

Landtechnische Forschung

HERAUSGEBER: KURATORIUM FÜR TECHNIK IN DER LANDWIRTSCHAFT
UND FACHGEMEINSCHAFT LANDMASCHINEN IM VDMA

Heft 1/1959

MÜNCHEN

9. JAHRGANG

Carl Heinrich Dencker Clemens Heller u. Wolfgang Brinkmann:

Saatgut und Saatstärke in der Zuckerrübenbestellung

Institut für Landtechnik, Bonn

Das Saatgut der Kulturformen der Beta-Rüben nimmt in mancherlei Hinsicht im Vergleich zu dem Saatgut der übrigen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen eine Sonderstellung ein. Botanisch gesehen ist es eine Scheinfrucht, die mehrere Samenanlagen enthält. Von Natur aus ist nur ein kleiner Anteil der Samen einkeimig, wodurch das spätere Vereinzeln sehr erschwert wird. Zwar ist man bemüht, auf züchterischem Wege das Problem der Einkeimigkeit zu lösen, doch wird man noch Jahre benötigen, bis man die Erbanlage „einkeimig“ mit den übrigen Leistungs- und Werteeigenschaften gekoppelt hat.

Da eine solche Einkeimigkeit des Saatgutes, womöglich verbunden mit einer Einzelkornablage, den Arbeitsaufwand für das Vereinzeln wirksamer herabdrückt als alle Verfahren eines nachträglichen Ausdünnens dichter Bestände von Normalsaatgut [1], sind verschiedene Verfahren zur mechanischen Aufbereitung des Saatgutes entwickelt worden: Das älteste Verfahren der fraktionierten Segmentierung wurde von Knolle in Halle/S. vor etwa 20 Jahren entwickelt. Die marktübliche Bezeichnung „Monogermisamen“ für ein nach diesem oder nach anderen Verfahren mechanisch aufbereitetes Saatgut ist nicht ganz richtig, weil noch ein gewisser Anteil von mehrkeimigen Knäulen vorhanden ist.

Durch den mechanischen Aufbereitungsprozeß ist das Saatgut nicht nur in seiner äußeren, physikalischen Form, sondern auch in der Zahl der Keime, die in einem Knäuel enthalten sind, verändert worden. Da die Begriffe für die Kennzeichnung der Eigenschaften von Rübensaatgut nicht überall einheitlich sind, sei zuvor eine klare Definition der in den folgenden Ausführungen verwendeten Begriffe vorgenommen (s. Tabelle):

Von den aufgeführten Kennwerten ist die mittlere Keimzahl für den Vergleich von Normalsaatgut und Monogermis Saatgut besonders wichtig. Während das normale, nicht bearbeitete Rübensaatgut eine mittlere Keimzahl von 1,8—2,0 hat, ist die mittlere Keimzahl bei aufbereitetem Saatgut wesentlich herabgesetzt und liegt, je nach dem Aufbereitungsverfahren, zwischen 1,2 und 1,6. In Deutschland sind für die Herstellung von Monogermis Saatgut zwei Aufbereitungsverfahren üblich:

1. Das Segmentieren nach dem Verfahren Knolle, bei dem Normalsaatgut gebrochen und in einzelne Knäuelbruchstücke aufgespalten wird,
2. Das Polieren nach dem Verfahren Kleinwanzleben, bei dem Normalsaatgut (vor allem klein- und mittelknäuliger Normalsamen) äußerlich abgerieben und poliert wird.

Das segmentierte Saatgut ist das meist verwendete Monogermis Saatgut. Es hat eine mittlere Keimzahl von durchschnittlich 1,25. Dagegen hat das nach dem Polierverfahren hergestellte Monogermis Saatgut eine mittlere Keimzahl von 1,5 im Durchschnitt. Die Ansichten, ob es richtiger ist, eine möglichst weit herabgesetzte mittlere Keimzahl anzustreben oder eine gewisse Anzahl von Doppelkeimern in Kauf zu nehmen, gehen seit Jahren auseinander. Für eine möglichst hohe Einkeimigkeit spricht die damit erzielbare Arbeitersparnis beim Vereinzeln; für das Beibehalten von etwas mehr Doppelkeimern wird dagegen die damit erzielte größere Pflanzenreserve, also ein besser gesicherter Aufgang, ins Feld geführt. Auffällig ist, daß diese Kontroverse allgemein verstummt bei den hohen Erwartungen, die in aller Welt

Laborwerte	Feldwerte	Bezugswerte Feld : Labor
Keimfähigkeit = %-Anteil der Knäule, der nach der üblichen Keimfähigkeitsprüfung [2] im Labor aufläuft	Feldkeimfähigkeit = %-Anteil der Knäule, der auf dem Feld aufgeht	Knäuelaufgang = Verhältnis von Feldkeimfähigkeit zu Keimfähigkeit im Labor
Keimsumme = Gesamtzahl der Keime je 100 Knäule, die bei der üblichen Keimfähigkeitsprüfung im Labor auflaufen	Feldkeimsumme = Gesamtzahl der Keime je 100 Knäule, die auf dem Feld aufgehen	Keimaufgang = Verhältnis von Feldkeimsumme zu Keimsumme im Labor
Mittlere Keimzahl = durchschnittliche Zahl der Keime je aufgelaufenes Knäuel bei der üblichen Keimfähigkeitsprüfung im Labor	Mittlere Feldkeimzahl = durchschnittliche Zahl der Keime je aufgegangenes Knäuel auf dem Feld	
Keimschnelligkeit*)		
Triebkraft*)		

*) Hier ist keine Definition vorgenommen worden, da diese Werte in den nachfolgenden Darlegungen nicht vorkommen. Da sie aber üblich sind, jedoch keine einheitliche Definition vorliegt, wurden sie der Vollständigkeit halber nur mit angeführt

an die Züchtung eines natürlich einkeimigen Saatgutes geknüpft werden, obwohl hier die Pflanzenreserve infolge der praktisch ganz fehlenden Doppelkeimer nochmals um die gleiche Differenz kleiner ist.

Eine weitere Eigenschaft des Rübensaatgutes, die die Mechanisierung der Bestell- und Pflegearbeiten außerordentlich erschwert, ist die geringe Keimfähigkeit zum Beispiel im Vergleich mit dem Getreide. Während man bei Saatgetreide eine Keimfähigkeit fordert, die nahe an 100% liegt, erreicht man bei Rübensaatgut selten 90%. In der Regel liegt die Keimfähigkeit bei 70–80% und in ungünstigen Fällen auch unter 70%. Diese im Labor festgestellten Werte für die Keimfähigkeit werden aber auf dem Feld gar nicht erreicht. Der Aufgang schwankt, je nach der Saatgutqualität sowie den Boden- und Witterungsverhältnissen, in sehr weiten Grenzen. Unter günstigen Bedingungen kann beim Rübensaatgut ein Keimaufgang von 70–80% erreicht werden, wogegen unter ungünstigen Bedingungen oft weniger als 30% Keimaufgang erzielt wird. Der Landwirt hat also bei der Wahl der Aussaatstärke ein doppeltes Risiko einzukalkulieren: die Schwankungen in der Keimqualität des Saatgutes sowie in der Gunst oder Ungunst der Boden- und Witterungsverhältnisse.

Solange man mit der Drillmaschine die Rüben aussät, kann man sich, wenn man die Saatgutqualität einigermaßen kennt, mit der Saatstärke den jeweiligen Verhältnissen weitgehend anpassen. Diese Möglichkeit der Anpassung wird jedoch bei der Einzelkornsaat, wo die Knäuelablage stückweise erfolgt, stark eingeengt: der Sollabstand der Knäule darf einerseits unter 3 cm nicht heruntergehen, da dann die Vorteile der Arbeitserleichterung beim Vereinzeln verlorengehen würden; andererseits darf man über 5 cm nur in seltenen Ausnahmefällen mit besonders günstigen Bedingungen hinausgehen, wenn die Pflanzenreserve nicht zu klein werden soll. Das heißt also, daß man bei der Einzelkornsaat mit Saatstärken zwischen 5 und 9 kg/ha arbeitet, während man bei der Drillsaat die doppelte Saatmenge und mehr ausbringt. Diese stark herabgesetzte Aussaatmenge ist ein entscheidendes Kriterium der Einzelkornsaat im Vergleich zur Drillsaat, dem Rechnung getragen werden muß durch eine entsprechende Einengung des Gesamtrisikos.

Da sich die Unsicherheit des Witterungsverlaufes weitgehend einer Beeinflussung durch Menschenhand entzieht, bleiben für die Einengung des Aufgangsrisikos neben einer folgerichtigen Bodenvorbereitung und Saatbettgestaltung — die hier unterstellt werden sollen — nur folgende Möglichkeiten bestehen: Erhöhung der Pflanzenreserve durch eine höhere mittlere Keimzahl, Erhöhung der Keimfähigkeit, Verbesserung des Knäuel- bzw. Keimaufganges unter ungünstigen Feldaufgangsbedingungen. Über die Frage, welche Bedeutung diesen einzelnen Faktoren in ihrer relativen Wirkung auf das Endergebnis, also den tatsächlichen Aufgang auf dem Feld, zukommt, herrscht vielfach Unklarheit. Diese Zusammenhänge unterliegen aber weitgehend Gesetzmäßigkeiten, die rein mathematischer Natur sind. Sie sollen daher in den folgenden Ausführungen durchleuchtet und näher untersucht werden. Aus den daraus sich ergebenden Folgerungen lassen sich die Möglichkeiten und Grenzen abstecken, die für ein bestimmtes Säverfahren unter gegebenen Voraussetzungen bestehen.

Für die Kennzeichnung eines Rübensaatgutes wird im allgemeinen neben der Keimfähigkeit auch die mittlere Keimzahl herangezogen. Zwischen beiden können gewisse Wechselbeziehungen bestehen. Unterstellt man z. B., daß jeder Keim für sich eine Einheit darstellt, so bedeutet das, daß jeder einzelne Keimling unter ungünstigen Aufgangsbedingungen die gleiche Chance hat, abzusterben oder durchzukommen, gleichgültig, ob er sich in einem einsamigen oder mehrsamigen Knäuel befindet. Das heißt mit anderen Worten, daß mehrere Keimanlagen in einem Knäuel eine echte Reserve für ungünstige Aufgangsverhältnisse darstellen. Geht man dagegen von der Annahme aus, daß jedes Knäuel als eine Einheit zu betrachten ist, so bedeutet das, daß alle Knäule unabhängig von der Zahl ihrer Keimanlagen unter ungünstigen Aufgangsbedingungen die gleiche Chance haben, aufzugehen oder abzusterben. Zur Zeit gehen die Meinungen, ob die erste oder die zweite Annahme richtig ist, auseinander. Es ist zu vermuten, daß selten nur diese oder nur jene Unterstellung allein zutrifft, sondern stets die Mortalität teilweise an den einzelnen

Keim und teilweise an das ganze Knäuel gebunden ist. Deshalb soll in den folgenden Überlegungen stets mit beiden Annahmen gerechnet und in ihrer Wirkung gegenübergestellt werden.

Die Unterstellung der gleichen Mortalität der Keime ermöglicht, bei verschieden hohem Keimaufgang im Feld theoretisch zu errechnen, wie hoch der Anteil der im Feld 1-, 2-, 3- und mehrkeimig auflaufenden Knäule ist. LEACH und BAINER [3] haben als erste diese mathematischen Überlegungen angestellt. Sie gingen zunächst davon aus, daß das Saatgut eine Keimfähigkeit von 100% besitzt, also alle Knäule keimen. Weiter unterstellten sie, daß das Saatgut „reinerassig“ ist und nur aus Knäulen mit gleicher Keimzahl n je Knäuel besteht. Von diesen beiden Annahmen sei auch im folgenden zunächst ausgegangen. Es laufen also im Labor bei einer theoretischen Keimfähigkeit von 100% von 100 eingelegten Knäulen 100mal n Keime auf. Bei sinkendem Keimaufgang auf dem Feld geht die durchschnittliche Zahl der Keime je Knäuel zurück. Dabei sind verschiedene Anteile von Knäulen mit $x = 0, 1, 2, \dots, n$ Pflanzen möglich. Die Wahrscheinlichkeit (relative Häufigkeit) des Auftretens von x Pflanzen aus einem Knäuel ist rechnerisch nach der Kombinationslehre und nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung durch die Binomialverteilung zu bestimmen [4]. Allgemein gilt als Wahrscheinlichkeit in der Binomialverteilung:

$$w = \binom{n}{x} a^x (1-a)^{n-x} \quad (1)$$

Im vorliegenden Falle ist:

x die Zahl der Pflanzen je Knäuel, deren Wahrscheinlichkeit des Auftretens bei verschiedenen Feldbedingungen gesucht wird,

n die Zahl der im Labor auflaufenden Keime je Knäuel,

a der Keimaufgang, der das Verhältnis der Gesamtzahl der jeweils im Feld aufgehenden Pflanzen zur Zahl der im Labor aufgelaufenen Keime ausdrückt (s. o.).

So ist z. B. die Wahrscheinlichkeit des Auflaufens von $x = 1$ Pflanze je Knäuel aus einem Saatgut, das nur aus $n = 2$ lebensfähigen Keimen je Knäuel besteht, bei einem Keimaufgang a von 80% wie folgt:

$$\begin{aligned} w &= \binom{2}{1} 0,8^1 \cdot 0,2^1 \\ &= 2 \cdot 0,8 \cdot 0,2 \\ &= 0,32 \end{aligned}$$

Bei dem als Beispiel genommenen Saatgut, das ursprünglich nur aus 2-Keimern besteht, treten also bei einem Keimaufgang von 80% bereits 32% Knäule mit nur 1 Pflanze auf.

Im Bild 1 sind die für dieses Saatgut errechneten Anteile der 0-, 1- und 2-Keimer für verschiedenen Keimaufgang dargestellt. Wie dem Diagramm zu entnehmen ist, sind für den oben angenommenen Fall von 80% Keimaufgang neben den 32% 1-keimig aufgelaufenen Knäulen bereits 4% 0-Keimer, während nur noch 64% der Knäule 2 Keime gebracht haben. Bei einem noch weiteren Rückgang im Aufgang verschiebt sich der Anteil noch mehr zuungunsten der 2-Keimer und zugunsten der 0- und 1-Keimer, bis schließlich bei 10% Knäelaufgang fast alle 2-Keimer ausgefallen und nur noch 1- und 0-keimige Knäule vorhanden sind. Das heißt mit anderen Worten, daß ein an sich 2-keimiges Saatgut bei diesem schlechten Aufgang nicht nur weniger Pflanzen bringt, sondern auch weitgehend 1-keimig aufläuft. Analog wäre der Kurvenverlauf für ein nur 3-keimiges oder nur 4-keimiges Saatgut, wenn man die gleichen mathematischen Überlegungen anstellt.

In Wirklichkeit wird man nie ein Saatgut bekommen, das aus nur 1-, nur 2-, nur 3- oder mehrkeimigen Knäulen besteht, wie es LEACH und BAINER für ihre mathematischen Überlegungen zugrunde gelegt hatten. Bei dem Rübensaatgut handelt es sich in der Praxis stets um ein Gemisch von Knäulen, die teils mehr, teils weniger, teils aber auch gar keine Keime in sich bergen. Es erhebt sich zwangsläufig die Frage, ob nicht auch für dieses Saatgutgemisch mittels derselben Formel für die Wahrscheinlichkeit in der Binomialverteilung die Anteile der verschiedenkeimigen Knäule mit sinkendem Keimaufgang bestimmt werden können.

Bei der Keimfähigkeitsprüfung im Labor lassen sich die prozentualen Grundanteile der 0-, 1-, 2-, 3- und mehrkeimigen Knäule bestimmen. Mit sinkendem Keimaufgang auf dem Feld

werden sich die Anteile so verändern, daß z. B. die 2-keimigen Knäule teilweise zu 1-keimigen Knäulen werden. Andererseits kommen durch den Rückgang höherkeimiger Knäule neue 2-keimige Knäule dazu. Um dieses Wechselspiel des Zu- und Abganges überschauen zu können, denkt man sich das Ausgangssaatgut in seine einzelnen Grundanteile g zerlegt.

Jeder dieser Grundanteile stellt eine reinrassige Knäuelart mit nur 0-, nur 1-, nur 2-... n -keimigen Knäulen dar. Für jede dieser Knäuelarten läßt sich gesondert nach der obigen Gleichung für die Binomialverteilung bei verschiedenem Keimaufgang die relative Häufigkeit (Wahrscheinlichkeit) der mit $x = 0, 1, 2, 3, \dots n$ -keimig aufgehenden Knäule errechnen. Multipliziert man diese Werte mit dem Grundanteil g der betreffenden Knäuelart am Gesamtgemisch, so lassen sich durch entsprechende Addition die Anteile der 0-, 1-, 2-... n -keimig auflaufenden Knäule am Gesamtgemisch bei einem bestimmten Keimaufgang ermitteln. Mathematisch gesehen wird dann die Formel (1), die für ein einheitliches Saatgut galt, zu folgender Summenformel für ein Saatgutgemisch:

$$W = \sum_0^n g_n \binom{n}{x} a^x (1-a)^{n-x} \quad (2)$$

Damit ist man nun in der Lage, anhand einer unbestechlichen mathematischen Überlegung zu sagen, ob und unter welchen Bedingungen es bei der Annahme gleicher Mortalität der Keime richtiger ist, ein Saatgut mit geringer mittlerer Keimzahl einzusetzen, und wann es nicht mehr lohnt, ein Saatgut mit herabgesetzter mittlerer Keimzahl zu nehmen. In Bild 2 ist diese Berechnung für ein Normalsaatgut mit einer Keimfähigkeit von 85% und einer mittleren Keimzahl von 2,0 durchgeführt. Wie aus dem Bild zu ersehen ist, nimmt bei sinkendem Keimaufgang der Anteil der mehrkeimigen Knäule stark ab. Die mittlere Feldkeimzahl geht bei einem Keimaufgang von 80% auf 1,33 und schließlich, bei einem Keimaufgang unter 40% auf 1,25 zurück. Bei schlechter werdendem Aufgang kommt also die mittlere Feldkeimzahl des Normalsaatgutes in den Bereich der mittleren Keimzahl des segmentierten Monogermersaatgutes. Dabei ist zu bedenken, daß das Monogermersaatgut auf dem Feld ebenfalls eine stark herabgesetzte mittlere Feldkeimzahl aufweist. Zu etwa den gleichen Ergebnissen kommt man, wenn man ein Normalsaatgut mit einer von vornherein geringeren Keimfähigkeit nimmt.

Die Unterstellung, daß jeder Keim die gleiche Mortalität besitzt, ist aber — wie bereits eingangs gesagt worden ist — eine willkürliche Annahme. Wenn auch manches dafür spricht, daß jeder Keim die gleichen Chancen hat, unter ungünstigen Bedingungen abzusterben oder durchzukommen, so kann diese Annahme in bestimmten Fällen, z. B. bei Frosteinwirkung, Trockenheit, Vogel- und Schädlingsbefall u. a. m., falsch sein. In diesen Fällen stellt sicherlich auch das Knäule häufig eine physiologische Einheit dar, das entweder aufgeht oder abstirbt, gleichgültig, ob es ein- oder mehrkeimig ist. Es ergeben sich dann bei abnehmendem Keimaufgang völlig andere Aspekte. In Bild 3 ist für das gleiche Saatgut wie in Bild 2 dargestellt, wie sich die 0-, 1-, 2-, 3- und 4-Keimer bei sinkendem Keimaufgang anteilmäßig verändern. Wie aus der Darstellung zu ersehen ist, hat man bei dieser Unterstellung mit einer linearen Zu- bzw. Abnahme der verschiedenkeimigen Knäule zu rechnen. Die prozentuale Verteilung, d. h. der prozentuale Anteil der verschiedenkeimigen Knäule, bleibt stets gleich. Das heißt mit anderen Worten, daß in diesem Fall die mittlere Feldkeimzahl auch bei verschiedenem Keimaufgang stets gleich der mittleren Keimzahl im Labor ist.

Für das mechanisch hergestellte Monogermersaatgut ist es nun von Interesse zu wissen, ob und wann eine höhere mittlere Keimzahl anzustreben ist und wann eine niedrigere. In den Bildern 4 und 5 sind für zwei Saatgutposten mit verschiedener mittlerer Keimzahl die Anteile der verschiedenkeimigen Knäule bei abnehmendem Keimaufgang wiedergegeben. Beide Saatgutposten haben eine Keimfähigkeit im Labor von 85%; das Saatgut mit der höheren mittleren Keimzahl enthält neben den 15% 0-Keimern 42% 1-Keimer und 43% 2-Keimer; das Saatgut mit der niedrigeren mittleren Keimzahl hat neben den 15% 0-Keimern 64% 1-Keimer und 21% 2-Keimer. Der erste dieser beiden Saatgutposten ist als typisch für das polierte, der zweite als typisch für das segmentierte Monogermersaatgut anzusehen. Um allen Einwänden zu

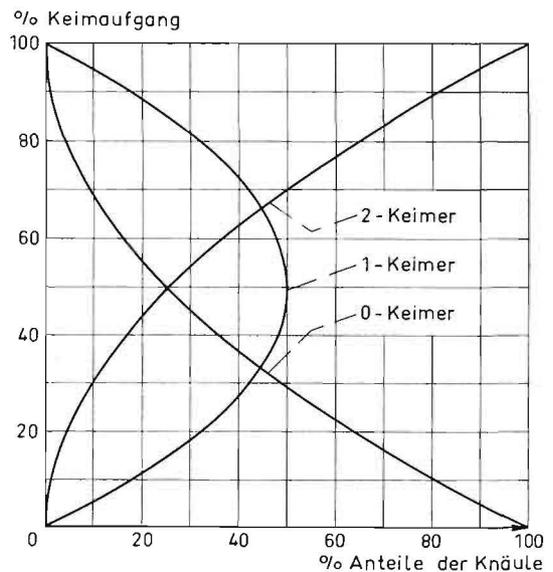


Bild 1: Anteil der verschiedenkeimigen Knäule bei sinkendem Keimaufgang bei gleicher Mortalität der Keime. Saatgut: theoretisch rein 2-keimig. Keimfähigkeit: 100% (theoretisch), mittlere Keimzahl: 2,0

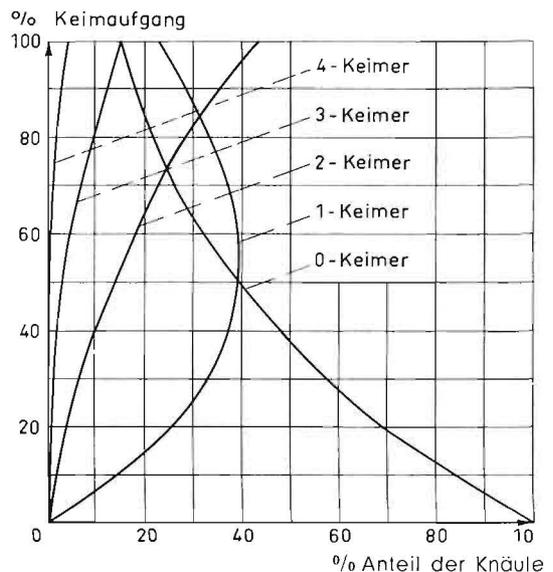


Bild 2: Anteil der verschiedenkeimigen Knäule bei sinkendem Keimaufgang bei gleicher Mortalität der Keime. Normalsaatgut. Keimfähigkeit: 85%, mittlere Keimzahl: 2,0

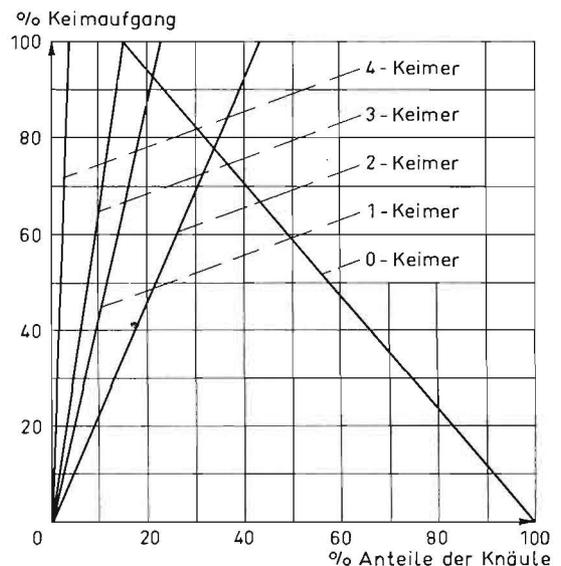


Bild 3: Anteil der verschiedenkeimigen Knäule bei sinkendem Keimaufgang bei gleicher Mortalität der Knäule. Normalsaatgut. Keimfähigkeit: 85%, mittlere Keimzahl: 2,0

begegnen, wurde in beiden Darstellungen sowohl die gleiche Mortalität der Keime als auch der Knäule berücksichtigt. Die ausgezogenen Kurven in beiden Darstellungen zeigen den Anteil der verschiedenkeimigen Knäule bei der Annahme der gleichen Mortalität der Keime. Die unterbrochen gezeichneten Linien zeigen den Anteil der verschiedenkeimigen Knäule bei der Annahme der gleichen Mortalität der Knäule. Die in der Praxis vorkommenden Fälle müssen sich also stets in dem gestrichelten Bereich zwischen der ausgezogenen Kurve und der unterbrochen gezeichneten Geraden bewegen. Damit sind auch die Grenzen aufgezeigt, die alle praktisch vorkommenden Fälle einschließen. Für eine vergleichende Beurteilung dieser beiden Diagramme für Rübensaatgut mit verschiedener mittlerer Keimzahl sind zwei Fragestellungen von praktischem Interesse:

1. Wie weit behält oder verliert die mittlere Keimzahl von 1,25 ihren Vorsprung in Gestalt einer höheren Einkeimigkeit bei schlechter werdendem Keimaufgang?
2. Wie weit bietet die höhere mittlere Keimzahl von 1,5 rechnerisch eine größere Sicherheit des Pflanzenbestandes bei schlechter werdendem Keimaufgang?

Zu 1.: Der Grad der Einkeimigkeit eines Saatgutes auf dem Feld, ausgedrückt durch die mittlere Feldkeimzahl, läßt sich für jeden Keimaufgang ermitteln, indem die Gesamtzahl der aufgelaufenen Keime zur Gesamtzahl der aufgelaufenen Knäule

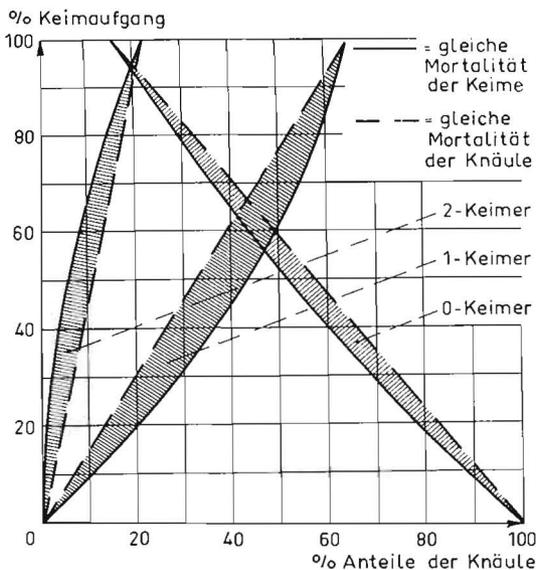


Bild 4: Anteil der verschiedenkeimigen Knäule bei sinkendem Keimaufgang. Monogermsaatgut. Keimfähigkeit: 85%, mittlere Keimzahl 1,25

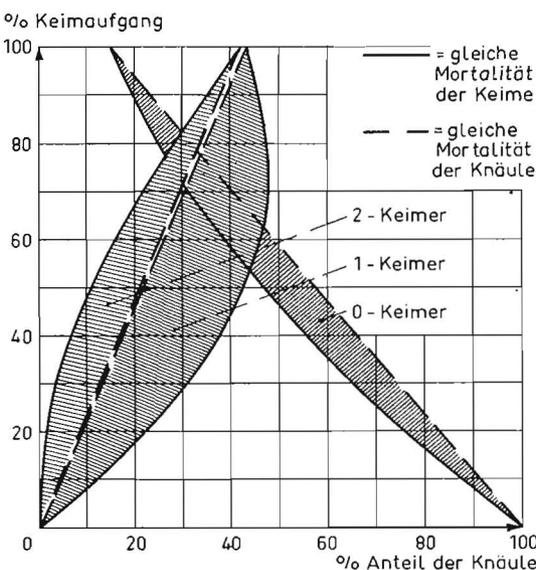


Bild 5: Anteil der verschiedenkeimigen Knäule bei sinkendem Keimaufgang. Monogermsaatgut. Keimfähigkeit: 85%, mittlere Keimzahl: 1,50

ins Verhältnis gesetzt wird. Die Ergebnisse einer solchen Rechnung sind in Bild 6 dargestellt. Bei der Annahme gleicher Mortalität der Keime (oberes Diagramm) geht die mittlere Feldkeimzahl bei beiden Saatgutarten mit abnehmendem Keimaufgang angenähert proportional zurück, also auch der Vorsprung, den das Saatgut mit der kleineren mittleren Keimzahl gegenüber dem mit der größeren hat. Bei sehr ungünstigen Aufgangsverhältnissen nähern sich beide Werte dem rein einkeimigen Aufgang, so daß praktisch kein Unterschied bezüglich der Wirkung auf die Arbeitersparnis mehr zu erwarten ist. Bei der Annahme gleicher Mortalität der Knäule (mittleres Diagramm) bleibt die mittlere Feldkeimzahl unabhängig von ihrem Aufgang konstant, also auch der Vorsprung des Saatgutes mit der kleinen mittleren Keimzahl. Praktisch liegen die auf dem Feld zu erwartenden Aufgangsverhältnisse irgendwo zwischen denen des oberen und des mittleren Diagramms. Unterstellt man einmal als Beispiel, daß die Mortalität je zur Hälfte an den Keim und an das Knäuel gebunden ist, so ergibt sich eine Feldkeimzahl für verschiedene Keimaufgänge, wie es das untere Diagramm von Bild 6 wiedergibt. Es zeigt sich, daß für diesen Fall das Saatgut mit der mittleren Keimzahl von 1,25 selbst noch bei schlechtem Aufgang einen deutlichen Vorsprung gegenüber dem Saatgut mit der mittleren Keimzahl von 1,5 behält.

Zu 2.: Für die Sicherung des Pflanzenbestandes ist es gleichgültig, ob an einer Stelle eine Einzel- oder Doppelpflanze steht. Infolgedessen kann man zur Beantwortung der oben gestellten Frage aus den Bildern 4 und 5 die jeweils zueinander gehörenden Kurvenwerte der 1- und 2-keimig aufgehenden Knäule addieren. Man kommt damit zur Feldkeimfähigkeit, wie sie in Bild 7 für verschiedenen Keimaufgang dargestellt ist. Dabei ergeben sich für den Fall gleicher Mortalität der Knäule — wie nicht anders zu erwarten — die gleichen Summenwerte für die mittlere Keimzahl von 1,25 und 1,5. Die höhere mittlere Keimzahl ergibt also in diesem Fall keine besseren Pflanzenbestände. Unterstellt man die gleiche Mortalität der Keime, so steigt bei beiden Saatgutposten die Zahl der aufgelaufenen Knäule, wobei hier in erster Linie der untere Bereich von etwa 40—20% Keimaufgang interessiert, da es sich ja um die Sicherung der Bestände bei schlechtem Aufgang handelt. Bei der Unterstellung gleicher Mortalität der Keime laufen von 100 Knäulen bei einem Saatgut mit der mittleren Keimzahl 1,25 etwa vier bis fünf Knäule mehr auf und bei einem Saatgut mit der mittleren Keimzahl von 1,5 etwa acht bis zehn Knäule mehr als bei der Unterstellung gleicher Mortalität der Knäule. Bei der Annahme gleicher Mortalität der Keime liegt also die Feldkeimfähigkeit des Saatgutes mit der mittleren Keimzahl 1,5 nur um 4—5% höher als die des Saatgutes mit der mittleren Keimzahl 1,25. Da auf dem Feld aber die Mortalität zum Teil an den Keim und zum Teil an das Knäuel gebunden sein wird, werden die Differenzwerte in der Regel noch kleiner sein und sich zwischen 0 (gleiche Mortalität der Knäule) und 4—5% (gleiche Mortalität der Keime) bewegen. Diesem bescheidenen Gewinn, den die höhere mittlere Keimzahl auf der Risikoseite bringt, steht der bedenkliche Nachteil auf der arbeitswirtschaftlichen Seite gegenüber. Wie oben bereits dargelegt, bleibt selbst bei schlechterem Aufgang die Überlegenheit des Saatgutes mit der mittleren Keimzahl 1,25 gegenüber dem mit der mittleren Keimzahl 1,5 bestehen. Da aber die einzukalkulierenden schlechten Witterungsbedingungen nicht immer eintreten und der Aufgang dann erheblich besser ist, fallen die Vorteile auf der arbeitswirtschaftlichen Seite noch mehr ins Gewicht. Daher ist auch bei einer vergleichenden Beurteilung dem Saatgut mit der kleineren mittleren Keimzahl der Vorzug zu geben, denn dem kleinen Nachteil auf der Risikoseite stehen große Vorteile auf der arbeitswirtschaftlichen Seite gegenüber.

Welche Auswirkungen ergeben sich aus diesen Überlegungen für die Einzelkornsaat? Aus den umfangreichen Versuchen der Verfasser mit Einzelkornsärgäten und Ausdünngeräten hat sich ergeben, daß zur Erzielung eines Endpflanzenbestandes von 70000 bis 80000 Pflanzenstellen/ha eine bestimmte Bestandsdichte in der Reihe vor dem Vereinzeln notwendig ist. In Bild 8 sind die bei verschiedenen Ausgangsbeständen erzielten Endbestände nach dem Vereinzeln aus einer größeren Zahl von Versuchen, die exakt vor und nach dem Vereinzeln ausgezählt wurden, wiedergegeben. Aus dem Diagramm ist eindeutig zu ersehen, daß zehn Pflanzenstellen/m vor dem Vereinzeln ausgereicht haben, um bei 50 cm

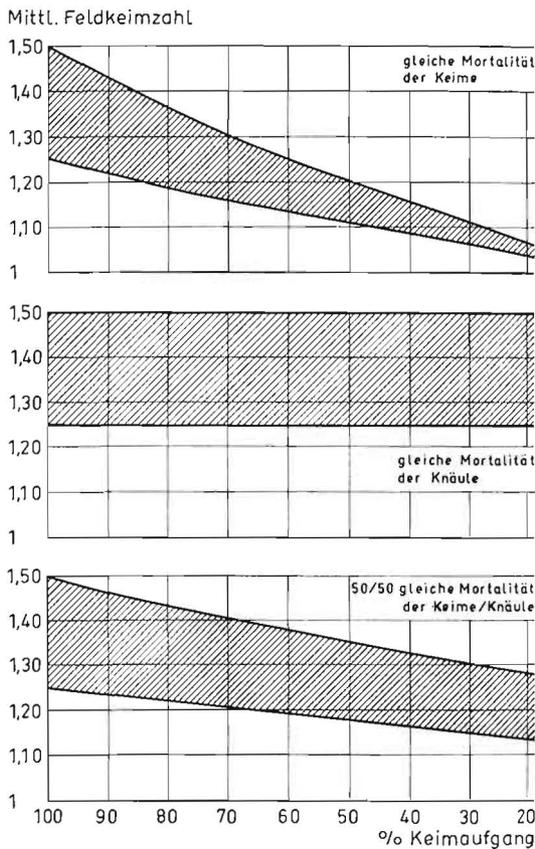


Bild 6: Mittlere Feldkeimzahl bei verschiedenem Keimaufgang

Reihenweite 70000—80000 Pflanzenstellen/ha zu bekommen. Diese Werte decken sich auch mit anderen Versuchsergebnissen [5]. Bei einer Reihenweite von 42 cm haben für die Erzielung des gleichen Endbestandes bereits sieben bis acht Pflanzenstellen/m genügt. Auf die Einzelkornsaat übertragen, bedeuten diese Ergebnisse, daß man so viele Knäule je Meter ausdrillen muß, daß wenigstens zehn bzw. sieben bis acht Knäule/m im Durchschnitt aufgehen. Darin ist eingeschlossen, daß Schwankungen von Meter zu Meter auftreten, die sich im Extrem zwischen 4 und 16 auflaufenden Knäulen/m bewegen können, ohne daß dadurch der volle Endbestand in Frage gestellt wird.

Damit hat man einen wichtigen Zahlenwert für die weiteren rechnerischen Überlegungen. Mit Hilfe dieses Zahlenwertes kann man aus den Kurven der Bilder 4 und 5 leicht den notwendigen Abstand der Knäuelablage in cm errechnen, der in jedem einzelnen Falle notwendig ist. Aus den Kurven kann man für jeden Keimaufgang die Feldkeimfähigkeit, also den Anteil der 1- oder mehrkeimig auflaufenden Knäule ablesen. Soll nun eine bestimmte Knäuelzahl Z je Meter auflaufen, so muß eine bestimmte Mindestzahl von Knäulen P je Meter ausgelegt werden, und zwar

$$P = \frac{Z \cdot 100}{\text{Feldkeimfähigkeit}} \text{ Knäule/m.}$$

Der Abstand A , auf den diese Knäule bei Gleichstandsaat abzulegen sind, beträgt dann

$$A = \frac{100}{P} \text{ cm} = \frac{\text{Feldkeimfähigkeit}}{Z}$$

Auf diese Weise sind die in den Tafeln 1 und 2 zusammengestellten Zahlen ermittelt. Tafel 1 gilt für den Reihenabstand 50 cm, Tafel 2 für 42 cm. Durch die Bezugsgröße „Keimaufgang“ ist es möglich, bei der Annahme gleicher Mortalität der Keime jeweils die Werte für Saatgutposten mit verschiedener mittlerer Keimzahl (1,0—1,25 und 1,5) in einer Zeile zusammenzufassen. Unterstellt man die gleiche Mortalität der Knäule, so gilt für jeden der drei Saatgutposten mit verschiedener mittlerer Keimzahl der Wert des einkeimigen Saatgutes (mittlere Keimzahl 1,0). In

beiden Darstellungen werden zwei Saatgutqualitäten einander gegenübergestellt, nämlich Saatgut mit 70% und 85% Keimfähigkeit.

Damit ist ein Gitterwerk von rein mathematisch ermittelten Zahlenwerten gegeben, das den Einfluß der Faktoren Keimfähigkeit, mittlere Keimzahl und Keimaufgang in ihrer relativen Größe und Bedeutung zueinander erkennen läßt. Will man nun anhand dieser Zahlenwerte den Einsatzbereich der Einzelkornsaat abgrenzen, so ist es notwendig, die praktisch in Betracht kommenden Grenzbereiche des Feldaufgangs in dieses mathematische Bild hineinzuprojizieren.

Aus einer Reihe von Jahren liegen eigene Versuchsergebnisse aus einer Vielzahl von Versuchen mit Saatgut verschiedener Keimfähigkeit auf unterschiedlichen Böden vor. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Bild 9 dargestellt. Über der jeweiligen Keimfähigkeit des Saatgutes ist der Keimaufgang auf dem Feld aufgetragen, und zwar in dem linken Diagramm für günstige und im rechten Diagramm für ungünstige Bodenverhältnisse. Zunächst ist festzustellen, daß der Keimaufgang in weiten Grenzen, je nach den Witterungsverhältnissen, schwankt. Der Schwankungsbereich ist gestrichelt in beiden Darstellungen gekennzeichnet; er ist auf günstigen und ungünstigen Böden absolut etwa gleich breit, doch ist er auf den ungünstigen Böden relativ viel größer, weil dort der Aufgang insgesamt wesentlich niedriger liegt.

Weiterhin ist aus beiden Diagrammen deutlich erkennbar, daß mit abnehmender Keimfähigkeit des Saatgutes auch ein Rückgang im Keimaufgang auf dem Feld verbunden ist. Vergleicht man den Keimaufgang von Saatgut verschieden hoher Keimfähigkeit, so wird bei günstigen Bodenverhältnissen z. B. ein Mindestkeimaufgang von 44% bei einem Saatgut mit einer Keimfähigkeit von 85% und von 32% bei einem Saatgut mit 70%

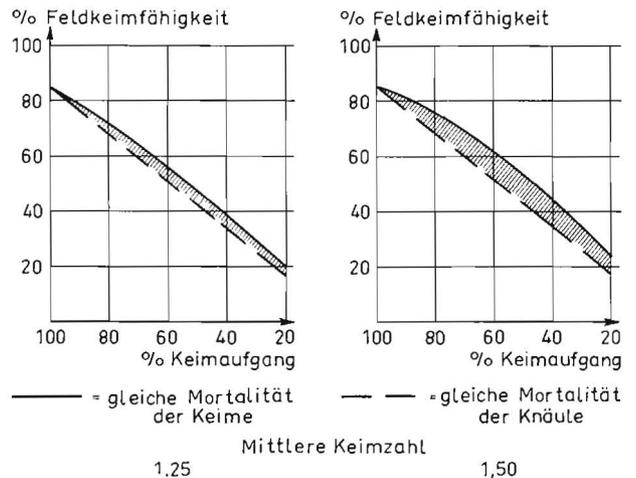


Bild 7: Feldkeimfähigkeit bei verschiedenem Keimaufgang

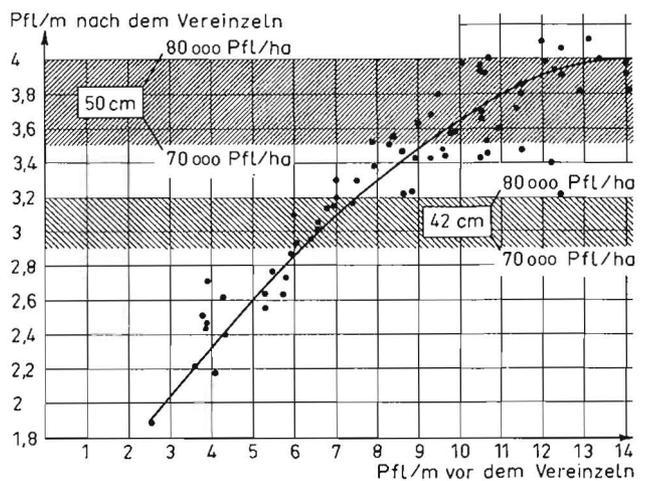


Bild 8: Erzielter Endpflanzenbestand bei verschiedenen Ausgangsbeständen

Tafel 1: Erforderliche Knäuelablage in cm zur Erzielung von 10 Pflanzenstellen/m (50 cm Reihenabstand)

Keim-auf-gang %	Keimfähigkeit 70 %			günstiger Boden	Keimfähigkeit 85 %		
	Mittl. Keimzahl 1,0	1,25	1,5		Mittl. Keimzahl 1,0	1,25	1,5
65	4,6	5,0	5,4		5,5	6,0	6,5
60	4,2	4,6	5,1		5,1	5,6	6,1
55	3,9	4,3	4,8		4,7	5,2	5,8
50	3,5	3,9	4,4		4,3	4,8	5,4
45	3,2	3,6	4,1		3,8	4,4	4,9
40	2,8	3,2	3,7		3,4	3,9	4,4
35	2,5	2,9	3,3		3,0	3,5	4,0
30	2,1	2,5	2,8		2,6	3,0	3,5
25	1,8	2,1	2,4	ungünstiger Boden	2,2	2,6	2,9
20	1,4	1,7	1,9		1,7	2,1	2,4
15	1,1	1,3	1,5		1,3	1,6	1,8
10	0,7	0,8	1,0		0,9	1,0	1,2

Tafel 2: Erforderliche Knäuelablage in cm zur Erzielung von 8 Pflanzenstellen/m (42 cm Reihenabstand)

Keim-auf-gang %	Keimfähigkeit 70 %			günstiger Boden	Keimfähigkeit 85 %		
	Mittl. Keimzahl 1,0	1,25	1,5		Mittl. Keimzahl 1,0	1,25	1,5
65	5,7	6,3	6,7		6,9	7,6	8,1
60	5,3	5,8	6,3		6,4	7,1	7,7
55	4,8	5,4	5,8		5,8	6,5	7,0
50	4,4	5,0	5,4		5,3	6,0	6,5
45	3,9	4,5	4,9		4,8	5,5	6,1
40	3,5	4,0	4,5		4,3	5,0	5,5
35	3,1	3,6	4,0		3,7	4,3	4,8
30	2,6	3,1	3,4		3,2	3,8	4,2
25	2,2	2,6	3,0	ungünstiger Boden	2,7	3,2	3,6
20	1,8	2,1	2,4		2,1	2,5	2,9
15	1,3	1,6	1,8		1,6	1,9	2,3
10	0,9	1,1	1,3		1,1	1,3	1,5

Unterstellt man einmal, die aus den bisherigen Versuchen sich ergebende Tendenz, daß mit einer geringeren Keimfähigkeit in der Regel auch eine geringere Vitalität des Saatgutes einhergeht, sei im großen und ganzen richtig, so lassen sich damit die für die Einzelkornsaat geltenden Einsatzgrenzen abstecken. In Tafel 1 und 2 ist der zu erwartende Mindestkeimaufgang bei schlechten Witterungsbedingungen im Frühjahr für günstige und ungünstige Bodenverhältnisse gestrichelt angedeutet. Zunächst geht aus Tafel 1 für einen Reihenabstand von 50 cm im einzelnen folgendes hervor:

Ein hochwertiges Saatgut (z. B. 85% Keimfähigkeit) mit einer mittleren Keimzahl von 1,25 kann auch bei ungünstigen Bodenverhältnissen noch auf 3 cm abgelegt werden. Bei günstigen Bodenverhältnissen verschiebt sich die Mindestgrenze im Keimaufgang nach oben, so daß man bis auf 4,5 cm Ablage gehen kann. Dagegen müßte ein Saatgut mit einer geringeren Keimfähigkeit (z. B. 70%) bei ungünstigen Bodenverhältnissen schon auf einen Abstand von 1,7 cm ausgelegt werden, also weit unter der arbeitswirtschaftlichen Mindestgrenze von 3 cm, um einen gesicherten und vollen Endbestand zu erzielen. Auch das Saatgut mit der höheren mittleren Keimzahl von beispielsweise 1,5 würde hier keine wesentlich größeren Chancen bieten; bei ungünstigen Bodenverhältnissen könnte man auch hier nur auf 1,9 cm Ablage gehen. Man müßte also auch bei diesem Saatgut weit unter der Mindestgrenze von 3 cm bleiben, bei der eine Einzelkornablage gerade noch sinnvoll ist. Daraus geht hervor, daß man durch die Erhöhung der Keimfähigkeit eines Saatgutes viel mehr erreicht als durch die höhere mittlere Keimzahl. Vor allem würde man mit einem hoch keimfähigen Saatgut (85% und darüber) die Einzelkornsaat auf fast allen Böden ermöglichen, da man überall die gewünschten Mindestbestände erreichen könnte.

Unterstellt man nicht die gleiche Mortalität der Keime, sondern geht man von der Annahme aus, daß die Knäule die gleiche Mortalität besitzen, so würden damit die Anforderungen an die Keimeigenschaften eines Saatgutes noch höher werden. Dann wären die Werte für die Knäuelablage jeweils in der ersten Spalte der Tafel 1 (Saatgut mit der mittleren Keimzahl 1,0) zu suchen. Wie zu ersehen ist, würde dann die Einzelkornsaat nur auf den günstigen Böden möglich sein, und auch das nur mit einem Saatgut von hoher Keimfähigkeit.

In Tafel 2 sind die entsprechenden Werte für den Reihenabstand von 42 cm zusammengestellt. Da bei dem engeren Reihenabstand nicht mehr zehn gekeimte Knäule/m erforderlich sind, sondern sieben bis acht gekeimte Knäule/m genügen, sind auch die Voraussetzungen für die Einzelkornsaat günstiger. Ein Saatgut mit hoher Keimfähigkeit (z. B. 85%) und einer mittleren Keimzahl von 1,25 kann dann bei ungünstigen Bodenverhältnissen fast auf 4 cm und auf günstigen Böden auf mehr als 5 cm Abstand abgelegt werden. Bei einem Saatgut mit geringer Keimfähigkeit (z. B. 70%) wäre allerdings auch hier auf ungünstigen Böden eine Einzelkornsaat noch nicht möglich, da es auf 2 cm Abstand ausgelegt werden müßte. Hier kämen nur die günstigen Böden für eine Einzelkornsaat in Betracht. Die Einzelkornsaat hat also bei einem Reihenabstand von 42 cm günstigere Startbedingungen und kann leichter in ungünstige Aufgangsgebiete vordringen. Diese Tatsache sollte man daher auch dort, wo die Einzelkornsaat mit einem Risiko behaftet ist, berücksichtigen.

Das in beiden Tafeln aufgeführte rein einkeimige Saatgut, das dem zu erwartenden natürlich einkeimigen Saatgut entsprechen mag, würde in allen Fällen noch höhere Anforderungen an die Keimeigenschaften stellen, wenn man es mit dem gleichen Erfolg und mit der gleichen Sicherheit für die Einzelkornsaat verwenden wollte. Die hohen Erwartungen, die man heute vielfach — vor allem von seiten der Praxis — an das natürlich einkeimige Saatgut knüpft, werden sich nur dann erfüllen, wenn dieses Saatgut neben seiner Einkeimigkeit eine sehr hohe Keimfähigkeit besitzt.

Zusammenfassung

Für die Zuckerrübenbestellung stehen heute verschiedene Saatgutarten zur Verfügung, die sich nicht nur in ihrer äußeren physikalischen Form, sondern vor allem auch in der mittleren Keimzahl voneinander unterscheiden. Zwischen der mittleren Keimzahl, der

Keimfähigkeit erreicht. Auf ungünstigen Böden liegen die entsprechenden Werte bei 28% bzw. bei 16% Mindestkeimaufgang.

Offenbar besitzt also ein Saatgut mit höherer Keimfähigkeit auch eine höhere Vitalität auf dem Feld. Ob diese Beobachtung generell richtig ist, kann erst nach weiteren umfangreichen Versuchen gesagt werden. Sicherlich gilt sie nicht, wenn die geringe Keimfähigkeit eine Folge des Verschneidens von hochwertigen und minderwertigen Saatgutpartien ist. Ebenso ist sicher, daß die Vitalität eines Saatgutes nicht erhöht würde, wenn es gelänge, aus einer minderwertigen Saatgutpartie die toten Knäule durch bestimmte Aufbereitungsvorgänge abzuscheiden.

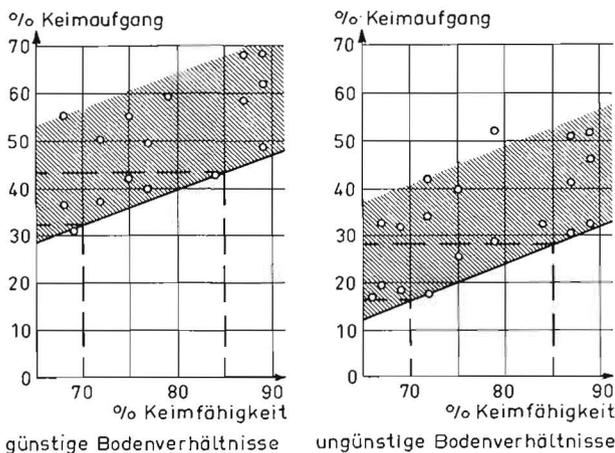


Bild 9: Einfluß der Keimfähigkeit des Saatgutes auf den Keimaufgang bei verschiedenen Bodenverhältnissen

Keimfähigkeit des Saatgutes und dem Aufgang auf dem Feld bestehen Zusammenhänge, die sich mathematisch erfassen lassen. Hinsichtlich des Wertes einer mehr oder weniger reduzierten mittleren Keimzahl läßt sich zunächst folgendes erkennen:

Ein mechanisch aufbereitetes Monogermersaatgut mit einer geringen mittleren Keimzahl ist gegenüber einem Saatgut mit höherer mittlerer Keimzahl im Vorteil, weil es einen größeren Anteil an einzelstehenden Pflanzen und damit eine höhere Arbeitsersparnis beim Vereinzeln bringt. Der arbeitswirtschaftliche Vorteil bleibt auch bei ungünstigen Aufgangsbedingungen, wenn ein Teil der Pflanzen nicht aufgeht, bestehen.

Bei schlechten Aufgangsbedingungen bietet das Saatgut mit der höheren mittleren Keimzahl hinsichtlich der Sicherung des Aufganges nur einen geringfügigen Vorteil gegenüber einem Saatgut mit geringer mittlerer Keimzahl. Der mit der höheren mittleren Keimzahl verbundene arbeitswirtschaftliche Nachteil ist größer als der Vorteil auf der Risikoseite.

Die mathematischen Zusammenhänge können ferner für eine theoretische Ermittlung und tabellarische Zusammenstellung der bei der Einzelkornsaat erforderlichen Knäuelabstände herangezogen werden. In dieses mathematisch errechnete Zahlengerüst lassen sich die empirisch ermittelten Grenzwerte für den Feldaufgang bei ungünstigen Boden- und Witterungsverhältnissen einblenden. Daraus ergeben sich dann nachstehende Folgerungen: Die Einzelkornsaat ist bei einem Saatgut mit sehr hoher Keimfähigkeit auf nahezu allen Böden möglich. Dagegen bleibt sie bei mäßiger Keimfähigkeit des Saatgutes auf wenige besonders günstige Böden beschränkt, wenn man davon ausgeht, daß die Einzelkornsaat unter 3 cm keinen Zweck mehr hat. Ein Vordringen der Einzelkornsaat auf ungünstige Böden ist durch eine Erhöhung der mittleren Keimzahl nicht zu erreichen, da diese den Aufgang nur geringfügig verbessert. Die Anforderungen an die Keimfähigkeit des Saatgutes werden noch größer, wenn man auf züchterischem Wege zu einem rein einkeimigen Saatgut kommt.

Schrifttum

- [1] HELLER C.: Neue Wege zur Bestellung und Pflege der Zuckerrüben. Landtechnik 12 (1957), S. 58—62
- [2] EGGEDECHT, H.: Das Rübensaatgut. Radebeul und Berlin 1950
- [3] LEACH L. D., und R. BAINER: The Effect of Reduced Emergence upon the Proportion of Singles, Doubles in Field Stands of Sugar Beets. Proc. Am. S.S.B.T. 1952, S. 244
- [4] DIE HÜTTE. Des Ingenieurs Taschenbuch. 28. Aufl. Berlin 1955, S. 62, 201
- [5] LÜDECKE H., und H. SCHAFFMEYER: Verminderung des Pflanzenbestandes durch maschinelle Auslichtung und deren Einfluß auf den Ertrag. Zucker 11 (1958), S. 133

Résumé

Carl Heinrich Dencker, Clemens Heller and Wolfgang Brinkmann: "Seeds and Seed Strength in Sugar Beet Cultivation."

Many types and qualities of seeds are available nowadays to the sugar beet grower. They differ not only in their physical form, but also, what is even more important, in their average germinating value. There are definite relationships between the average germinating value, the quality of the seed and the actual growth in the field. These relationships can be calculated by mathematical means. The following conclusions can be drawn from a greater or smaller reduction in the average germinating value.

A mechanically prepared monogerm seed with a lower average germinating value is preferable to a seed having a higher average germinating value, since the former will produce a greater quantity of single plants, thereby effecting valuable savings in the labour involved in thinning out the plants. This saving in labour is maintained even when, as a result of unfavourable conditions, a number of the plants fail to reach maturity.

Unfavourable conditions of growth will only cause the seed with higher average germinating value to show very slight advantages in respect of growth as compared with a type of seed with a lower average germinating value. The cost of the extra labour involved in connection with the seed having the higher average germinating value is greater than the value of any possible increase in the resultant crop.

Furthermore, the mathematical relationships referred to above can be utilised for making a theoretical calculation and a tabulation of the distances between the seedlings necessary when monogerm seed is employed. The limiting values for germination in the field under unfavourable soil and weather conditions as calculated by empirical methods can be easily combined in such a tabulation. The following conclusions can be drawn from such an operation:

If it is accepted that a monogerm seedling under 3 cms is of no further economic value, then it follows that a type of seed having a very high germinating capacity can be utilised for monoseeding in almost every type of soil. If the germinating capacity is only of average value, then this type of seed is restricted in its use to a limited number of favourable soil types.

A favourable growth of monoseeded crops in unfavourable soils can only be obtained through an increase in the actual germinating capacity of the seed and not through an increase in the average germinating value, since the latter value can only improve the growth in the field to a very limited extent.

The demands made on the germinating capacity of the seed increase still higher when a monogerm seed is obtained by scientific crossing methods.

Carl Heinrich Dencker, Clemens Heller et Wolfgang Brinkmann: «Semences et densité de semis dans la culture de la betterave.»

On dispose aujourd'hui de différents types de semences de betterave qui se distinguent non seulement par leur forme physique mais également par leur coefficient de germination (nombre moyen de germes par glomérule). Entre le coefficient de germination, le pouvoir germinatif et la levée dans les champs, il y a des relations qui peuvent être établies mathématiquement. Quant à la signification d'un coefficient de germination plus ou moins réduit, on peut retenir ce qui suit:

Une semence monogermes mécaniquement obtenue possédant un coefficient de germination réduit a des avantages sur une semence à coefficient de germination plus élevé étant donné que le pourcentage de plantes isolées est dans le premier cas plus élevé et, par conséquent, le travail de démarrage plus réduit. Cet avantage est conservé également quand la levée est mauvaise, c'est-à-dire quand une partie des plantes ne pousse pas.

Dans des conditions de levée mauvaises, la semence à un coefficient de germination élevé n'offre qu'un avantage minime par rapport à la semence à coefficient de germination réduit, car l'inconvénient du travail de démarrage plus important l'emporte sur l'avantage du moindre risque.

Les relations mathématiques peuvent être utilisées pour la détermination théorique et l'établissement de tableaux sur l'espacement à choisir pour le semis monogermes. Dans ces chiffres obtenus mathématiquement on peut insérer les valeurs limites de levée dans des conditions de sol et de climat défavorables que l'on a déterminées empiriquement. On peut en déduire ce qui suit:

Quand on suppose qu'un semis monogermes à espacement inférieur à 3 cm n'a plus aucun intérêt, il en résulte que le semis monogermes est possible sur presque toutes les terres en utilisant une semence à pouvoir germinatif élevé. Par contre le semis monogermes ne peut être appliqué avec une semence à pouvoir germinatif réduit qu'à quelques terres particulièrement favorables.

L'application plus large du semis monogermes aux terres défavorables n'est possible qu'après une augmentation du pouvoir germinatif de la semence, tandis qu'une augmentation du coefficient de germination est peu efficace étant donné que celui-ci n'améliore la levée que dans des limites très restreintes.

Le pouvoir germinatif doit être encore plus élevé si l'on obtient par sélection une semence entièrement monogermes.

Carl Heinrich Dencker, Clemens Heller y Wolfgang Brinkmann: «Semillas y rendimiento de la siembra en la plantación de la remolacha azucarera.»

Para la siembra de la remolacha azucarera se dispone hoy día de varias clases de semillas que se distinguen no sólo por su forma exterior física, sino que se diferencian aún más por el promedio de gérmenes. Existe una relación entre el promedio de gérmenes, la capacidad de germinación de los ovillos y el número de gérmenes en el campo que puede concretarse matemáticamente. En cuanto al valor de un promedio de gérmenes más o menos reducido, se observará en primer lugar lo siguiente:

Una semilla monogermen mecánicamente preparada, con índice medio de gérmenes reducido, ofrece ventajas en comparación con una semilla de índice medio más elevado, porque da un número más elevado de plantas sueltas, trayendo con esto un notable ahorro de trabajo de anclamiento. Esta ventaja en la economía de trabajo subsiste también cuando las condiciones para la germinación son desfavorables, o sea, cuando una parte de las semillas deje de brotar.

En condiciones de germinación desfavorables, las semillas de índice medio más elevado ofrecen muy poca ventaja en cuanto a la seguridad de brote, en comparación con semillas de índice medio más reducido. La desventaja del aumento de trabajo de aislamiento que resulta del empleo de semillas con índice medio más elevado, pasa bastante de la ventaja que ofrece el empleo de semilla de índice medio más bajo.

La relación matemática puede aplicarse también a la determinación

teórica y a la confección de tablas para las distancias necesarias entre los ovillos en la siembra de semilla monogermen. En este esqueleto de valores matemáticamente calculados se pueden intercalar también los valores límite, hallados de forma empírica para el brote en el campo, cuando las condiciones del suelo o las del tiempo sean desfavorables, resultando de ello las deducciones siguientes: Aceptando que la siembra de una semilla monogermen a distancias inferiores a 3 cm no tiene objeto, resulta que la siembra de semillas monogermen de elevada capacidad de germinación es posible en casi

toda clase de terrenos. En cambio queda limitada a terrenos especialmente buenos, siendo la capacidad de germinación de la semilla reducida.

El empleo de semillas monogermen en terreno desfavorable sólo es posible, aumentando la capacidad de germinación de la semilla, pero no, aumentando el índice medio de germinación, ya que esto mejoraría el brote en el campo solamente de manera insignificante. La capacidad de germinación de la semilla podría aumentar, si se llegase a criar una semilla exclusivamente monogermen.

Ernst Mewes:

Zusammensetzung der Kräfte an Schlepperpflügen

Institut für Landtechnische Grundlagenforschung, Braunschweig-Völkenrode

Kenntnisse über die Kräfte zwischen Schlepper und Pflug sind erforderlich, um die Beeinflussung des Schleppers zu erfahren und auch die Regelung der Pfluglagen beurteilen zu können. SKALWEIT [1—4] hat gezeigt, wie aus den Kraftwirkungen am Pflugkörper die Stützkkräfte am Pflug und die Kraftwirkungen auf den Schlepper nach den Gesetzmäßigkeiten der Statik ermittelt werden können. Im folgenden wird nun gezeigt, wie die Kraftwirkungen der Pflüge, wovon eine Reihe Angaben von GETZLAFF [5—12] veröffentlicht worden sind, ermittelt werden konnten. Auch zur Frage der Bestimmung der Kraftübertragungen auf den Schlepper werden danach Beiträge geliefert.

Für die Darstellung der räumlichen Kräftewirkung der Bodenkkräfte am Pflugkörper gibt es verschiedene Möglichkeiten, wie aus der räumlichen Statik bekannt ist. Eine sinngemäße Darstellung erfolgt durch die Kraftschraube [13]. Für praktischen Gebrauch ist mitunter die Verwendung von rechtwinkligen Kraftkreuzen von Vorteil [14]. Hier wird im Zusammenhang mit Beispielen der Durchrechnung der Aufhängemechanismen für Schlepperpflüge gezeigt, daß die in USA eingeführte Darstellung mit einer resultierenden Kraft und dazu einem Kräftepaar, das nur ein Moment um die Längsachse aufweist, gut gebraucht werden kann. Dabei wird zunächst auf die Auswertung von Sechskomponentenmessungen und die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Darstellungsarten (sechs Komponenten, Kraftschraube, Kraftkreuze und Kraft zuzüglich Moment um Hauptachse) eingegangen. Die Hauptsache ist im Gegensatz zur Zentralachse nicht durch die jeweilige Kräftegruppe bedingt, sondern wird auf Grund der Konstruktionen festgelegt.

Ermittlung der Kräfte an Pflugkörpern mit Sechskomponentenmessungen

Wenn brauchbare Meßergebnisse für die Kräfte an einem Pflugkörper gewonnen werden sollen, muß zunächst dafür gesorgt werden, daß der Pflugkörper bei wiederkehrenden Versuchen in gleichbleibender Weise geführt wird. Um den auftretenden Streubereich zu erfassen, mußte damit gerechnet werden, daß eine große Anzahl von Versuchen in möglichst gleicher Weise durchzuführen und statistisch auszuwerten war. Bei den auf Veranlassung von Prof. Dr. agr. h. c. Dr.-Ing. habil. W. KLOTH durchgeführten Untersuchungen des Instituts für Landtechnische Grundlagenforschung über die Kräfte an Pflugkörpern wurden Versuche in Bodenrinnen wegen Bedenken gegen die Übertragbarkeit ausgeschlossen und nur Versuche mit Original-Pflugkörpern in natürlich gelagerten Böden vorgesehen. Um mit erträglichem Aufwand die große Zahl der erforderlichen Untersuchungen durchführen zu können, wurde der Versuchskörper — wie bereits in [5] geschildert — in einen Rahmenanhängepflug eingebaut,

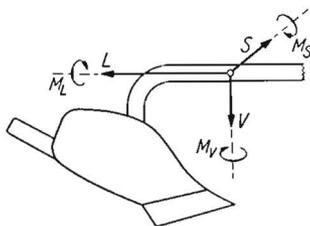


Bild 1: Perspektivische Darstellung mit Richtungsangaben für die Komponenten der Kräfteinwirkungen vom Boden. L = Längskraft, S = Seitenkraft, V = Vertikalkraft. M_L , M_S , M_V sind Momente um bestimmte entsprechend gerichtete Achsen. Dabei zählen Rechtsschraubungen als positiv. Die Pfeile geben die positiv rechnenden Richtungen an

der bei der Arbeit verhältnismäßig geringe Ungleichmäßigkeiten (z. B. hinsichtlich des Tiefganges) zeigt.

Für vollständige Kraftfeststellungen am Pflug sind sechs Komponenten zu ermitteln, zum Beispiel die Kräfte in Längs-, Vertikal- und Seitenrichtung und die Momente um eine Längs-, eine Vertikal- und eine Seitenachse (Bild 1). Der Pflugkörper mußte daher in geeigneter Weise über mindestens sechs Meßwerkzeuge mit dem Pfluggestell verbunden werden. Bei den bisher bekannt gewordenen Sechskomponentenmeßpflügen wurden die Kraftwirkungen über sechs Kraftmeßdosen, die für statisch bestimmte Lagerung verteilt liegen, auf das Gestell übertragen.

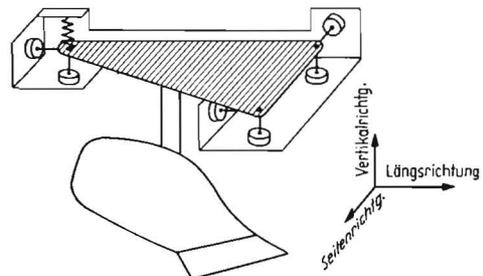


Bild 2

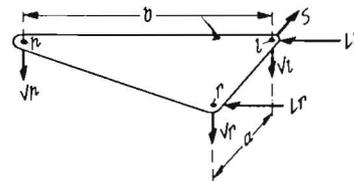


Bild 3

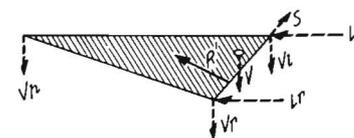


Bild 4

Bild 2: Sechskomponentenmeßgerät für Pflugkörper, entwickelt etwa 1925 im Institut für Landmaschinen der TH München. Ein horizontal liegender Meßrahmen ist in 6 hydraulischen Meßdosen gegenüber dem festen Rahmen abgestützt

Bild 3: Schema eines Sechskomponentenmeßgeräts des Instituts für Landmaschinen der TH München mit den von Meßdosen auf den umgebenden Pflugrahmen übertragenen 6 Kräften L_r , L_l , S , V_r , V_l , V_h . (Gezeichnet sind also nicht die Reaktionen des Pflugrahmens auf den Meßrahmen. Sie verlaufen überall entgegengesetzt gerichtet.)

Bild 4: Zusammenfassung der Kräfte in der Meßebene S , L_r und L_l zu R' und der auf der Meßebene senkrecht stehenden Kräfte V_r , V_l und V_h zu V . Da die Wirkungslinien von R' und V im allgemeinen (wie hier gezeichnet) sich nicht im Raume schneiden, kann eine resultierende Kraft nicht dafür eingesetzt werden

Die ersten Geräte dieser Art (Bild 2) entstanden im Institut für Landmaschinen der Technischen Hochschule München unter Prof. Dr.-Ing. G. KÜHNE [15]. Prof. MARKS [16] erbaute und verwendete als erster ein solches Gerät für die Registrierung von sechs Komponenten an Pflugkörpern.

Zwischen Meßrahmen und festem Rahmen sind auch Vorspannfedern eingeschaltet, insbesondere bei V_h , der Vertikalkraftdose hinten (vgl. Bild 2 und 3), wo die Kraftrichtung beim Pflügen eine andere sein kann als beim Hängen im Ruhezustand. Auf den Meßrahmen werden folgende Kräftearten ausgeübt: