

Es soll auch versucht werden, ob nicht Nährstoffmangel die Blütenbildung fördert.

Bei den zu isolierenden Klonen wird man hauptsächlich nach 4 Gesichtspunkten auslesen:



Abb. 2. Einfluß des Nährstoffmangels auf die Blütenbildung. In der Mitte die Hungerpflanzen, rechts und links die normal ernährten Kontrollpflanzen. Die Kontrollpflanzen haben schon stark fortgeschrittene Knospen, während die Hungerpflanzen noch keine Knospenbildung zeigen.

Knollenform, Ertrag, Gehalt, frühe Blütezeit. Sind die genannten Eigenschaften einzeln in verschiedenen Klonen vertreten, so wird man durch Kombinationskreuzung sie in einer neuen Sorte zu vereinigen suchen.

Zum Schluß wäre noch auf die Spezieskreuzungen bei *Helianthus* hinzuweisen. Es existieren neben *Helianthus tuberosus* noch

einige knollentragende Spezies. Wenn auch die einzelne Art für sich den Anbau nicht lohnt, so entstehen durch Kreuzungen sicher Formen mit neuen wertvollen Eigenschaften.

In klimatisch günstig gelegenen Gebieten läßt sich mit einer groß angelegten Sämlingszucht



Abb. 3. Blühende *Helianthus tuberosus*. Die Knollen wurden am 6. 2. 29 ausgelegt und im Warmhaus angetrieben. Erste Blüte am 8. 6. 1929.

unter Heranziehung der jetzt schon wild vorkommenden Varietäten aus Topinambur sicher viel herausholen. Es besteht aber doch berechnete Hoffnung, auch hier, wo die Verhältnisse viel ungünstiger liegen, eine neue Hackfrucht zu erzeugen, die im Notfall auch imstande ist, einen Rohstoff zu liefern, der den Rohrzucker ersetzt.

(Aus dem Institut für Zucker-Industrie, Berlin.)

Die Nichtzuckerstoffe der Rübe¹.

Von O. Spengler.

Die Zuckerrübe, deren Bedeutung für die Volkswirtschaft und Landwirtschaft außer Frage steht, ist gleichzeitig der Rohstoff einer unserer

¹ Vorgetragen auf der gemeinsamen Tagung der „Gesellschaft zur Förderung deutscher Pflanzenzucht“ und der „Vereinigung für angewandte Botanik“ in Königsberg i. Pr., Juni 1929.

wichtigsten landwirtschaftlichen Industrien. Bei der Züchtung der Rübe mußte daher auf die besonderen Anforderungen der Zuckerindustrie Rücksicht genommen werden. Ein möglichst hoher Zuckergehalt wurde deshalb angestrebt und ist im Verlauf der Weiterzüchtung auch erzielt worden. Nun ist es eine lange bekannte

Tatsache, daß die Forderung des hohen Zuckergehaltes sich nur erreichen ließ, wenn man gleichzeitig auf einen größeren Ertrag an Rüben pro Flächeneinheit Verzicht leistete. Dies ist auch heute noch gültig. Die Forderung eines hohen Zuckergehaltes muß von seiten der Industrie deshalb gestellt werden, weil ein solcher parallel geht mit einer erhöhten Reinheit der in der Rübe enthaltenen Säfte. In den Säften der Rüben sind außer dem Zucker noch eine große Anzahl anderer Stoffe vorhanden, die bei der Zuckerherstellung die Gewinnung des Zuckers erschweren, indem sie mit einem Teil des Zuckers ein stabiles System bilden, aus dem durch keinerlei physikalische Methoden, sei es durch Konzentration oder durch Abkühlen, technisch Zucker gewonnen werden kann. Diese Stoffe bezeichnen wir als Nichtzuckerstoffe der Rübe. Es muß ausdrücklich betont werden, daß wir auch heute noch nicht alle in der Rübe vorhandenen Nichtzuckerstoffe sowohl der Qualität als auch der Quantität nach kennen. Wir teilen die Nichtzuckerstoffe ein in solche anorganischer und organischer Natur, die zum großen Teil für die Verarbeitung in der Fabrik als schädlich anzusehen sind, da sie Melassebildner sind, während ein kleiner Teil sich nützlich für die Verarbeitung auswirkt. Ein weiterer Teil ist für die Verarbeitung als bedeutungslos anzusehen, da dieser entweder nicht in die Säfte bei der Auslaugung gelangt oder während des Fabrikationsganges unlöslich abgeschieden wird. Wenn wir zunächst die anorganischen Nichtzuckerstoffe betrachten, so können wir in der Rübe die Anwesenheit von Kalium und in kleiner Menge von Natrium feststellen. In noch geringerer Menge sind Calcium- und Magnesiumverbindungen sowie Eisensalze vorhanden; wenn wir von Spuren Mangan, Nickel, Zink usw. absehen. An anorganischen Anionen haben wir hervorzuheben: Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Chlor, Salpetersäure u. a. Alle diese anorganischen Verbindungen bilden das, was wir kurz als Asche bezeichnen. Der Aschegehalt der Rübe liegt um etwa 0,6% herum. Da 50—60% der Asche aus Kaliverbindungen bestehen, so kommt unter den organischen Verbindungen dem Kalium die größte Bedeutung als Nichtzuckerstoff zu. Für die Zuckerindustrie sind die Kaliverbindungen deshalb von Wichtigkeit, weil sie den Reinigungsprozeß der Scheidung bzw. Saturation fast unverändert passieren und damit die Ausbeute an Zucker vermindern. Der Landwirt kann für die rübenverarbeitende Industrie dem übergroßen Gehalt der Rübe an Kalium dadurch vorbeugen, daß er von *über-*

starker Düngung mit Kali Abstand nimmt. Bei einer solchen entsteht ein für die Zuckerzeugung ungeeignetes Rübenmaterial, das sich durch zu große Weichheit auszeichnet. Man erhält musige Schnitzel, die bei der Saftgewinnung doppelt schädlich wirken, einerseits infolge der musigen Beschaffenheit, andererseits dadurch, daß diese Schnitzelform mehr Nichtzuckerstoffe bei der Auslaugung an den Saft abgibt. Die Gefahr einer Überdüngung mit Kali ist bei der heutigen wirtschaftlich schwierigen Lage der Landwirtschaft wohl nicht zu befürchten. Die übrigen neben Kalium vorhandenen Basen, wie Natrium, Eisen, Zink, Magnesium, Calcium, sind infolge ihrer geringen Menge für die Zuckergewinnung von untergeordneter Bedeutung. Es dürfte aber wohl interessieren, daß im Institut für Zucker-Industrie unlängst die Anwesenheit von Zink in der Rübe festgestellt wurde, und zwar in Mengen von etwa 2 mg in 1000 g Rübe, d. h. etwa 0,0002%. Anlaß zu dieser Untersuchung gab die Tatsache, daß die Regierung die Anwendung von verzinkten Gefäßen in der Lebensmittelindustrie und damit in der Zuckerindustrie verbieten wollte. Durch unsere Untersuchungen wurde gezeigt, daß schon in dem Rohstoff, d. h. in der Rübe, ebensoviel oder sogar mehr Zink vorhanden ist als in den Verbrauchszuckern. Offenbar kommt dem Zink eine noch unerkannte physiologische Bedeutung zu. Dafür spricht, daß Zink in erheblich größeren Mengen in der Muttermilch, in der Kuhmilch, in Eiern, im Spinat und in anderen Lebensmitteln vorkommt; es ist also in diesen kleinen Mengen als absolut unschädlich anzusehen.

Wenn wir uns nun den anorganischen Anionen, d. h. den Säuren, zuwenden, so stoßen wir auf die für die Pflanzen, den Landwirt und die Zuckerindustrie wichtigste, nämlich die Phosphorsäure. Zur Zeit der Entdeckung des Phosphors und seiner Auffindung in der Gehirnschubstanz prägte man den Satz: Kein Gedanke ohne Phosphor. Ich möchte auf Grund verschiedener im Gang befindlicher Untersuchungen sagen: Ohne Phosphor keine Reife, kein Ertrag und kein für die Fabrikation geeignetes Rübenmaterial. Wenngleich die Bedeutung der Phosphorsäure für die Rübe eigentlich schon seit KNAUERS Zeiten bekannt ist, möchte ich dennoch diesem Nichtzuckerstoff einige Worte widmen, da die Wichtigkeit dieses Nährstoffes für die Rübe und deren Qualität vielleicht etwas in Vergessenheit geraten ist. Die Menge des Phosphors in der frischen Rübe ist an und für sich gering, sie beträgt etwa 0,06

bis höchstens 0,1%. Letztere Menge fanden wir in amerikanischen Rüben, die sich sehr gut verarbeiten ließen und das bekannte feste knackige Gefüge zeigten, das eine gute Schneidbarkeit bedingt. Eine große Anzahl der Arbeiten meines Instituts zeigten die große Bedeutung der Phosphorsäure für die Verarbeitung, indem diese Säure als einer der Hauptbildner der natürlichen Alkalität anzusehen ist. Die große Wichtigkeit der natürlichen Alkalität ist durch unsere Arbeiten einwandfrei festgestellt. Der rübenverarbeitenden Industrie ist daher mit einer reichlich mit Phosphor gedüngten Rübe sehr gedient, aber auch der Landwirtschaft erwächst selbst bei einer Überdüngung keinerlei Schaden, da die Phosphorsäure im Gegensatz zum Kalium aus dem Boden so gut wie nicht ausgewaschen wird. Die Reife wird beschleunigt. Aus im Gange befindlichen Arbeiten kann geschlossen werden, daß die Phosphorsäure bei der Zuckerbildung in der Rübe von ausschlaggebender Bedeutung ist. Näheres hierüber kann ich zur Zeit noch nicht sagen.

Die Menge der Schwefelsäure-, Chlor- und anderen Anionen ist im Vergleich zu der der Phosphorsäureionen gering und kann deshalb in Anbetracht der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit außerhalb unserer Betrachtung bleiben.

Auf das Vorhandensein von Salpetersäure komme ich später noch zu sprechen.

Damit wäre in kurzen Zügen auf die wichtigsten anorganischen Nichtzuckerstoffe der Rübe und ihre Bedeutung für die Zuckerfabrikation hingewiesen. Von den organischen Nichtzuckerstoffen interessieren uns zunächst einmal diejenigen, die neben dem Rohr- oder Rübenzucker in der Zuckerrübe vorkommen. Es sind dies hauptsächlich drei Arten, nämlich die Raffinose, die Fructose und die Glucose. Während die beiden letzteren im strengsten Sinne nicht als Nichtzuckerstoffe anzusehen sind, da sie die Zwischenstufen bei der Bildung des Rohrzuckers sind, ist die Raffinose als schädlicher Nichtzuckerstoff zu betrachten. Fructose und Glucose, kurz als Invertzucker bezeichnet, kommen in frischen Rüben in der Menge von 0,1% vor. Durch den Fabrikationsprozeß werden diese Zuckerarten sehr bald zerstört, während die Raffinose den Fabrikationsprozeß unverändert passiert. Dies ist insofern schädlich, als sie unter Umständen in den Verbrauchszucker gelangt und hier einen höheren Zuckergehalt vortäuscht als wirklich vorhanden ist, da die Raffinose etwa 1,85 mal so stark dreht als Rübenzucker. Der Gehalt an Raffinose in

der frischen Rübe beläuft sich auf etwa 0,02% und geht zuweilen darüber. Interessant ist, daß der Raffinosegehalt hauptsächlich von der Witterung abhängig ist. Wir haben in Deutschland die Erfahrung gemacht, daß in nassen Jahren der Raffinosegehalt erheblich wächst. Damit steht in Übereinklang, daß beispielsweise Rüben in Kalifornien, die also in einem ariden Klima gewachsen sind, fast vollständig raffinosefrei sind. Während wir über den Entstehungsvorgang des Zuckers heute schon einige bestimmte Vorstellungen haben können, herrscht über die Bildung der Raffinose in den Rüben noch völliges Dunkel. Von den stickstofffreien organischen Nichtzuckerstoffen ist neben den Pentosanen wohl noch das Pektin zu erwähnen, welches im Fabrikationsprozeß in den letzten Diffuseuren zum Teil ausgelaugt wird und durch den Scheidungsprozeß fast vollständig entfernt werden kann. Ein kleiner Teil wird hierbei jedoch zersetzt und in Metapektin übergeführt, welches Melasse bildet und damit als schädlicher Nichtzuckerstoff anzusehen ist. Manche Trockenschnitzel zeigen einen ausgesprochenen Geruch nach Vanillin. Dieses Produkt stammt aus dem in der Rübe in äußerst geringen Mengen vorhandenen Coniferin. Infolge der äußerst kleinen Menge, in welcher es vorkommt, ist das Coniferin völlig bedeutungslos.

Neben den bisher genannten haben wir noch eine Anzahl von organischen Säuren in der Rübe, wie z. B. Protocatechusäure, Arabinsäure, Oxalsäure, Bernsteinsäure, Glutarsäure, Äpfelsäure, Weinsäure, Oxyglutarsäure, Aconitsäure, Tricarbaldehydsäure, Citronensäure und verschiedene Rübenharzsäuren. Oxalsäure und Weinsäure sind in der Form ihrer Kaliumsalze vorhanden und werden bei der Scheidung fast vollständig ausgefällt, wobei gleichzeitig natürliche Alkalität gebildet wird. Die Anwesenheit dieser Stoffe ist daher für die Fabrikation nicht ungünstig. Nun komme ich zu der wichtigsten Gruppe der organischen Nichtzuckerstoffe, nämlich den stickstoffhaltigen, die wir zweckmäßig in Eiweißstoffe und Nichteiweißstoffe einteilen können. Wir können im Durchschnitt mit einem Stickstoffgehalt von 0,21% in der Rübe rechnen, und zwar wächst der Stickstoffgehalt von der Wurzel bis zum Kopf allmählich an, so daß im Kopf rund doppelt soviel Stickstoffverbindungen als im Schwanz vorhanden sind. Von diesem Gesamtstickstoff entfällt ein erheblicher Teil auf den Eiweißstickstoff, während Ammoniak- und Amidstickstoff bzw. Betain und schädlicher Stickstoff den Rest ausmachen. Interessant ist, daß die jungen Rüben nur wenig

Eiweiß enthalten, während es sich bei zunehmendem Alter immer mehr vermehrt und im Reifezustand der Eiweißgehalt etwa 50% des Gesamtstickstoffs beträgt. Das Eiweiß gelangt beim Auslaugen der Schnitte in die Säfte und wird während des Fabrikationsganges koaguliert bzw. während der Scheidung als Kaliumalbuminat ausgefällt. Dennoch läßt es sich niemals vermeiden, daß ein Teil des Eiweißes abgebaut und in schädlichen Stickstoff verwandelt wird. Als schädlichen Stickstoff bezeichnet der Zuckerfabrikant denjenigen Anteil des Stickstoffes, welcher den Fabrikationsgang passiert und in der Melasse wiedergefunden wird. Es wäre für den Rübenzüchter ein dankbares Problem, Rüben zu züchten, deren Gehalt an schädlichem Stickstoff möglichst gering bleibt. Durch Erfahrung ist festgestellt, daß der schädliche Stickstoff bei weitem mehr Zucker in Lösung hält, als dies die anorganischen Bestandteile, kurz die Asche genannt, vermögen. Während auf 1 Teil Asche rund 5 Teile Zucker nicht gewonnen werden können, also als Melasse erscheinen, vermag ein Teil schädlicher Stickstoff 25—28 Teile Zucker in Lösung zu halten. Daraus erhellt ohne weiteres die große Bedeutung des schädlichen Stickstoffs für die Fabrikation. Wie schon erwähnt, werden die Eiweißstoffe unter normalen Verhältnissen nahezu quantitativ entfernt, während die Körper nicht eiweißhaltiger Natur vielfach unzersetzt den Fabrikationsgang passieren. Es seien hier nur genannt: Asparagin, Glutamin, Glutaminsäure in ihren verschiedenen Modifikationen, Glutaminsäure, Betain, Leucin, Thyrosin, Xanthin, Guanin, Hypoxanthin, Adenin, Carnin, Arginin, Guanidin, Alantoin, Vernin und Vicin. Von diesen Stoffen steht der Menge nach das Betain an der Spitze. Man hat davon in der Rübe 0,14% nachgewiesen. In wesentlich geringerer Menge kommen Glutamin, Asparagin und ähnliche Säuren vor, während die übrigen genannten wohl nur in Spuren vorkommen. Die stickstoffhaltigen Verbindungen sind für die Entwicklung der Rübe von ausschlaggebender Bedeutung, sie werden auf bisher noch ungeklärte Weise aus dem Stickstoff gebildet, welchen die Rüben aus dem Boden aufnehmen. Im allgemeinen nimmt mit zunehmender Reife der Stickstoffgehalt in den Rüben ab und geht beim Zustand der Reife auf das für die Fabrikation günstigste Minimum herab. Es ist infolgedessen falsch,

wenn der Landmann der Rübe in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium Stickstoff in der Ammoniakform darbietet. Da der Nitrifikationsvorgang im Boden eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, wird die Rübenwurzel noch um die Zeit der Ernte herum Stickstoff im Boden vorfinden. Der Reifezustand verzögert sich, und damit sinkt die Qualität der abgeernteten Rüben für die Fabrikation. In dieser Beziehung dürfte es die Herren interessieren, daß die Amerika-Studien-Kommission des Vereins der Deutschen Zucker-Industrie in den Vereinigten Staaten die Beobachtung gemacht hat, daß die dortigen Rüben sich vorzüglich verarbeiten lassen. Einerseits liegt dies daran, daß die dortigen Rüben phosphorreicher als die deutschen sind, andererseits kennt man drüben nicht eine künstliche Düngung mit Stickstoff. Die Folge davon ist, daß der Gehalt der amerikanischen Rüben an Stickstoffsubstanzen und insbesondere Eiweiß erheblich geringer ist als in Europa. Ich will damit nicht sagen, daß wir in Europa mit zuviel Stickstoff düngen. Ich möchte nur davor warnen, den Rüben noch spät Stickstoff in der Ammoniakform zu geben. Auch eine zu reichliche späte Düngung mit Salpeter kann dazu führen, daß der Rübenkörper direkt Nitrationen aufnimmt, wodurch die Saftreinheit selbstverständlich verschlechtert wird. Das Ziel der Züchtungen muß sein, eine Rübe heranzuziehen, deren schädlicher Stickstoff möglichst gering ist, und ich bin überzeugt, daß uns die Zukunft auch in dieser Beziehung Fortschritte bringen wird. Während wir über die Bedeutung einiger, insbesondere anorganischer Nichtzuckerstoffe für das Leben der Pflanzen einigermaßen orientiert sind, herrscht über die Bedeutung der Mehrzahl der Nichtzuckerstoffe für das pflanzliche Leben noch heute ein großes Dunkel.

Wenn ich Ihnen heute in ganz kurzen Zügen über die Nichtzuckerstoffe und ihre Bedeutung für die Zuckerfabrikation einiges gesagt habe, so bin ich mir wohl bewußt, daß ich in der kurzen Zeit das Gebiet nur schlaglichtartig streifen konnte, indem nur die wichtigsten Vertreter der Nichtzuckerstoffe erwähnt wurden. Das gesamte Gebiet ist ja ungeheuer groß, und wir kennen auch heute noch nicht alle in der Rübe vorkommenden Stoffe. Es sind zur Zeit etwas über 300 Nichtzuckerstoffe in der Rübe identifiziert worden.