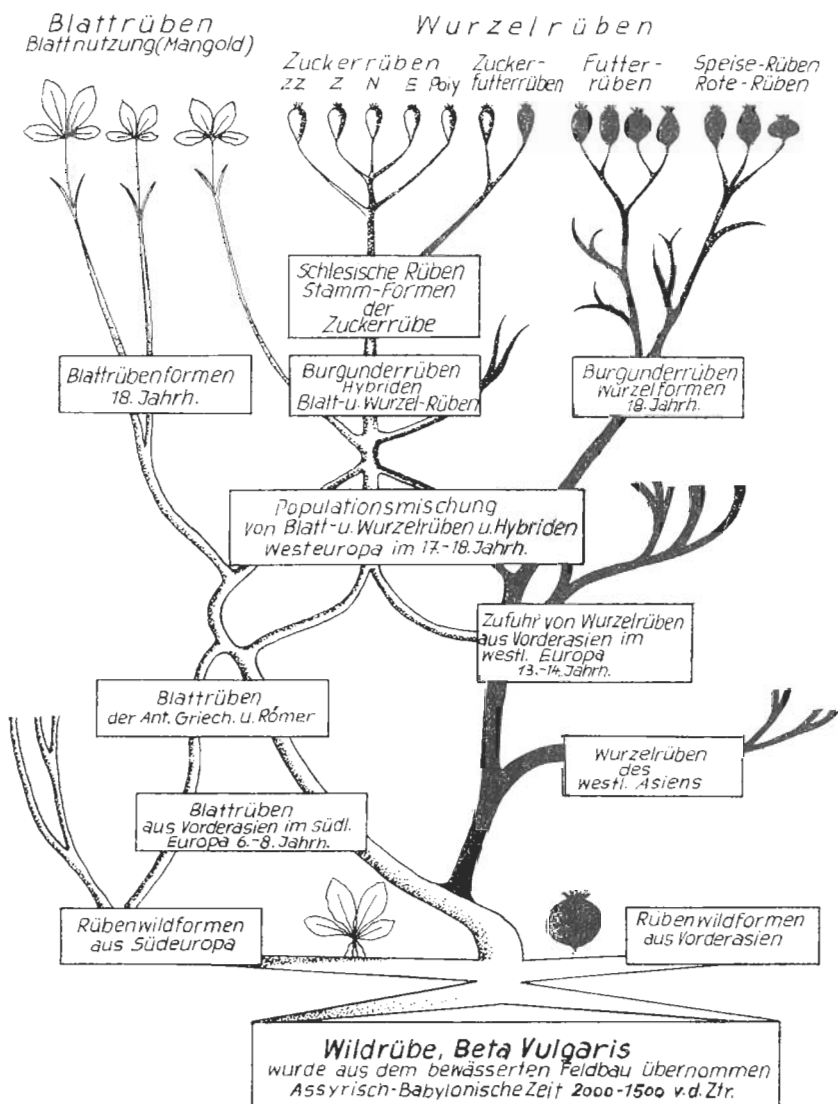


Abb. 3. Stammbaum der Kulturrüben nach Schukowski aus Kurth (1957). Abgeändert.

einem Stammbaum dargestellt (Abb. 3). Mit der morphologisch-systematischen Gliederung der uns als Stammpflanze der Zuckerrübe besonders interessierenden Art *B. vulgaris* hat sich in neuerer Zeit Helm

(1957) befaßt. Als die ältesten Kulturformen gelten mangoldartige Typen, bei denen zunächst wohl die Blätter, später auch die fleischigen Wurzeln als Nahrung dienten. Aus dem Wurzelmangold leitet sich die Futterrübe, aus dieser wiederum die Zuckerrübe ab (Einzelheiten bei Knapp 1958).

Zwischen den genannten vier Kulturformen lassen sich Kreuzungen ohne Mühe durchführen, da sie einer Pflanzenart angehören. Das ist insofern von Nachteil, als dies leicht zur Verunreinigung von Zuchtsorten führen kann. Es ist daher verständlich, daß z. B. in Zuckerrübenzüchtungs- oder Vermehrungsgebieten keine Mangold-, Futterrüben- und Rote-Bete-Bestände, aber auch keine Einzelpflanzen in Hausgärten, abblühen dürfen.

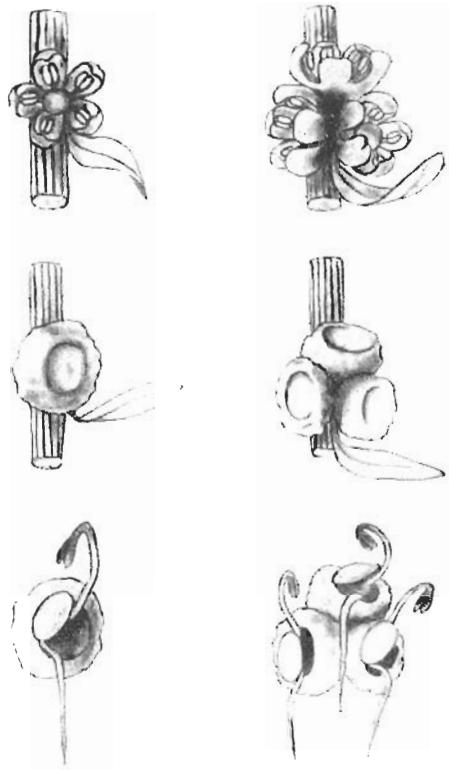
2. Morphologie und Physiologie

Im folgenden soll auf die morphologischen und physiologischen Besonderheiten eingegangen werden, wie sie beim Wachstum der Rübe im ersten und zweiten Vegetationsjahr zu beobachten sind.

Unter normalen Entwicklungsbedingungen, d. h. bei einer Erwärmung des Bodens auf 10 bis 15 °C, erreichen die aus den Knäueln des polykarpen bzw. aus den Früchten des monokarpen Saatgutes¹ hervorkommenden Keimpflanzen nach etwa 10 bis 14 Tagen die Erdoberfläche. Durch Selektionen ist es aber auch gelungen, Saatgut zu gewinnen, das bereits bei 1 bis 2 °C keimt, was in Jahren mit kühlem Frühjahr vorteilhaft ist; denn frühes Auflaufen des Saatgutes verlängert die Vegetationsperiode und trägt zur Steigerung der Zuckererträge bei. Der Keimungsvorgang spielt sich wie folgt ab: Durch den Quellungsvorgang wird zunächst das die Fruchthöhle verschließende Deckelchen abgesprengt. Dem sich streckenden Keimwurzeln (Abb. 4) der in der Fruchthöhle liegenden Keimpflanze ist damit der Weg in die Erde freigegeben. Die aus der Samenschale heraustretenden Kotyledonen (Keimblätter) bleiben während der Streckung des Hypokotyls bis zum Erreichen der Erdoberfläche zusammengeklappt abwärtsgerichtet und auf diese Weise vor Verletzungen geschützt. An den sich rasch entwickelnden jungen Rübenpflanzen werden die Laubblätter zunächst gegenständig, später in Spiralstellung ausgebildet. Für das weitere Wachstum und die Formgestaltung der Rübe spielt die Entwicklung des Hypokotyls und der Wurzel eine wichtige Rolle. Bei den in die Erde hineinwachsenden Zuckerrüben ist der aus dem Hypokotyl sich entwickelnde Rübenhals, an dem sich weder Blätter noch Seitenwurzeln bilden, kurz und dick; die Hauptmasse des Rübenkörpers wird jedoch von der Wurzel gebildet, die als Speicherorgan für die aus den Blättern abgeführte Saccharose dient. Die aus der Erde herausragenden zucker-

¹ Die Erläuterung dieser Termini findet sich in Abschnitt 6.1

Abb. 4. Halbschematische Darstellung einer einzelstehenden Blüte und Einzelfrucht von monokarpen Rüben (linke Bildreihe) sowie von in Gruppen stehenden Blüten und dem sich daraus entwickelnden Rübenknäuel einer polykarpen Rübe (rechte Bildreihe). Bei der Keimung wird der Deckel gelöst und der Keimwurzel der Weg ins Erdreich freigegeben.



ärmeren Futterrüben, insbesondere die auf Massenertrag gezüchteten, haben einen längeren und infolge des noch stärkeren sekundären Dickenwachstums auch noch massigeren Hals, während der Wurzelteil der Rübe oft relativ kurz ist (s. Abb. 2).

Ein weiteres Extrem stellen einige sich auf der Erde tellerartig ausbreitende Sorten der Roten Bete dar, bei welchen der Rübenkörper fast nur vom Hypokotyl gebildet wird.

Futterrüben weisen eine große Formenmannigfaltigkeit auf. Das ist bei Zuckerrüben nicht der Fall; sie haben stets die typische Zuckerrübenform, soweit das Wachstum der Rübe im Boden nicht gestört wird. Zucker- und Futterrüben unterscheiden sich außerdem in der Anzahl der Gefäßbündelringe; während die Zuckerrübe sieben bis elf aufweist, sind es bei der Futterrübe nur vier bis sechs. An dem zu dem Wurzelabschnitt gehörenden Teil des Rübenkörpers befinden sich zwei Wurzelrinnen, von denen aus die Seitenwurzeln in den Boden streben. Ein Ziel der Züchtung ist es, diese Rillen möglichst flach zu gestalten, damit bei der Ernte nicht zu viel Erde an der Rübe haften bleibt (s. Abb. 12).

Die Zuckerrübe bildet in den Monaten Juni und Juli einen großen Blattapparat aus. Die Zunahme der Blattmasse hält ungefähr bis Mitte August an, dann geht sie durch das Absterben der älteren Blätter langsam zurück, obwohl noch im Oktober neue, jedoch kleiner bleibende Blätter nachentwickelt werden. Die Blattmasse der Futterrüben erreicht nicht die der Zuckerrüben.

Mitunter, besonders in Jahren mit kühler Frühjahrs- und Frühsommerwitterung, entwickeln die Rüben unerwünschterweise schon im ersten Vegetationsjahr Blütentriebe („Schosser“). Das Schossen wird durch eine Kombination von Umweltreiz und genetischer Veranlagung ausgelöst und kann durch züchterische Maßnahmen weitestgehend unterbunden werden (Selektion schoßfester Populationen). Das Saatgut schoßfester Zuckerrüben läßt sich früher drillen, was sich positiv auf den Zuckerertrag auswirkt (verlängerte Vegetationsperiode!).

Das Gegenteil der Frühschosser sind die „Trotzer“, Pflanzen, die im zweiten Vegetationsjahr, in dem sie zwecks Saatgutgewinnung schossen und blühen müßten, vegetativ bleiben. Ausgelöst wird dieses Verhalten unter anderem durch zu warme Überwinterung der Stecklinge. Hinzu kommt ebenfalls eine genetische Veranlagung.

Im zweiten Vegetationsjahr folgt die generative Phase, in der die Rübe einen oder mehrere verzweigte Blütentriebe entwickelt. Die Blüten weisen unscheinbare fünfzählige Perigone auf, die bei den allmählich vom Markt verschwindenden polykarpen Sorten meist zu zwei bis fünf Stück in einem Knäuel vereinigt sind und an dem Haupttrieb und den Nebentrieben in den Blattachseln von Hochblättchen sitzen (Abb. 4). Bei den monokarpen Sorten stehen die Blüten einzeln, bisweilen auch zu zweien. Das Aufblühen erfolgt protandrisch, d. h., der Pollen wird bereits wenige Stunden vor dem Öffnen der weiblichen Blütenorgane ausgestäubt. Die Blüte beginnt am Haupttrieb und schreitet von unten nach oben fort. Die Blütezeit erstreckt sich je nach Wetterlage über einen Zeitraum von vier bis sechs Wochen und ist durch den starken Honigduft leicht wahrzunehmen. Die Anzahl der je Pflanze ausgebildeten Knäuel schwankt stark. Bei normaler Standweite kann je Samenträgerpflanze im Durchschnitt mit 15 000 Blüten in etwa 5000 Knäueln gerechnet werden. Monokarpe diploide Samenträger bilden etwa 7200, monokarpe tetraploide etwa 4200 Früchte aus.

Im Innern des Perigons der Einzelblüte liegt in Form einer Scheibe das als Diskus bezeichnete nektarabsondernde Drüsengewebe. Durch das Zentrum desselben dringt der in eine dreiteilige Narbe auslaufende Griffel des einfächrigen Fruchtknotens mit seiner kampylotropen (d. h. gekrümmten) Samenanlage. Die Fruchtkammer wird bei der Reife durch ein Deckelchen verschlossen, das bei der Keimung hochgedrückt wird.

Die Übertragung des reichlich gebildeten Pollens erfolgt sowohl durch den Wind als auch durch Insekten, was bei zu engem Zusammenliegen von Samenrübenfeldern zu unerwünschten Fremdbestäubungen führen

kann. Man hat die Pollenproduktion je Blüte auf 85 000 Pollenkörner geschätzt, so daß von einer Pflanze etwa 1 Milliarde ausgebildet werden. In beschränktem Maße kommt auch Selbstbefruchtung vor, was für die Züchtung von Bedeutung ist.

Die lange Blühzeit (Mitte Juni bis Ende Juli) läßt leider kein gleichmäßiges Reifen des Rübensamens zu. Auskunft über den Reifezustand gibt die Farbe des erwähnten Deckelchens; wenn es sich bei der Hauptmasse der Knäuel bzw. Früchte zu bräunen beginnt, muß mit dem Schnitt begonnen werden.

Die diploiden Rübensorten mit 18 Chromosomen werden gegenwärtig immer mehr von polyploiden bzw. anisoploiden Sorten verdrängt. Polyploide Rüben weisen mehr als zwei Chromosomensätze auf, meist entweder 27 oder 36 Chromosomen, erstere triploide, letztere tetraploide genannt. Tetraploide werden primär durch Behandlung mit Chemikalien (Colchicin, Acenaphthen) gewonnen (s. Abschnitt 3). Kreuzt man diese mit diploiden Pflanzen, so entstehen die besonders

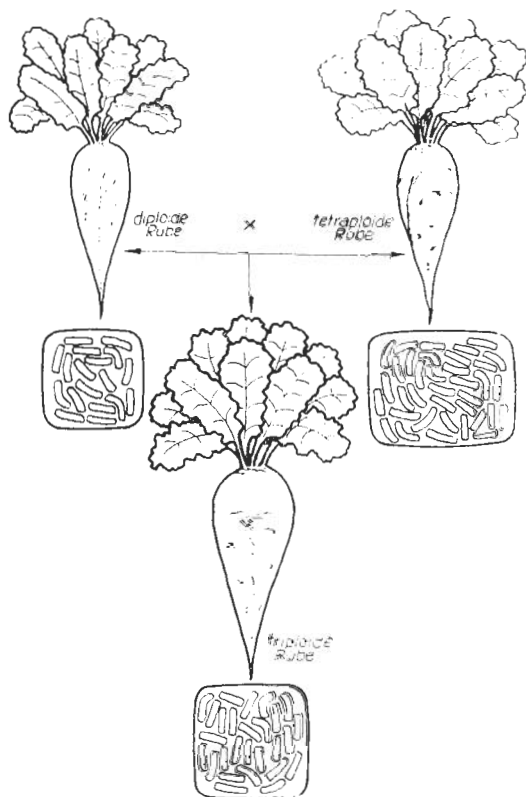


Abb. 5. Entstehung von triploiden Rüben. Aus der Kreuzung diploid $\times$ tetraploid gehen die besonders ertragreichen triploiden Pflanzen hervor.

wüchsigen triploiden Formen (Abb. 5). In anisoploiden Sorten befinden sich Pflanzen von mindestens zwei Genomstufen, meist sind aber alle drei, die di-, tri- und tetraploide, vertreten. Im Gegensatz hierzu werden Sorten, die nur aus Pflanzen einer einzigen Genomstufe zusammengesetzt sind, isoploide Sorten genannt. Polyploide Rüben zeichnen sich meist durch einen gedrungenen Wuchs sowie durch relativ breite Blätter aus.

Wir haben bereits auf die große Plastizität der Art *B. vulgaris* hingewiesen, die sich darin äußert, daß aus ihr vier in ihren Merkmalen und Eigenschaften recht verschiedene Formen gezüchtet werden konnten. Während der Züchter beim Mangold das besondere Gewicht auf die Ausbildung des Blattapparates legte, kam es bei der Roten Bete darauf an, ein schmackhaftes Rübengemüse zu züchten. Die Futterrübe soll ein nahrhaftes Viehfutter und die Zuckerrübe schließlich einen hohen Zuckerertrag liefern. Die Unterschiede sind mithin nicht nur in der äußeren Form und Farbe vorhanden, sondern auch hinsichtlich der Inhaltsstoffe. Bereits die Ausgangsform (Wildform) mußte relativ viele wertvolle Anlagen besessen haben, die sich in sehr verschiedener Richtung entwickeln ließen, wobei manche Merkmale bei der Auslese unberücksichtigt blieben, auf andere dagegen besonderer Wert gelegt wurde, so daß es allmählich zu einer Steigerung in spezielle Richtungen kam.

Der Zucker ist für die Pflanze ein Vorratsstoff. Er wird offenbar von der Pflanze nicht unbedingt in der vorliegenden Menge benötigt; denn bei der Wildpflanze, *B. maritima*, kommt er oft nur in schwacher Konzentration vor. Auch die Futterrübe weist ihn in relativ niedriger Konzentration auf. Kreuzt man Zucker- und Futterrüben miteinander, so nimmt der Zuckergehalt des Bastards eine Mittelstellung zwischen dem der Eltern ein. (Quantitative Angaben über Zuckergehalt und Zuckerertrag der Zuckerrübe siehe Abschnitt 4.1.)

Für die Bildung des Zuckers sind Gene (Erbanlagen), genauer gesagt: bestimmte Zustände des Gens, die Allele, verantwortlich. Bei Vorhandensein entsprechender Allelkomplexe verläuft der Stoffwechsel der Pflanze in Richtung besonders starker Zuckerbildung, werden dagegen diese Allelkomplexe teilweise durch andere ausgetauscht — z. B. bei Kreuzungen mit der Futterrübe durch deren Allelkomplexe —, so sinkt der Zuckergehalt zugunsten eines stärkeren Massenwuchses ab.

Die Fähigkeit, Zucker (Saccharose) zu bilden, war die wichtigste Voraussetzung dieser Pflanzenart für den Weg zur Kulturpflanze „Zuckerrübe“. Durch Selektion entsprechender Formen gelang es, Genotypen zu entwickeln, bei denen die bereits in der Wildform vorhandenen Fähigkeiten für Zuckerbildung zu hoher Vollendung gebracht wurden. Die Befähigung zur Zuckerbildung war jedoch nicht die einzige Voraussetzung dafür, daß diese Pflanze zur Kulturpflanze wurde. Noch ehe Marggraf entdeckt hatte, daß der in der Beta-Rübe vorhandene süße

Stoff mit dem Zucker des Zuckerrohrs chemisch identisch ist, hatte man diese Pflanzenart schon viele Jahrhunderte in Kultur wegen der Fähigkeit, sowohl ein schmackhaftes Blatt- als auch wertvolles Rübegemüse zu liefern. Bei dieser Pflanze kam also zur Fähigkeit der Zuckerbildung noch die zur Rübenbildung hinzu. Speicherorgane, wie z. B. Rüben, werden im allgemeinen nur bei zwei- und mehrjährigen Pflanzen ausgebildet. Die während des ersten Jahres in den Rüben angereicherten Nährstoffe dienen dem Aufbau des Samenträgers im zweiten Jahr.

Zucker ist das Ergebnis der Assimilation. Bei Vorhandensein von Sonnenlicht werden aus Wasser und Kohlendioxid der Luft in den Blättern Monosaccharide gebildet, die zu Rübenzucker (identisch mit Rohrzucker; chemisch = Saccharose) kondensiert werden. Von den Blättern wird die Saccharose hinab in den Rübenkörper geleitet. Besonders vorteilhaft für die Zuckerbildung sind sonnige, nicht zu heiße Tage und kühle Nächte, also Bedingungen, wie wir sie bisweilen im September vorfinden. Unter diesen Umweltverhältnissen wird verhindert, daß eine größere Menge des am Tage gebildeten Zuckers nachts wieder veratmet wird.

Obwohl die Wurzeln der Rübe sehr tief in die Erde hineinreichen und somit auch trockenere Perioden recht gut überstanden werden, ist sie in trockenen Jahren für zusätzliche Beregnung sehr dankbar. In den USA wird von der Möglichkeit der zusätzlichen Beregnung bereits reger Gebrauch gemacht.

Während in sonnigen, trockenen Jahren bzw. Gegenden (Bulgarien) die Rüben relativ klein bleiben, dafür aber die Zuckerkonzentration in den Rüben entsprechend höher ist, fällt das Volumen in feuchten, sonnenscheinarmen Jahren größer aus und ist mit weniger Zuckergehalt korreliert. Eine negative Korrelation zwischen Zuckergehalt und Rüben-ertrag verhindert, daß der Zuckerertrag (in dt/ha bzw. g/Rübe), der sich aus dem Produkt von Zuckergehalt in °S (Grad Sugar; früher ‰, siehe Tabelle S. 21) und Rüben-ertrag (in dt/ha bzw. g/Rübe) geteilt durch 100 errechnet, über einen bestimmten, aus der Biologie der Pflanze abzuleitenden oberen Grenzwert hinausgeht. Bei den sogenannten Z-Typen (Zuckertypen), die auf hohen Zuckergehalt gezüchtet sind (in Mitteleuropa ohne Bedeutung), bleiben die Rüben relativ klein, umgekehrt sind bei den auf Masse gezüchteten E-Typen (Ertragstypen) die Zuckerprozentage entsprechend niedriger (s. Abschnitt 3, Tabelle auf S. 21). Zwar ist der aus Zuckergehalt und Masse errechnete Zuckerertrag bei den E-Typen am höchsten — ebenso die als Viehfutter so wichtige Schnitzelmasse —, dafür müssen aber mehr Mengen vom Feld zur Fabrik transportiert und verarbeitet werden, und auch die relative Zuckerausbeute ist nicht so gut, so daß die Zuckerfabriken zuckerreiche Typen bevorzugen. Zwischen den Z- und den E-Typen liegen die N-Typen. Gegenwärtig wird, soweit es sich um den Anbau von polykarpen Sorten handelt, in der DDR eine Zuckerrübensorte vom E-Typ (die Sorte Plenta) bevorzugt. Dies geschieht besonders auch aus dem Grund, weil Zucker-

rüben in verstärktem Maße für Futterzwecke eingesetzt werden. Deshalb wird neuerdings auch der Blattmasse und Blattqualität (Eiweißgehalt) größere Beachtung geschenkt. Schließlich sind noch die polyploiden Sorten, besonders die für die Zukunft wichtigen triploiden Sorten, hervorzuheben, die eine günstige Rübenenertrags-Zuckergehalts-Relation aufweisen.

Neben Eiweiß und Zucker befinden sich weitere Stoffe in der Rübe, von denen hier nur Stickstoffverbindungen und verschiedene Salze genannt seien. Sie sind zwar unerwünscht, da sie bei der Gewinnung des Zuckers störend auftreten, werden sich jedoch als Bestandteile des lebenden Organismus nie ganz ausschalten lassen.

Aus der Abb. 6 ist die Entwicklung der Zuckerrübe während einer Vegetationsperiode ersichtlich.

Die Rübe ist unter normalen Witterungsbedingungen zweijährig, sie kann aber, wie bereits erwähnt, schon im ersten Vegetationsjahr schos-

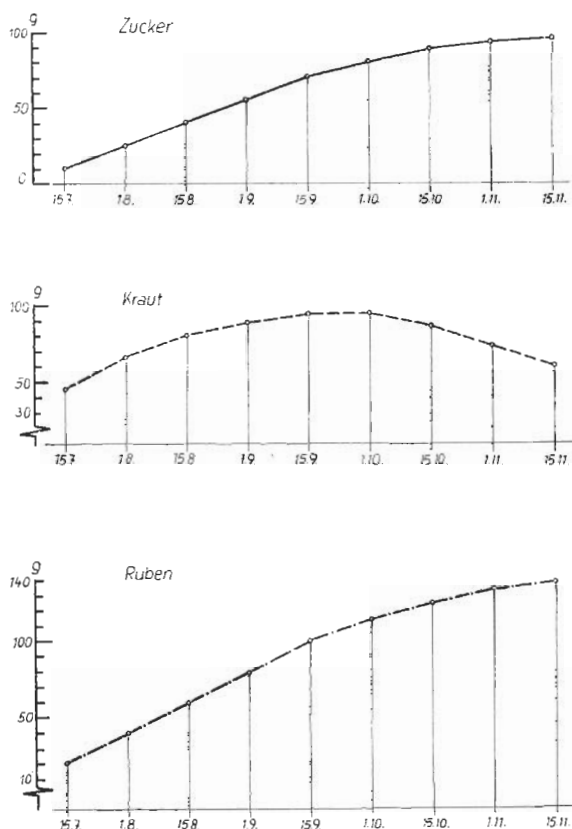


Abb. 6. Zuckerrübenwachstum.
Ausschnitt aus der Vegetationsperiode (zehnjähriges Mittel 1956–1965; untersucht in Kleinwanzleben).
Oben: Zucker (in g) je Zuckerrübe
Mitte: Trockensubstanz (in g) im Kraut (Blattapparat plus Rübenkopf) je Zuckerrübe.
Unten: Trockensubstanz (in g) im Rübenkörper je Zuckerrübe.

sen, wenn eine für die Jahreszeit zu kühle Witterungsperiode in die Vegetationszeit fällt. In der Züchtung macht man sich die Eigenschaft, durch Kälteeinwirkung zu schossen, zunutze, um schneller ein Zuchtziel zu erreichen. Notwendig ist aber neben einem Kältereiz, der einige Wochen auf die Pflanzen eines bestimmten Alters wirken muß, auch noch eine genügend lange tägliche Belichtungszeit, da die *Beta*-Rübe eine Langtagspflanze ist und daher zum Blühen eine entsprechend lange Lichtperiode benötigt. Will man zwecks Beschleunigung des Züchtungsganges die Pflanzen in einem einjährigen Zyklus heranziehen, so genügt es nicht, das im August/September geerntete Saatgut sofort wieder im Gewächshaus in die Erde zu bringen, es muß vielmehr im Frühjahr für eine kühle Temperatur gesorgt werden. Diese ruft in Kombination mit dem im Frühjahr länger werdenden Tag oder auch mit Zusatzbeleuchtung den Schoßeffect hervor. Umgekehrt kann man das Schossen von Rüben verhindern, wenn man dafür sorgt, daß die Pflanzen keine Temperaturen unter 18 °C erhalten.

Die Rübe ist ein Fremdbefruchter, bei gemeinsamem Abblühen mehrerer Pflanzen befruchten sich mithin die Pflanzen untereinander, während im allgemeinen Selbstbefruchtung nur gelegentlich oder bei Isolierung von Einzelpflanzen auftritt. Dies beruht darauf, daß der eigene Pollen auf der eigenen Narbe nicht bzw. langsamer keimt und wächst. Wird bei mehreren Generationen hintereinander Selbstbefruchtung erzwungen, so nimmt die Vitalität der Pflanzen schnell ab (Inzuchtdepression). Andererseits kann man durch Kreuzung von Pflanzen verschiedener Abstammung einen starken Vitalitätsanstieg erzielen; es tritt im Bastard eine Wachstumsstimulierung auf, die auch als *Heterosis* bezeichnet wird. Diese Erscheinung, die bei fremdbefruchtenden Pflanzenarten allgemein zu beobachten ist, wird bei der Züchtung dieser Pflanzen ausgenutzt. Der Wachstumseffekt, den man auch als Kombinationseffekt bezeichnet, läßt sich durch den stark heterozygoten Zustand des Bastards erklären. *Heterozygotie* liegt dann vor, wenn in der Pflanze zwei verschiedene Allele eines Gens (= Erbanlage) vorliegen (gemischterbiger Zustand). Je mehr Gene heterozygot sind, um so stärker heterozygot ist die Pflanze insgesamt. Bei Vorhandensein gleicher Allele wird dagegen von *Homozygotie* gesprochen (gleicherbiger Zustand). Der heterozygote Zustand bewirkt, daß einerseits gelegentlich auftretende ungünstige Allele und Defektallele durch das von der anderen Elternpflanze stammende zweite, wertvolle Allel überdeckt und unwirksam gemacht wird, andererseits eine große Mannigfaltigkeit der sich gegenseitig ergänzenden Genprodukte und dadurch eine gute Harmonie des Stoffwechsels sowie eine „Pufferwirkung“ bei ungünstiger Umwelt zutage tritt.

Auf die Pollensterilität (männliche Sterilität) und die Ursachen, die zu dieser Sterilität führen, soll in diesem Abschnitt ebenso wenig wie auf die besondere Bedeutung der *Monokarpie* (Ein-

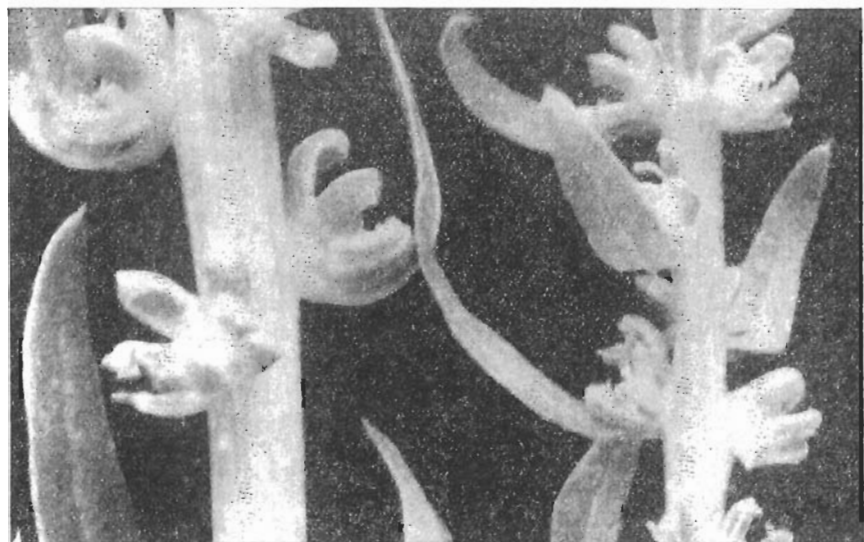


Abb. 10. Zweigabschnitte von Samenträgern einer monokarpen Sorte.

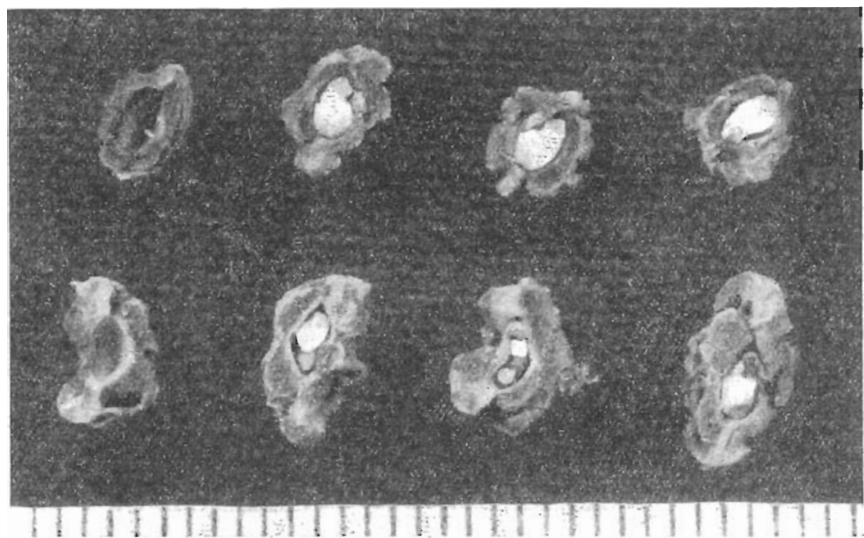


Abb. 11. Monokarpes Saatgut; aufgeschnitten. In den Fruchthöhlungen sind die auf der Abbildung hell erscheinenden Samen zu erkennen. Links leere Fruchthöhlungen. Oben: erwünschte große Früchte mit großen Samen; unten: unerwünschte Früchte mit kleinen Samen.