

Mitteilung aus dem Laboratorium der Universität in Samarkand

Grundeigenschaften der Stärke von wildwachsenden Pflanzen

Von **S. M. Strepkov** und **Ch. K. Kuramschin**

Mit 4 Abbildungen

(Eingegangen am 20. November 1937)

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Stärke der Kulturpflanzen sind genügend bekannt. Vor allem kennen wir die Kartoffelstärke, die als Grundlage zum Studium der chemischen Verwandlungen der Stärke unter dem Einfluß der Temperatur, der Fermente und der Bakterien dient. Was aber die Eigenschaften der Stärken der wildwachsenden Pflanzen anbetrifft, so sind unsere Kenntnisse sehr mangelhaft, obwohl sie bedeutendes, theoretisches und praktisches Interesse bieten.

Um diese Lücke teilweise zu schließen, haben wir folgende Pflanzen untersucht:

I. Ordnung Araceae

1. Arum Korolkovi, Bgl.

II. Ordnung Liliaceae

2. Tulipa Fosteriana, Hoog.
3. Fritillaria Sewerzowi Bgl.

III. Ordnung Amaryllidaceae

4. Ungernia Sewerzowi (Bgl.), B. Fedtsch.

IV. Ordnung Iridaceae

5. Crocus alatavicus, Semenow et Bgl.
6. Iris magnifica Bgl.

V. Ordnung Cruciferae

7. Megacarpaea gigantea, Bgl.
8. Crambe Kotschiana, Boiss.

VI. Ordnung Umbelliferae

9. Bunium chaerophylloides (Bgl. et Schmalh.)
10. Bunium persicum, Boiss.

Die Untersuchungsmethode

1. Die Ausscheidung der Stärke erfolgte auf gewöhnliche Art: die aus der zerkleinerten Pflanzenmasse in Freiheit gesetzte Stärke wurde mit destilliertem Wasser gewaschen, mit Alkohol behandelt und dann im Laufe von einigen Tagen bei Zimmertemperatur getrocknet.

2. Die Bestimmung der Feuchtigkeit und der Hygroskopizität wurde durch Trocknen bei 100—105° bis zum beständigen Gewicht bestimmt. Der absolut trockene Stoff wurde im Exsiccator bis zum ständigen Gewicht über Wasser gestellt. Die maximale Wasseranziehung wurde aus der Differenz ermittelt.

3. Das spezifische Gewicht wurde mit Hilfe eines Pyknometers von 10 ccm Inhalt bestimmt. Die Berechnung geschah nach der Formel:

$$d = \frac{a}{a + b - c} \quad \text{oder} \quad d = \frac{a}{n},$$

wobei

- a* das Gewicht des lufttrocknen Stoffes,
- b* das Gewicht des Pyknometers mit Wasser,
- c* das Gewicht des Pyknometers mit Wasser und Stärke,
- n* das Gewicht des verdrängten Wassers ist.

Zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes nahmen wir bei allen Stärkesorten 0,5 g Substanz und arbeiteten bei 25° C.

4. Die spezifische Drehung der Stärke wurde in Salzsäure im Röhrchen von 1 dcm bei 25° vorgenommen.

0,250 g der lufttrocknen Stärke wurde in 5 ccm konz. Salzsäure gelöst, dann wurden 10—15 ccm verd. Salzsäure ($d=1,12$) hinzugefügt, die Lösung in ein Pyknometer von 25 ccm überführt und bis zur Marke mit verd. Salzsäure aufgefüllt. Die Lösung wurde filtriert und dann die spez. Drehung bestimmt.

5. Die Verkleisterungstemperatur wurde nach der üblichen Methode von Sametz bestimmt.

6. Die Amylose- und Amylopektinbestimmung. Die quantitative Amylosebestimmung wurde folgendermaßen ausgeführt:

0,200 g Stärke wurden in Kleister verwandelt, dann mit heißem Wasser verdünnt, auf 45—50° abgekühlt und ein wenig Amyloferment hinzugefügt; der Kleister wurde im Thermo-

stehen bei 48—50° 15 Stunden stehen gelassen. Hernach wurde die Flüssigkeit in einen Dialysator gegossen und 48 Stunden stehen gelassen. Die quantitative Maltosebestimmung geschah nach Willstätter-Schudl. Ebenso wurde auch die Kontrollbestimmung mit reinem Amyloseferment vorgenommen. Die Amylosemenge wurde auf absolut trockner Substanz nach folgender Formel berechnet:

$$x = \frac{a \cdot 18,01 \cdot 0,947 \cdot 100}{0,2 \cdot K},$$

wobei

a = 1 ccm 0,1 n-J-Lösung,
18,01 der Koeffizient der Maltosebestimmung,
0,947 der Koeffizient der Umrechnung der Maltosemenge auf Amylose
0,2 die Menge der lufttrocknen Stärke,
 K der Koeffizient der Umrechnung der lufttrocknen auf die absolut trockne Substanz ist.

Die Stärkeeigenschaften

1. Arumstärke ist weiß und enthält:

$0,0010 \cdot 100 / 0,3820 \cdot 0,8905 = 0,29\%$ graue Asche,

$0,0584 \cdot 100 / 0,5332 = 10,95\%$ Feuchtigkeit und

$0,1532 \cdot 100 / 0,4748 = 32,26\%$ maximale Wasseraufnahme.

Unter dem Mikroskop stellt die Stärke glasartig durchsichtige, vielkantige Körner (Abb. 1a) dar; die Kanten sind scharf und dadurch ähneln die Körner Krystallen. Die Schichtung ist schwach ausgeprägt und das Zentrum der Schichtung liegt im geometrischen Zentrum. Risse sind nicht vorhanden.

Die Arumstärkekörner sind im Vergleich zu anderen Stärkesorten klein und nicht größer als 8—10 μ ; große Körner von 12 μ wurden nicht beobachtet.

Die Stärkekörner haben ein spezifisches Gewicht bei 25°: $0,5 : 0,3390 = 1,475$ und verkleistern bei 52,5—53,0°.

Die spez. Drehung in Salzsäure:

$$[\alpha]_D^{25} = + 1,74 \cdot 100 / 0,25 \cdot 0,8905 \cdot 4 \cdot 1 = + 195,39^{\circ}$$

Amyloseinhalt: $5,0 \cdot 18,01 \cdot 0,947 \cdot 100 / 0,2 \cdot 0,8905 = 47,88\%$

also Amylopektin = 52,12%

2. Tulipastärke ist rein weiß und enthält:

$0,0010 \cdot 100 / 0,4448 \cdot 0,8820 = 0,25\%$ graue Asche,

$0,0654 \cdot 100 / 0,5538 = 11,80\%$ Feuchtigkeit und

$0,1704 \cdot 100 / 0,4884 = 34,88$ maximale Wasseraufnahme.

Unter dem Mikroskop (Abb. 1b) stellt die Tulipastärke glasartig durchsichtige grobe Körner dar; die Körner haben das Aussehen von Eisstückchen, die am zugespitzten Ende längliche und kreuzartige Spalten aufweisen. Die Schichten sind klein, aber deutlich zu sehen.

Die Tulipastärkekörner sind mit 32—56 μ die größten der von uns bestimmten Stärkesorten; kleinere als 16 μ haben wir nicht bemerkt.

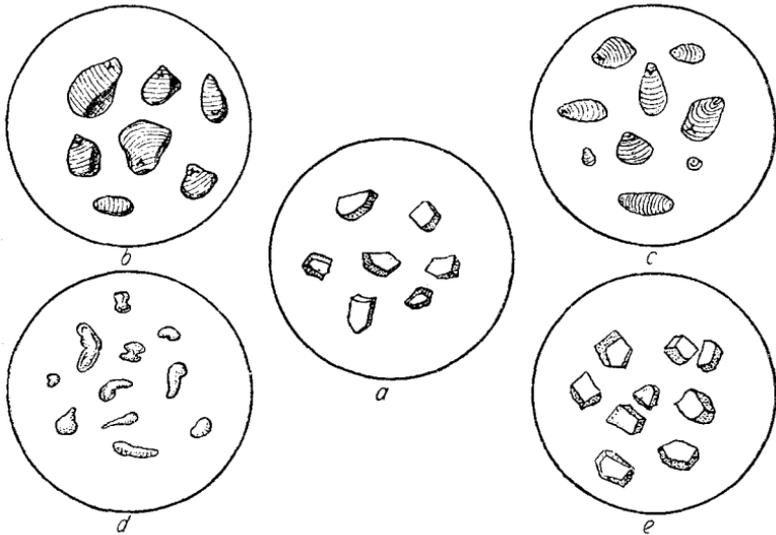


Abb. 1 a—e

Die Stärkekörner haben bei 25° spez. Gewicht: 0,5:0,3436 = 1,455 und verkleistern bei 54,5—55,0°.

Spez. Drehung dieser Stärke in Salzsäure:

$$[\alpha]_D^{25} = + 1,86 \cdot 100 / 0,25 \cdot 0,8820 \cdot 4 \cdot 1 = + 210,88^\circ$$

$$\text{Amylosegehalt: } 6,2 \cdot 18,01 \cdot 0,947 \cdot 100 / 0,2 \cdot 0,8820 = 59,94 \%$$

$$\text{Amylopektin} \dots \dots \dots = 40,06 \%$$

3. Fritillariastärke ist weiß bis schwachgelb und enthält:

$$0,0006 \cdot 100 / 0,2962 \cdot 0,8690 = 0,23 \% \text{ weiße Asche,}$$

$$0,0420 \cdot 100 / 0,3204 = 13,10 \% \text{ Feuchtigkeit und}$$

$$0,1026 \cdot 100 / 0,2784 = 36,85 \% \text{ maximale Wasseraufnahme.}$$

Unter dem Mikroskop (Abb. 1c) erkennt man glasartige, durchsichtige eierförmige Körner mit stark ausgeprägter Schichtung und häufig kreuzartigen Spalten.

Die Größe schwankt zwischen 16—48 μ ; überwiegend 40—48 μ .

Das spez. Gewicht bei 25° ist 0,5:0,3494 = 1,431, sie verkleistert bei 70,0—70,5°.

Spez. Drehung: $[\alpha]_D^{25} = + 1,77 \cdot 100 / 0,25 \cdot 0,8690 \cdot 4 \cdot 1 = + 203,68^\circ$

Amylosegehalt in der Stärke:

$$6,6 \cdot 18,01 \cdot 0,947 \cdot 100 / 0,2 \cdot 0,8690 = 64,74\%$$

$$\text{Amylopektin} \dots \dots \dots = 35,26\%$$

4. Ungerniastärke ist rein weiß und enthält:

$$0,0004 \cdot 100 \cdot 0,2340 \cdot 0,8833 = 0,19\% \text{ wei\ss e Asche,}$$

$$0,0350 \cdot 100 / 0,2998 = 11,67\% \text{ Feuchtigkeit und}$$

$$0,0870 \cdot 100 / 0,2648 = 32,85\% \text{ maximale Wasseraufnahme.}$$

Das mikroskopische Bild der Ungerniastärke ist originell, die Körner sind bisquit- und flaschenartig; eine Schichtung der Körner ist nicht vorhanden und sogar bei 1630-facher Vergrößerung sind keine Spalten und Risse zu bemerken (vgl. Abb. 1 d). Die Größe der Körner beträgt 20—28 μ .

Spez. Gewicht bei 25°: 0,5:0,3546 = 1,410; Verkleisterung bei 65,5—66,0°.

Spez. Drehung in Salzsäure:

$$[\alpha]_D^{25} = + 1,92 \cdot 100 / 0,25 \cdot 0,8833 \cdot 4 \cdot 1 = + 217,36^\circ$$

$$\text{Amylose: } 6,2 \cdot 18,01 \cdot 0,947 \cdot 100 / 0,2 \cdot 0,8833 = 59,86\%$$

$$\text{Amylopektin} \dots \dots \dots = 40,14\%$$

5. Crocusstärke ist weiß mit einem unbedeutenden Rosaanflug, der bei Anfeuchtung mit Wasser sich vertieft.

Die untersuchte Stärke enthält:

$$0,0004 \cdot 100 / 0,2678 \cdot 0,8906 = 0,16\% \text{ wei\ss e Asche,}$$

$$0,0342 \cdot 100 / 0,3126 = 10,94\% \text{ Feuchtigkeit und}$$

$$0,0834 \cdot 100 / 0,2784 = 29,95\% \text{ maximale Wasseraufnahme.}$$

Unter dem Mikroskop (Abb. 1 e) ähneln die Körner mit ihren scharfen Kanten der Arumstärke. Bei zerstreutem Licht haben die Körner einen perlenmutterartigen Glanz. Schichtung nicht bemerkbar und bei 1630-facher Vergrößerung sind keine Spalten zu sehen; Größe 12—16 μ , seltener 8 μ ; kein Korn über 20 μ .

Spez. Gewicht bei 25°: 0,5:0,3490 = 1,433; Verkleisterung bei 67,5—68,0°.

Spez. Drehung der Crocusstärke in Salzsäure:

$$[\alpha]_D^{25} = + 1,85 \cdot 100 / 0,25 \cdot 0,8906 \cdot 4 \cdot 1 = + 207,72^\circ$$

Amylose: $6,5 \cdot 18,01 \cdot 0,947 \cdot 100 / 0,2 \cdot 0,8906 = 62,23\%$

Amylopektin = $37,77\%$

6. Irisstärke ist ein weißer Stoff und enthält:

$0,0008 \cdot 100 / 0,3102 \cdot 0,8885 = 0,28\%$ gelbe Asche,

$0,0528 \cdot 100 / 0,4736 = 11,15\%$ Feuchtigkeit und

$0,1266 \cdot 100 / 0,4208 = 30,08\%$ maximale Wasseraufnahme.

Unter dem Mikroskop (Abb. 2a) linsen- und knäuelartige Körner mit vielen Zentren; die Schichten sind sehr gut bemerkbar; Größe 28—32 μ ; die kleinsten 12 μ , die größten 32 μ .

Spez. Gewicht bei 25°: $0,5 : 0,3328 = 1,502$ und Verkleisterung bei 68,0—68,5°.

Spez. Drehung in Salzsäure:

$$[\alpha]_D^{25} = + 1,77 \cdot 100 / 0,25 \cdot 0,8885 \cdot 4 \cdot 1 = + 199,21^\circ$$

Amylosegehalt: $5,9 \cdot 18,01 \cdot 0,947 \cdot 100 / 0,2 \cdot 0,8885 = 56,62\%$

Amylopektin = $43,38\%$

7. Die Megacarpaeastärke hat eine weiß-gelbliche Farbe und enthält:

$0,0010 \cdot 100 / 0,2652 \cdot 0,8805 = 0,43\%$ gelbliche Asche,

$0,0492 \cdot 100 / 0,4116 = 11,95\%$ Feuchtigkeit und

$0,1288 \cdot 100 / 0,3624 = 35,54\%$ maximale Wasseraufnahme.

Unter dem Mikroskop (Abb. 2b) haben die Körner nieren- und eierförmige Form mit Querspalten und deutlich sichtbare Schichtung. Die kleinen Körner messen 8—16 μ ; die größeren 20 μ bis höchstens 24 μ .

Spez. Gewicht bei 25°: $0,5 : 0,3576 = 1,398$ und verkleistert sich bei 50,0—50,5°.

Spez. Drehung in Salzsäure:

$$[\alpha]_D^{25} = + 1,64 \cdot 100 / 0,25 \cdot 0,8805 \cdot 4 \cdot 1 = + 186,27^\circ$$

Amylosegehalt: $5,3 \cdot 18,01 \cdot 0,947 \cdot 100 / 0,2 \cdot 0,8805 = 51,33\%$

Amylopektin = $48,67\%$

8. Crambestärke gleicht dem Aussehen nach und unter dem Mikroskop der Megacarpaeastärke und enthält:

$0,0014 \cdot 100 / 0,3742 \cdot 0,8910 = 0,42\%$ weiße Asche,

$0,0336 \cdot 100 / 0,3082 = 10,90\%$ Feuchtigkeit und

$0,0966 \cdot 100 / 0,2746 = 35,17\%$ maximale Wasseraufnahme.

Unter dem Mikroskop (Abb. 2 c) ähneln die Körner der Megacarpaeastärke, nur sind sie ein wenig länger und größer: im Durchschnitt 12—16 μ ; die kleinsten 8 μ ; größere als 28 μ sind nicht vorhanden.

Spez. Gewicht bei 25°: $0,5 : 0,3398 = 1,471$ und Verkleisterung bei 59,5—60,0°.

Spez. Drehung in Salzsäure:

$$[\alpha]_D^{25} = + 1,80 \cdot 100 / 0,25 \cdot 0,8910 \cdot 4 \cdot 1 = + 202,02^\circ$$

$$\text{Amylosegehalt: } 5,4 \cdot 18,01 \cdot 0,947 \cdot 100 / 0,2 \cdot 0,8910 = 51,62\%$$

$$\text{Amylopektin} = 48,38\%$$

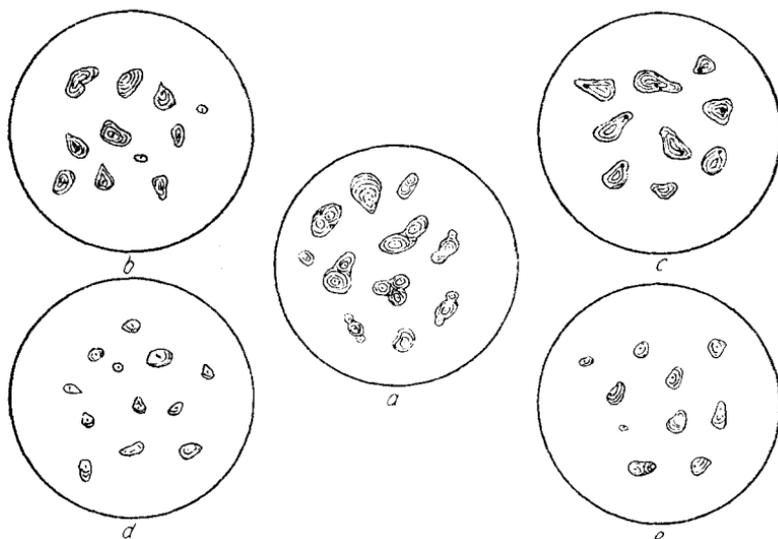


Abb. 2 a—e

9. *Bunium chaerophylloides*-Stärke ist weiß mit einem schwachgrauen Anflug und enthält:

$$0,0020 \cdot 100 / 0,3568 \cdot 0,8930 = 0,62\% \text{ orangefarbige Asche,}$$

$$0,0340 \cdot 100 / 0,3176 = 10,70\% \text{ Feuchtigkeit und}$$

$$0,1004 \cdot 100 / 0,2836 = 35,36\% \text{ maximale Wasseraufnahme.}$$

Unter dem Mikroskop (Abb. 2 d) zeigen die Körner eine rundliche Form von 8—12 μ und nicht über 16 μ Größe mit klar ausgeprägter Schichtung und Querspalten.

Spez. Gewicht bei 25°: $0,5 : 0,3518 = 1,421$. Temperatur der Verkleisterung: 53,5—54,0°.

Spez. Drehung in Salzsäure:

$$[\alpha]_D^{25} = + 1,84.100/0,25.0,8930.4.1 = + 206,04^\circ$$

Amylosegehalt: $6,0.18,01.0,947.100/0,2.0,8930 = 57,29\%$

Amylopektin = $42,71\%$

10. *Bunium persicum*-Stärke bildet ein weißes, etwas gelbliches Pulver und enthält:

$0,0024.100/0,3818.0,8797 = 0,71\%$ orangefarbige Asche,

$0,0458.100/0,3808 = 12,03\%$ Feuchtigkeit und

$0,1156.100/0,3350 = 34,50\%$ maximale Wasseraufnahme.

Unter dem Mikroskop (Abb. 2e) ähnelt die Struktur den vorher beschriebenen Körnern. Sie sind rund, eiförmig mit deutlich sichtbarer Schichtung und Querspalten. Größe 8—12 μ , selten über 16 μ .

Spez. Gewicht bei 25°: $0,5:0,3592 = 1,392$, Verkleisterung bei 50,0—50,5°.

Spez. Drehung in Salzsäure:

$$[\alpha]_D^{25} = + 1,70.100/0,25.0,8797.4.1 = + 193,24^\circ$$

Amylosegehalt: $6,8.18,01.0,947.100/0,2.0,8797 = 65,92\%$

Amylopektin = $34,08\%$

In der nachstehenden Tab. 1 haben wir die Körner der verschiedenen Stärkesorten nach ihrer Größe angeordnet und auch die gefundenen Konstanten der Stärken graphisch angeführt (vgl. Abb. 3).

Tabelle 1

Nr.	Stärkesorten	Größe der Körner in $\mu\mu$	Feuchtigkeit	Hygroskopie	Asche	Spez. Gew.	Kleisteremp.	Spez. Drehung	Amylosegehalt	Amylopektingehalt
1	<i>Tulipa Fosteriana</i>	32—56	11,80	34,88	0,25	1,455	55,0	210,88	59,94	40,06
2	<i>Fritillaria Sewerzowi</i>	40—48	13,10	36,85	0,23	1,431	70,5	203,68	64,74	35,28
3	<i>Iris magnifica</i>	28—32	11,15	30,08	0,28	1,502	68,5	199,21	56,62	43,38
4	<i>Ungernia Sewerzowi</i>	20—28	11,67	32,85	0,19	1,410	66,0	217,36	59,86	40,14
5	<i>Crambe Kotschiana</i>	12—16	10,90	35,17	0,42	1,471	60,0	202,02	51,62	48,38
6	<i>Crocus alatavicus</i>	12—16	10,94	29,95	0,16	1,433	68,0	207,72	62,23	37,77
7	<i>Megacarpaea gigantea</i>	8—16	11,95	35,54	0,43	1,398	50,5	186,27	51,33	48,67
8	<i>Bunium persicum</i>	8—16	12,03	34,50	0,71	1,392	50,5	193,24	65,92	34,08
9	<i>Bunium chaerophyll.</i>	8—12	10,70	35,36	0,62	1,421	54,0	206,04	57,29	42,71
10	<i>Arum Korolkovi</i>	8—12	10,95	32,26	0,29	1,475	53,0	195,39	47,88	52,12

Aus dem Vergleich der gefundenen Werte ziehen wir folgende Schlußfolgerungen:

1. Der Aschegehalt in den mittleren und größeren Körnern steht in einer geraden, die der kleinen (bis $12\ \mu$) in einer umgekehrten Abhängigkeit vom Amylopektingehalt.

2. Der Feuchtigkeitsgehalt ist direkt abhängig vom Amylosegehalt.

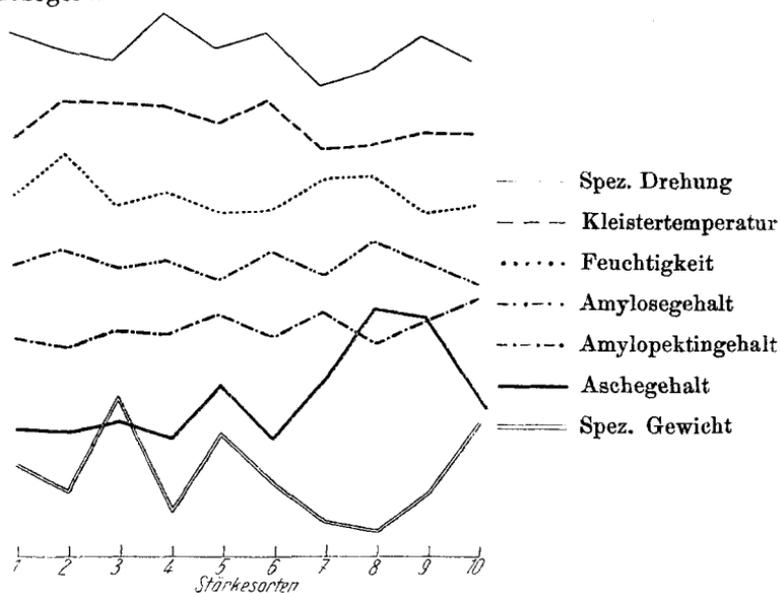


Abb. 3

3. Die spez. Drehung und die Verkleisterungstemperatur ist in den meisten Fällen abhängig vom Amylosegehalt.

4. Das spez. Gewicht hängt meistens vom Amylopektingehalt ab.

5. Keine der Konstanten steht in irgendwelcher Beziehung zu der Größe der Körner.

Die Hydrolysierbarkeit der Stärken

Um diese Fähigkeit zu bestimmen, haben wir folgende Experimente mit Diastase angestellt.

Die zu untersuchende Stärke wurde in einem graduierten 50 ccm-Probierringläschen verkleistert, bis zur Marke 50 ccm mit

Wasser angefüllt und auf 55° abgekühlt; dann haben wir zu allen Proben die gleiche kleine Menge Diastase hinzugefügt und die Hydrolyse im Thermostaten bei 53,0—53,5° ausgeführt.

Die Menge der reduzierenden Stoffen wurde 20 Minuten nach der Diastasebeimischung bestimmt und späterhin jede Stunde, bis zwei nacheinander folgende Bestimmungen das gleiche Ergebnis hatten; die Reaktion auf Stärke war immer negativ. Ebenso wurde auch der Kontrollversuch nur mit Diastase allein durchgeführt.

Die reduzierenden Stoffe wurden nach Issekutz bestimmt: Von der zu untersuchenden Lösung wurde mit einer Mikropipette 2 ccm entnommen, in einen 100 ccm-Kolben mit langem Halse eingeführt, 18 ccm Wasser hinzugefügt und dann die Oxydation der reduzierenden Stoffe nach der entsprechenden Methode durchgeführt.

Die Menge der reduzierenden Stoffe in 2 ccm der zu untersuchenden Lösung entspricht ccm 0,05 n-Na₂S₂O₃ mit der entsprechenden Umrechnung auf 0,5 g absolut trockne Stärke.

Die Resultate der Bestimmung sind in der nachstehenden Tab. 2 angeführt.

Tabelle 2

Nr.	Stärkesorten	Dauer der Hydrolyse in Stunden						
		1/3	1	2	3	4	5	6
		Die Menge der reduzierenden Stoffen in ccm . ccm 0,05 n-Na ₂ S ₂ O ₃						
1	Tulipa Fosteriana	0,80	3,80	5,90	7,00	7,40	7,50	7,50
2	Fritillaria Sewerzowi	0,90	3,90	6,00	6,60	7,00	7,20	7,20
3	Iris magnifica	3,30	5,80	6,90	7,20	7,40	7,40	—
4	Ungernia Sewerzowi	0,90	4,30	5,70	6,40	6,60	6,60	—
5	Crambe Kotschiana	0,50	2,25	2,80	3,20	3,50	3,65	3,65
6	Crocus alatavicus	0,90	3,90	5,30	5,80	5,95	5,95	—
7	Megacarpaea gigantea	3,70	6,75	7,10	7,45	7,60	7,80	7,80
8	Bunium persicum	2,80	6,25	6,85	7,20	7,40	7,50	7,50
9	Bunium chaerophyll.	5,20	6,85	7,20	7,40	7,60	7,80	7,80
10	Arum Korolkovi	3,20	6,05	7,00	7,30	7,45	7,60	7,60

Aus der graphischen Darstellung (Abb. 4) ziehen wir folgenden Schluß:

1. Die kleinkörnige Stärke wird energischer hydrolysiert als die grobkörnige, mit Ausnahme der vielkörnigen Irisstärke.

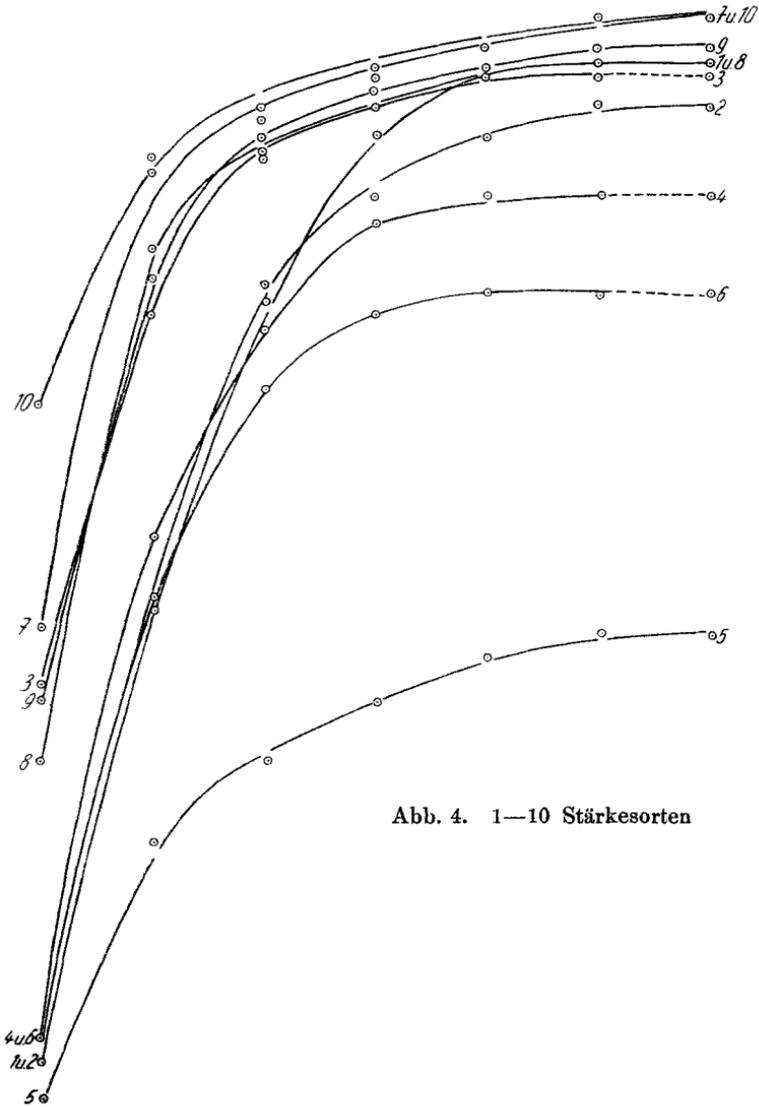


Abb. 4. 1—10 Stärkesorten

2. Diejenige Stärke, deren Verkleisterungstemperatur niedriger oder gleich der Hydrolysetemperatur ist, hydrolysiert sich energischer als die Stärke, deren Kleistertemperatur höher ist.

3. Die Stärke mit größerem Amylopektingehalt hydrolysiert sich energischer, mit Ausnahme der Crambestärke.