

Untersuchungen über die Verdaulichkeit der Stärke verschiedener pflanzlicher Futtermittel durch Malz-, Pankreas- und Speicheldiastase.

Von
Tierarzt **Marius Pauletig.**

(Aus dem Laboratorium für medizinische Chemie der Tierärztlichen Hochschule in Wien.)
(Der Redaktion zugegangen am 27. April 1917.)

Die Erfahrung lehrt uns, daß verschiedene Nahrungsmittel vom tierischen Organismus in verschiedenem Grade ausgenützt werden. Dieser verschiedene Grad der Ausnützung hat verschiedene Ursachen, die in der Tiergattung, in der Individualität des Tieres, in der Art der Zubereitung des Futtermittels, in dessen Darreichungsweise, d. h. mit welchem Beifutter dasselbe verfüttert wurde u. dgl. mehr zu suchen sind. Der größte Teil dieser Ursachen liegt zweifellos in dem Futtermittel selbst, in seinem pflanzlich-anatomischen Aufbau, aber auch in der chemischen Natur der im Futtermittel enthaltenen Nährstoffe.

Wissen wir ja doch, daß die Eiweißstoffe verschiedener Futtermittel verschieden leicht, zum Teil auch gar nicht, von den Verdauungssäften angegriffen und gespalten werden, daß die Rohfaser verschiedener Futtermittel in verschiedenem Grade durch das Tier ausgenützt wird usw.

Es war daher zu vermuten, daß auch die Stärke verschiedener Futtermittel der Einwirkung der Verdauungssäfte verschiedenen Widerstand entgegensetzt, welcher auch hier teils in dem anatomischen Aufbau des Stärkekornes, teils in der chemischen Natur der Stärke des betreffenden Futtermittels begründet sein kann. Die letztere Frage erscheint einer experimentellen Prüfung im Reagenzglas zugänglich.

Ich habe derartige Versuche unternommen, in welchen Stärke verschiedener Herkunft mit einigen Diastasen vergleichsweise geprüft wurde.

Trotz der umfangreichen Literatur der Spaltung der Stärke durch Diastase finde ich keine Versuche, welche in der gleichen

Absicht angestellt worden sind, wohl aber finden sich in einigen Arbeiten Angaben, welche in dieser Hinsicht verwertet werden können, wie z. B. in den Arbeiten von Musculus und Mering,¹⁾ Payen,²⁾ Lintner,³⁾ Mering,⁴⁾ Schwarzer,⁵⁾ Hamburger,⁶⁾ Weiser und Zaitschek,⁷⁾ Lang,⁸⁾ Th. Rinaldini⁹⁾ u. a. noch.

Es kann gleich vorweg bemerkt werden, daß die Ergebnisse dieser Arbeiten größtenteils mit den bezüglichen von mir erhobenen Daten übereinstimmen.

Mir lag es jedoch daran, tunlichst vollständig Stärkesorten aus Vertretern der wichtigsten Futtermittel vergleichsweise in ihrem Verhalten gegen die beiden wichtigsten diastatischen Verdauungsfermente, nämlich Speichel und Pankreasdiastase zu prüfen. Mit Rücksicht darauf, daß bei der Zubereitung von Futtermitteln und im weiteren Umfange auch bei der Zubereitung von Nahrungsmitteln unter Umständen auch pflanzliche Diastasen eine Rolle spielen, habe ich als Beispiel einer pflanzlichen Diastase eine Malzdiastase zum Vergleiche herangezogen.

¹⁾ Musculus und Mering, Umwandlung von Stärke und Glykogen durch Diastase, Speichel, Pankreas und Labfermente. Zeitschr. physikal. Chem., Bd. 2, S. 403 (1878).

²⁾ Payen, Reaction de la diastase sur la substance amylacée. Ann. Chimic. physic. (4) IV, 286.

³⁾ Lintner und Düll, Über den Abbau der Stärke unter dem Einflusse der Diastasewirkung. Chem. Ber., Bd. 26, S. 2533 (1893).

⁴⁾ Mering, Über den Einfluß diastatischer Fermente auf Stärke, Dextrin und Maltose. Zeitschr. physikal. Chemie, Bd. 5, S. 185 (1881).

⁵⁾ Schwarzer, Über die Umwandlung der Stärke durch Malzdiastase. Journ. f. prakt. Chem., N. F., Bd. 1, S. 212 (1870).

⁶⁾ Hamburger, Vergleichende Untersuchungen über die Einwirkung des Speichels, des Pankreas und Darmsaftes, sowie des Blutes auf Stärkekleister. Pflügers Archiv, Bd. 60, S. 543.

⁷⁾ Weiser und Zaitschek, Beitr. zur Methodik der Stärkebestimmung und zur Kenntniss der Verdaulichkeit der Kohlenhydrate. Pflüg. Archiv, Bd. 93, S. 98.

⁸⁾ S. Lang, Über die Einwirkung der Pankreasdiastase auf Stärkearten verschiedener Herkunft. Zeitschr. f. experiment. Path. u. Therap., Bd. 8, S. 279.

⁹⁾ Th. Rinaldini, Sulla digestione di vari amidi per opera dei secreti salivare, enterico e pancreatico. (Rom.) Beitr. zur Path. u. Ther. der Ernährungsstörungen, Bd. 2, Heft 3, S. 330 (1910).

Das zu diesen Versuchen verwendete Präparat von Malzdiastase war ein Kahlbaumsches Maltin, die verwendete Pankreasdiastase war Pankreatin Rhenania und, um die Wirkung der Speicheldiastase zu prüfen, verwendete ich menschlichen Speichel. Dieser Speichel wurde gewonnen, indem nach Ausspülung des Mundes bei vorgestrecktem Kopfe und weit geöffnetem Munde der Speichel ruhig ausfließen gelassen wurde. Diese Diastasepräparate prüfte ich auf ihr Verhalten gegen die Stärke des Weizens, Maises, Reises, der Gerste, des Roggens, des Hafers, der Hirse, der Kartoffel, der Linsen, der Erbsen und schließlich der Bohnen. Weizen, Reis und Kartoffelstärke konnte ich aus dem Handel beschaffen, die übrigen Stärkesorten habe ich aus den betreffenden Samen hergestellt, indem die feinvermahlenden Samen in einem Gasesäckchen in Wasser eingelegt wurden und die auf dem Boden des Gefäßes sich ansammelnde Stärke nach wiederholter Waschung mit Alkohol und Äther getrocknet wurde.

Bei der Anstellung der einzelnen Versuche konnte ich aus naheliegenden Gründen nur mit Vergleichen arbeiten; ich benützte als Vergleichsobjekt immer die Weizenstärke. Die Durchführung des einzelnen Versuches war folgende:

0,4 g der zu prüfenden Stärke wurde mit Wasser zu einem Kleister gekocht, der Kleister auf 100 ccm verdünnt. 0,4 g des zu prüfenden Diastasepräparates wurde in 200 ccm Wasser gelöst; bei Speichel wurden 20 ccm Speichel mit Wasser auf 200 ccm aufgefüllt. Die 100 ccm Stärkekleister wurden mit 100 ccm der Diastaselösung vermischt und 10 ccm des Gemenges unmittelbar nach der Vermischung mit der Bangschen Methode (alte Methode)¹⁾ auf ihren Zuckergehalt untersucht. Außerdem wurde eine Probe des Gemenges mit Lugolscher Jodlösung auf Stärke geprüft. Gleichzeitig wurde in derselben Weise eine Kontrollprobe, bestehend aus 100 ccm 0,4%igen Stärkekleister aus Weizenstärke und den restlichen 100 ccm Fermentlösung angesetzt und auch auf ihren Zucker- und Stärkegehalt untersucht. Beide Gemenge kamen nunmehr in einen Thermostaten, der auf 50° C. eingestellt war, und wurden in Zeiträumen von

¹⁾ Biochem. Zeitschr., Bd. 2, S. 271 (1907—08), Bd. 11, S. 538 (1908).

je 1 1/2 Stunde in der oben angedeuteten Weise auf ihren Zucker- und Stärkegehalt untersucht. Nach zweistündiger Dauer wurde der Versuch abgebrochen. Die Resultate der Untersuchung sind aus nachstehenden Tabellen A, B, C ersichtlich, in welchen der Zuckergehalt von 10 ccm Gemengeflüssigkeit eingesetzt ist.

Tabelle A. Speicheldiastase (1).

		Weizen		Mais	
		Milligr. Zucker	Jod-reaktion	Milligr. Zucker	Jod-reaktion
Weizen	Vorprüfung	4,5	+ +	4,7	+ +
	Nach 1/2 Std.	8,8	+ +	8,9	+ -
Mais	› 1 ›	9,1	+ +	9,4	- -
	› 1 1/2 ›	9,4	+ -	9,7	- -
	› 2 ›	9,9	Rotviolett	9,7	- -
		Weizen		Gerste	
Weizen	Vorprüfung	7,2	+ +	6,7	+ +
	Nach 1/2 Std.	10,4	+ +	11,5	+ +
Gerste	› 1 ›	11,7	+ +	11,5	+ +
	› 1 1/2 ›	12,7	+ +	12,6	+ +
	› 2 ›	12,7	Rotviolett	12,7	+ +
		Weizen		Reis	
Weizen	Vorprüfung	4,5	+ +	4,4	+ +
	Nach 1/2 Std.	8,8	+ +	9,7	+ -
Reis	› 1 ›	9,1	+ +	10,4	+ -
	› 1 1/2 ›	9,4	+ -	10,4	+ -
	› 2 ›	9,9	Rotviolett	10,7	- -
		Weizen		Roggen	
Weizen	Vorprüfung	6,8	+ +	7,6	+ +
	Nach 1/2 Std.	10,5	+ +	10,4	- -
Roggen	› 1 ›	11,0	+ +	11,4	- -
	› 1 1/2 ›	11,5	+ +	12,0	- -
	› 2 ›	13,0	Rotviolett	12,2	- -
		Weizen		Hafer	
Weizen	Vorprüfung	4,9	+ +	4,7	+ +
	Nach 1/2 Std.	10,9	+ +	8,8	+ +
Hafer	› 1 ›	10,9	+ +	9,3	+ +
	› 1 1/2 ›	11,1	+ -	10,1	+ +
	› 2 ›	11,4	Rotviolett	10,8	Rotviolett

Tabelle A. Speicheldiastase (2).

		Weizen		Hirse	
		Milligr. Zucker	Jod- reaktion	Milligr. Zucker	Jod- reaktion
Weizen	Vorprüfung	7,2	+ +	6,7	+ +
	Nach 1/2 Std.	10,4	+ +	10,4	+ -
Hirse	› 1 ›	11,7	+ +	11,3	+ -
	› 1 1/2 ›	12,7	+ -	11,7	- -
	› 2 ›	12,7	Rotviolett	12,4	- -
		Weizen		Kartoffel	
Weizen	Vorprüfung	4,9	+ +	5,6	+ +
	Nach 1/2 Std.	10,9	+ +	10,7	+ +
Kartoffel	› 1 ›	10,9	+ +	10,7	+ -
	› 1 1/2 ›	11,1	+ -	11,4	- -
	› 2 ›	11,4	Rotviolett	11,4	- -
		Weizen		Erbsen	
Weizen	Vorprüfung	6,7	+ +	5,6	+ +
	Nach 1/2 Std.	10,5	+ +	9,4	+ -
Erbsen	› 1 ›	10,8	+ +	10,0	+ -
	› 1 1/2 ›	11,8	+ +	11,0	- -
	› 2 ›	12,7	Rotviolett	11,0	- -
		Weizen		Linsen	
Weizen	Vorprüfung	6,7	+ +	6,6	+ +
	Nach 1/2 Std.	10,5	+ +	9,3	- -
Linsen	› 1 ›	10,8	+ +	9,7	- -
	› 1 1/2 ›	11,8	+ -	9,7	- -
	› 2 ›	12,7	Rotviolett	9,7	- -
		Weizen		Bohnen	
Weizen	Vorprüfung	6,8	+ +	7,6	+ +
	Nach 1/2 Std.	10,5	+ +	8,5	+ +
Bohnen	› 1 ›	11,0	+ +	10,0	- -
	› 1 1/2 ›	11,5	+ +	10,3	- -
	› 2 ›	13,0	Rotviolett	10,5	- -

Tabelle B. Pankreasdiastase (1).

		Weizen		Mais	
		Milligr. Zucker	Jod-reaktion	Milligr. Zucker	Jod-reaktion
Weizen	Vorprüfung	5,4	+ +	5,4	+ +
	Nach 1/2 Std.	10,1	+ +	10,7	+ +
Mais	» 1 »	11,0	+ +	11,1	+ +
	» 1 1/2 »	11,1	+ +	11,6	+ +
	» 2 »	11,4	+ +	11,7	+ +
		Weizen		Gerste	
Weizen	Vorprüfung	6,2	+ +	6,3	+ +
	Nach 1/2 Std.	10,4	+ +	10,8	+ +
Gerste	» 1 »	11,2	+ +	11,2	+ -
	» 1 1/2 »	11,4	+ +	11,6	+ -
	» 2 »	11,6	+ +	11,7	Rotviolett
		Weizen		Reis	
Weizen	Vorprüfung	5,7	+ +	5,8	+ +
	Nach 1/2 Std.	9,9	+ +	10,4	+ +
Reis	» 1 »	10,9	+ +	11,0	+ +
	» 1 1/2 »	11,3	+ +	11,5	+ +
	» 2 »	11,4	+ +	11,5	+ +
		Weizen		Roggen	
Weizen	Vorprüfung	6,2	+ +	6,0	+ +
	Nach 1/2 Std.	11,4	+ +	9,5	+ +
Roggen	» 1 »	12,0	+ +	9,9	+ +
	» 1 1/2 »	12,1	+ +	9,9	+ +
	» 2 »	12,2	+ +	9,9	+ +
		Weizen		Hafer	
Weizen	Vorprüfung	5,8	+ +	6,0	+ +
	Nach 1/2 Std.	10,7	+ +	10,0	+ +
Hafer	» 1 »	11,2	+ +	10,7	+ +
	» 1 1/2 »	11,4	+ +	11,0	+ +
	» 2 »	11,8	+ +	11,1	+ +

Tabelle B. Pankreasdiastase (2).

		Weizen		Hirse	
		Milligr. Zucker	Jod-reaktion	Milligr. Zucker	Jod-reaktion
Weizen Hirse	Vorprüfung	6,3	++	6,2	++
	Nach 1/2 Std.	11,3	++	11,2	+ -
	› 1 ›	11,9	++	12,7	+ -
	› 1 1/2 ›	12,0	++	12,7	+ -
	› 2 ›	12,1	++	12,7	Rotviolett
		Weizen		Kartoffel	
Weizen Kartoffel	Vorprüfung	5,7	++	5,8	++
	Nach 1/2 Std.	10,9	++	11,8	Rot
	› 1 ›	11,3	++	12,1	›
	› 1 1/2 ›	11,4	++	12,4	›
	› 2 ›	11,5	++	12,4	›
		Weizen		Erbsen	
Weizen Erbsen	Vorprüfung	6,3	++	6,4	++
	Nach 1/2 Std.	11,3	++	10,0	++
	› 1 ›	12,0	++	11,4	++
	› 1 1/2 ›	12,3	++	11,7	++
	› 2 ›	12,4	++	11,9	++
		Weizen		Linsen	
Weizen Linsen	Vorprüfung	6,3	++	6,2	++
	Nach 1/2 Std.	11,1	++	10,4	++
	› 1 ›	11,3	++	10,9	++
	› 1 1/2 ›	11,9	++	11,4	++
	› 2 ›	12,1	++	11,6	++
		Weizen		Bohnen	
Weizen Bohnen	Vorprüfung	6,2	++	6,4	++
	Nach 1/2 Std.	10,4	++	8,5	++
	› 1 ›	10,9	++	8,7	++
	› 1 1/2 ›	11,4	++	8,9	++
	› 2 ›	11,8	++	9,0	++

Tabelle C. Malzdiastase (1).

		Weizen		Mais	
		Milligr. Zucker	Jod-reaktion	Milligr. Zucker	Jod-reaktion
Weizen	Vorprüfung	4,8	++	5,6	++
	Nach 1/2 Std.	11,9	++	10,6	++
Mais	› 1 ›	12,6	++	11,3	++
	› 1 1/2 ›	12,7	++	11,7	+ -
	› 2 ›	13,0	+ -	11,9	+ -
		Weizen		Gerste	
Weizen	Vorprüfung	5,8	++	6,0	++
	Nach 1/2 Std.	12,1	++	14,3	++
Gerste	› 1 ›	12,5	++	14,4	+ -
	› 1 1/2 ›	12,8	++	14,6	+ -
	› 2 ›	12,9	+ -	14,8	Rotviolett
		Weizen		Reis	
Weizen	Vorprüfung	5,2	++	5,1	++
	Nach 1/2 Std.	11,0	++	10,9	++
Reis	› 1 ›	11,7	++	12,2	++
	› 1 1/2 ›	12,2	++	12,4	++
	› 2 ›	12,7	+ -	12,6	+ -
		Weizen		Roggen	
Weizen	Vorprüfung	5,7	++	5,8	++
	Nach 1/2 Std.	11,7	++	11,9	+ -
Roggen	› 1 ›	12,7	++	13,3	+ -
	› 1 1/2 ›	12,9	++	13,6	+ -
	› 2 ›	13,2	+ -	13,7	Rot
		Weizen		Hafer	
Weizen	Vorprüfung	5,4	++	5,6	++
	Nach 1/2 Std.	11,6	++	10,9	++
Hafer	› 1 ›	12,1	++	11,7	++
	› 1 1/2 ›	12,3	++	12,1	++
	› 2 ›	12,6	+ -	12,3	++

Tabelle C. Malzdiastase (2).

		Weizen		Hirse	
		Milligr. Zucker	Jod-reaktion	Milligr. Zucker	Jod-reaktion
Weizen	Vorprüfung	5,4	++	4,9	++
	Nach 1/2 Std.	11,4	++	10,0	++
Hirse	› 1 ›	11,7	++	10,7	++
	› 1 1/2 ›	12,0	++	11,3	++
	› 2 ›	12,2	+ -	11,5	++
		Weizen		Kartoffel	
Weizen	Vorprüfung	5,8	++	5,2	++
	Nach 1/2 Std.	12,3	++	13,9	--
Kartoffel	› 1 ›	12,6	++	14,0	--
	› 1 1/2 ›	12,8	++	14,0	--
	› 2 ›	13,0	+ -	14,0	--
		Weizen		Erbsen	
Weizen	Vorprüfung	5,2	++	5,8	++
	Nach 1/2 Std.	11,4	++	11,2	++
Erbsen	› 1 ›	12,9	++	11,8	++
	› 1 1/2 ›	13,0	++	12,1	+ -
	› 2 ›	13,0	+ -	12,7	Rot
		Weizen		Linsen	
Weizen	Vorprüfung	5,6	++	6,2	++
	Nach 1/2 Std.	11,9	++	12,7	++
Linsen	› 1 ›	12,4	++	13,2	+ -
	› 1 1/2 ›	12,6	++	13,5	+ -
	› 2 ›	12,8	+ -	13,7	+ -
		Weizen		Bohnen	
Weizen	Vorprüfung	5,3	++	5,0	++
	Nach 1/2 Std.	11,5	++	9,5	+ -
Bohnen	› 1 ›	11,9	++	9,9	+ -
	› 1 1/2 ›	12,2	++	10,1	--
	› 2 ›	12,4	+ -	10,1	--

Es könnte zunächst die Frage aufgeworfen werden, ob die Bangsche Methode der Zuckertitration (alte Methode) genügend verlässlich ist oder nicht. Über die Verlässlichkeit dieser Methode liegt bereits eine Anzahl von Arbeiten vor. Im vorliegenden Falle beansprucht die Frage jedoch nur untergeordnete Bedeutung, da es sich nur um den Grad des Fortschreitens der reduzierenden Fähigkeit des Gemenges handelt. Es hätte demnach mit wenigen Ausnahmen jede andere Methode der Zuckerbestimmung ebensogut Platz finden können und es bedarf aus diesem Grunde der Umstand, daß das Gemenge unmittelbar nach der Vermengung nach der Bangschen Methode schon einen Zuckerwert ergibt, keiner weiteren Erörterung. Maßgebend erscheint nur die Differenz zwischen dem ursprünglichen und dem jeweils ermittelten Werte.

Dagegen wäre der Endwert einer Diskussion bedürftig. Bei jedem Einzelversuche wurden 100 ccm 0,4%iger Stärkekleister mit 100 ccm Fermentlösung vermischt, also auf das Doppelte verdünnt, sodaß das Gemenge am Beginne der Untersuchung einen 0,2%igen Stärkekleister darstellt. Wird diese Stärke vollständig in Zucker umgewandelt, so wäre eine Zuckermenge von etwas mehr als 0,2% zu erwarten. Dieser Betrag wird in keinem der vorhandenen Versuche erreicht. Die Werte bleiben regelmäßig unter 20 mg Zucker in 10 ccm Gemenge. Diese Tatsache erklärt sich aus einer Reihe von Umständen. Fürs erste war die verwendete Stärke nicht vollständig wasserfrei. Ferner spalten bekanntlich die Diastasen in der Regel die Stärke nur bis zur Maltose. Die angeführten Werte sind jedoch als Traubenzucker bezeichnet, während die Maltose nur ein etwas mehr als halb so großes Reduktionsvermögen besitzt wie der Traubenzucker. Endlich kann bei der starken Wirksamkeit der verwendeten Diastasen nicht ganz ausgeschlossen werden, daß in dem Zeitraume zwischen der Vereinigung des Stärkekleisters mit der Fermentlösung und dem Erhitzen der entnommenen Probe mit der Bangschen Kupferlösung, obwohl dieser Zeitraum nach Tunlichkeit abgekürzt wurde, bereits eine Verzuckerung der Stärke mehr oder weniger Platz gegriffen hat. Diese Umstände wurden nicht ziffernmäßig bestimmt,

können jedoch, da es sich um Parallelversuche handelt, in jedem Einzelfalle leicht abgeschätzt werden.

Die Stärke wird bekanntlich durch Diastase nicht unmittelbar in Zucker (Maltose) umgewandelt, sondern auf dem Wege einer Reihe von nicht krystallisierenden, gar nicht oder nur schwach reduzierenden Zwischenprodukten (Dextrine).

Um eine diastatische Wirkung ziffermäßig zu beurteilen, hat man zweierlei Wege eingeschlagen. Man hat einerseits die Zeitdauer bestimmt, welche das vollständige Verschwinden der intakten Stärke beansprucht, anderseits die Zuckermenge, welche in einer bestimmten Zeit gebildet wurde. Die beiden Wege beleuchten jedoch Seiten des Vorganges, welche wesentlich voneinander verschieden sind; denn es kann diastatische Prozesse geben, welche aufhören, wenn die Stärke zu Dextrinen gewisser Größenordnung und den diesen Prozessen nebenherlaufenden Zuckermengen abgebaut ist. Würde man bei einem solchen Prozesse lediglich die Zeitdauer des Verschwindens der Stärkereaktion in Betracht ziehen, so würde man einen solchen Prozeß unter Umständen auf gleiche Stufe stellen mit einem anderen Prozesse, bei welchem die Stärke vollständig oder nahezu vollständig zu Zucker abgebaut wird. Nimmt man anderseits lediglich die in bestimmter Zeit gebildeten Zuckermengen zum Maßstabe, so könnte es unter Umständen übersehen werden, wenn ein Teil der Stärke durch die Diastase überhaupt nicht angegriffen wurde. Insbesondere auf das letztere Moment mußte bei meinen Versuchen Rücksicht genommen werden, weil nach der bekannten Nägelischen Ansicht von der Stärkecellulose und Stärkegranulose zu vermuten war, daß in den von mir verwendeten natürlichen Stärkesorten Anteile vorhanden sind, welche durch Diastasen viel schwerer angegriffen werden als die übrigen Anteile, möglicherweise vielleicht gar nicht von den Diastasen verändert werden.

Im Sinne dieser Ausführungen habe ich bei meinen Versuchen beiden Gesichtspunkten Rechnung getragen und sowohl den in bestimmten Zeiträumen gebildeten Zucker quantitativ bestimmt, als auch wenigstens approximativ die Zeitdauer, welche das Verschwinden der Jodreaktion beansprucht, ermittelt. Die letztere

ist unmittelbar aus vorstehenden Tabellen ersichtlich; dagegen ermöglichen diese Tabellen zunächst keinen direkten Vergleich der einzelnen Stärkesorten untereinander, sondern nur immer einen Vergleich jeder einzelnen Stärkesorte mit der Weizenstärke.

Um zunächst den Zuckerwert, welchen das Gemenge am Beginne des Versuches zeigt und welcher von schwer beeinflussbaren Äußerlichkeiten abhängt, zu eliminieren, habe ich diesen Anfangswert von dem jeweils ermittelten Zuckerwerte abgezogen. Diese Differenzwerte sind in der nachstehenden Tabelle D verzeichnet.

Um auch einen Vergleich der einzelnen Stärkesorten untereinander zu ermöglichen, habe ich den Zuckerwert, welchen jeweils die Weizenstärke aufweist (Differenzwert), als Einheit angenommen und zu dieser Einheit den entsprechenden Zuckerwert in Verhältnis gesetzt. Auch diese Verhältniszahlen finden sich in nachstehender Tabelle (E).

Tabelle D. Speicheldiastase.

Nach:	$\frac{1}{2}$ Stunde	1 Stunde	$1\frac{1}{2}$ Stunde	2 Stunden
Weizen	4,3	4,6	4,9	5,4
Mais	4,2	4,7	5,0	5,0
Weizen	3,2	4,5	5,5	5,5
Gerste	4,8	4,8	5,9	6,0
Weizen	4,3	4,6	4,9	5,4
Reis	5,3	6,0	6,0	6,3
Weizen	3,7	4,2	4,7	6,2
Roggen	2,8	3,8	4,4	4,6
Weizen	6,0	6,0	6,2	6,5
Hafer	4,1	4,6	5,4	6,1
Weizen	3,2	4,5	5,5	5,5
Hirse	3,7	4,6	5,0	5,7
Weizen	6,0	6,0	6,2	6,5
Kartoffel	5,1	5,1	5,8	5,8
Weizen	3,8	4,1	5,1	6,0
Erbsen	3,8	4,4	5,4	5,4
Weizen	3,8	4,1	5,1	6,0
Linsen	2,7	3,1	3,1	3,1
Weizen	3,7	4,2	4,7	6,2
Bohnen	0,9	2,4	2,7	2,9

Tabelle D. Pankreasdiastase.

Nach:	$\frac{1}{2}$ Stunde	1 Stunde	$1\frac{1}{2}$ Stunde	2 Stunden
Weizen	4,7	5,6	5,7	6,0
Mais	5,3	5,7	6,2	6,3
Weizen	4,2	5,0	5,2	5,4
Gerste	4,3	4,9	5,3	5,4
Weizen	4,2	5,2	5,6	5,7
Reis	4,6	5,2	5,7	5,7
Weizen	5,2	5,8	5,9	6,0
Roggen	3,5	3,9	3,9	3,9
Weizen	4,9	5,4	5,6	6,0
Hafer	4,0	4,7	5,0	5,1
Weizen	5,0	5,6	5,7	5,8
Hirse	5,0	6,5	6,5	6,5
Weizen	5,2	5,6	5,7	5,8
Kartoffel	6,0	6,3	6,6	6,6
Weizen	5,0	5,7	6,0	6,1
Erbsen	3,6	5,0	5,3	5,5
Weizen	4,8	5,0	5,6	5,8
Linsen	4,2	4,7	5,2	5,4
Weizen	4,2	4,7	5,2	5,6
Bohnen	2,1	2,3	2,5	2,6

Tabelle D. Malzdiastase.

Nach:	$\frac{1}{2}$ Stunde	1 Stunde	$1\frac{1}{2}$ Stunde	2 Stunden
Weizen	7,1	7,8	7,9	8,2
Mais	5,0	5,7	6,1	6,3
Weizen	6,3	6,7	7,0	7,1
Gerste	8,3	8,4	8,6	8,8
Weizen	5,8	6,5	7,0	7,5
Reis	5,8	7,1	7,3	7,5
Weizen	6,0	7,0	7,2	7,5
Roggen	6,1	7,5	7,8	7,9
Weizen	6,2	6,7	6,9	7,2
Hafer	5,3	6,1	6,5	6,7
Weizen	6,0	6,3	6,6	6,8
Hirse	5,1	5,8	6,4	6,6
Weizen	6,5	6,8	7,0	7,2
Kartoffel	8,7	8,8	8,8	8,8
Weizen	6,2	7,7	7,8	7,8
Erbsen	5,4	6,0	6,3	6,9
Weizen	6,3	6,8	7,0	7,2
Linsen	6,5	7,0	7,3	7,5
Weizen	6,2	6,6	6,9	7,1
Bohnen	4,5	4,9	5,1	5,1

Tabelle E. Speicheldiastase.

Nach:	$\frac{1}{2}$ Stunde	1 Stunde	$1\frac{1}{2}$ Stunde	2 Stunden
Weizen	1	1	1	1
Mais	0,97	1,02	1,02	0,92
Weizen	1	1	1	1
Gerste	1,50	1,07	1,08	1,09
Weizen	1	1	1	1
Reis	1,23	1,30	1,22	1,16
Weizen	1	1	1	1
Roggen	0,76	0,90	0,93	0,74
Weizen	1	1	1	1
Hafer	0,68	0,76	0,87	0,94
Weizen	1	1	1	1
Hirse	1,16	1,02	0,91	1,04
Weizen	1	1	1	1
Kartoffel	0,85	0,85	0,93	0,89
Weizen	1	1	1	1
Erbsen	1	1,07	1,06	0,90
Weizen	1	1	1	1
Linsen	0,70	0,75	0,60	0,51
Weizen	1	1	1	1
Bohnen	0,24	0,57	0,57	0,47

Tabelle E. Pankreasdiastase.

Nach:	$\frac{1}{2}$ Stunde	1 Stunde	$1\frac{1}{2}$ Stunde	2 Stunden
Weizen	1	1	1	1
Mais	1,13	1,02	1,09	1,05
Weizen	1	1	1	1
Gerste	1,02	0,98	1,02	1
Weizen	1	1	1	1
Reis	1,09	1	1,02	1
Weizen	1	1	1	1
Roggen	0,67	0,67	0,66	0,65
Weizen	1	1	1	1
Hafer	0,82	0,87	0,89	0,85
Weizen	1	1	1	1
Hirse	1	1,16	1,14	1,12
Weizen	1	1	1	1
Kartoffel	1,15	1,12	1,16	1,14
Weizen	1	1	1	1
Erbsen	0,72	0,88	0,88	0,90
Weizen	1	1	1	1
Linsen	0,87	0,94	0,93	0,93
Weizen	1	1	1	1
Bohnen	0,50	0,49	0,48	0,46

Tabelle E. Malzdiastase.

Nach:	$\frac{1}{2}$ Stunde	1 Stunde	$1\frac{1}{2}$ Stunde	2 Stunden
Weizen	1	1	1	1
Mais	0,70	0,73	0,77	0,77
Weizen	1	1	1	1
Gerste	1,31	1,25	1,23	1,24
Weizen	1	1	1	1
Reis	1	1,09	1,04	1
Weizen	1	1	1	1
Roggen	1,01	1,07	1,08	1,05
Weizen	1	1	1	1
Hafer	0,85	0,91	0,94	0,93
Weizen	1	1	1	1
Hirse	0,85	0,92	0,97	0,97
Weizen	1	1	1	1
Kartoffel	1,34	1,29	1,25	1,22
Weizen	1	1	1	1
Erbsen	0,87	0,78	0,80	0,88
Weizen	1	1	1	1
Linsen	1,03	1,02	1,04	1,04
Weizen	1	1	1	1
Bohnen	0,72	0,74	0,73	0,71

Zieht man lediglich die nach 2 stündiger Einwirkung der Diastase gebildeten Zuckermengen in Betracht, so kann man die untersuchten Stärkesorten in ihrem Verhalten gegen die einzelnen untersuchten Diastasen nach ihrer Angreifbarkeit in folgende Reihen bringen, wobei an der Spitze die leichtest angreifbare Stärkeart und am Ende die schwerst angreifbare steht:

Speicheldiastase:	Pankreasdiastase:	Malzdiastase:
Reis 1,16	Kartoffel 1,14	Gerste 1,24
Gerste 1,09	Hirse 1,12	Kartoffel 1,22
Hirse 1,04	Mais 1,05	Roggen 1,05
Weizen 1,00	Reis 1,00	Linsen 1,04
Hafer 0,94	Gerste 1,00	Weizen 1,00
Mais 0,91	Weizen 1,00	Reis 1,00
Erbsen 0,90	Linsen 0,93	Hirse 0,97
Kartoffel 0,89	Erbsen 0,90	Hafer 0,93
Roggen 0,74	Hafer 0,85	Erbsen 0,88
Linsen 0,51	Roggen 0,65	Mais 0,77
Bohnen 0,47	Bohnen 0,46	Bohnen 0,71

Diese Zusammenstellung zeigt vor allem anderen, daß die Diastasen wohl recht verschieden auf verschiedene Stärkesorten einwirken. So steht z. B. die Kartoffelstärke, welche bei der Malz- und Pankreasdiastase an ersterer Stelle steht, bei der Speicheldiastase ziemlich weit unten. Immerhin zeigt sich, daß die Stärke der Hülsenfrüchte in allen drei Reihen ziemlich weit hinten steht, was mit der praktischen Erfahrung übereinstimmt, welche die Leguminosenstärke im allgemeinen als schwer verdaulich ansieht.

Diese Zusammenstellung gibt aber durchaus noch keinen vollkommenen Überblick über die Resultate meiner Arbeit, weil sie einerseits das Verschwinden der Jodreaktion, andererseits die in den Zwischenzeiten erhobenen Zuckerwerte nicht in Betracht zieht. Gerade aber diese Daten sind für die Beurteilung der Verdaulichkeit einer Stärkesorte gleichfalls von Bedeutung. Mit Rücksicht auf die praktischen Zwecke, welche meine Arbeit verfolgt und welche hauptsächlich darin gipfeln, ein Moment für die Beurteilung der Verdaulichkeit und Bekömmlichkeit eines Futtermittels zu ermitteln, müssen auch die letztgenannten Daten diskutiert werden. Dies soll dem praktischen Zwecke entsprechend in der Weise geschehen, daß jede der einzelnen Stärkesorten näher charakterisiert wird.

Weizenstärke wurde als Vergleichsobjekt, bzw. ihre Angreifbarkeit als Einheit angenommen. Die Stärkereaktion mit Jod verschwand nach 2 stündiger Einwirkung der Diastasen niemals vollständig. Sie wurde nur bei der Speicheldiastase regelmäßig bis auf ein Minimum herabgedrückt (rotviolette Färbung). Die Hauptmenge an Zucker wurde bei der Weizenstärke regelmäßig in der ersten halben Stunde gebildet, in den darauffolgenden Zeitabschnitten nahm die Zuckerbildung nur in geringem Maße zu.

Maisstärke ergibt bei der Verzuckerung durch tierische Diastase nahezu dieselben Werte wie die Weizenstärke, die Jodreaktion verschwindet bei der Einwirkung von Speicheldiastase rascher als bei der Weizenstärke. Dieses letztere Moment gibt einen kleinen Unterschied in der Ausnützbarkeit der Maisstärke im Tierkörper gegenüber der Weizenstärke. Durch Malz-

diastase allerdings wird die Maisstärke nennenswert weniger leicht angegriffen.

Reisstärke wird durch Speicheldiastase rasch abgebaut und verzuckert. Gegenüber Pankreas- und Malzdiastase ergibt sich jedoch kein großer Unterschied zur Weizenstärke. Wenn daher Reis mit Speichel innig gemischt wird, so kann sich allerdings eine bessere Ausnützung der Stärke im Tierkörper ergeben als bei Weizen.

Gerstenstärke zeigt im wesentlichen dieselben Verhältnisse wie Weizenstärke, nur ergibt die Malzdiastase in allen Stadien des Versuches eine wesentlich höhere Zuckerbildung. Dieser Umstand könnte einen Fingerzeig dafür bilden, daß durch Zubereitung der Gerste auf fermentativem Wege die Ausnützung der Gerstenstärke durch den Tierkörper wesentlich gesteigert werden kann.

Roggenstärke zeigt in der Jodreaktion ähnliches Verhalten wie die Weizenstärke. Nur die Speicheldiastase brachte die Jodreaktion nach der ersten halben Stunde der Einwirkung zum Verschwinden. Wesentlich langsamer schreitet hingegen die Zuckerbildung bei der Einwirkung der tierischen Diastasen fort, während bei Malzdiastase gerade das Gegenteil der Fall ist. Aus diesen Daten kann geschlossen werden, daß die Roggenstärke im Tierkörper allerdings nicht langsamer abgebaut wird als die Weizenstärke, ja unter Umständen, wenn der Speichel Gelegenheit hat, mit der Roggenstärke in innige Beziehung zu kommen, sogar rascher als die Weizenstärke. Dieser Abbau geht relativ rasch nur bis zum Stadium der Dextrine, während sich die Zuckerbildung aus diesen Dextrinen erheblich langsamer vollzieht als beim Weizen. Dieser letztere Umstand läßt seinerseits wieder auf eine schlechtere Ausnützung der Roggenstärke durch den Tierkörper schließen.

Haferstärke zeigt in allen Belangen einen beträchtlich größeren Widerstand gegen Einwirkungen von Diastasen. Sie muß als schwerer ausnützlich angesehen werden.

Hirsestärke zeigt analoges Verhalten wie Maisstärke.

Kartoffelstärke wurde in allen Versuchen rascher abgebaut als die Weizenstärke. Die etwas langsamere Verzucke-

rung durch Speicheldiastase hat für die Beurteilung der Aufspaltung der Kartoffel im Tierkörper wohl nur geringere Bedeutung. Die Ergebnisse meiner Versuche stellen sogar die Kartoffelstärke als die leichtest ausnützbare unter allen untersuchten Stärkesorten hin.

Leguminosenstärke (Erbsen, Linsen, Bohnen) zeigt im allgemeinen ein von der Weizenstärke wesentlich verschiedenes Verhalten. Sie muß im großen und ganzen als weit schwerer verdaulich und ausnützbar bezeichnet werden, was übrigens auch den praktischen Erfahrungen entspricht. Von den drei untersuchten Leguminosenstärkesorten steht entschieden die Bohnenstärke an letzter Stelle; sie ist bei weitem die schwerst verdauliche. Allerdings zeigen alle drei Stärkesorten bei der Einwirkung der Speicheldiastase ein verhältnismäßig rasches Verschwinden der Jodreaktion. Trotzdem ergeben sich aus dem Verhalten der Leguminosenstärke im Reagenzglase mannigfaltige Anhaltspunkte dafür, daß im Tierkörper leicht unresorbierbare oder schwer resorbierbare Abbauprodukte der Stärke in die hinteren Partien des Darmkanals gelangen können, welche dort bakteriellen Prozessen anheimfallen und unter Umständen zu jenen Gasentwicklungen Anlaß geben, die ja beim Menschen unangenehm, besonders aber bei unseren großen Haustieren geradezu verhängnisvoll werden können.

Aus den angeführten und besprochenen Resultaten ergibt sich, daß es möglich ist, durch den Versuch im Reagenzglase Anhaltspunkte für die Verdaulichkeit der in einem Futtermittel enthaltenen Stärke zu gewinnen. Es mag ja sein, daß diese Anhaltspunkte nicht immer ein vollständiges Bild über das Verhalten der Stärke des Futtermittels im Verdauungstrakte des Tieres liefern. Wir begnügen uns jedoch auch bei anderen Bestandteilen der Futtermittel vielfach mit derartigen Anhaltspunkten und reichen damit für viele Zwecke vollkommen aus. Ich erwähne in dieser Beziehung die Bestimmung des unverdaulichen Rohproteins mit Pepsinsalzsäure und die verschiedenen Methoden der Bestimmung der Rohfaser, welche ja auch nichts

anderes darstellen als eine mehr oder minder gelungene Nachahmung des normalen Verdauungsvorganges. In diesem Sinne könnte auch die Prüfung der Verdaulichkeit der Stärke eines Futtermittels im Reagenzglase allgemeiner zur Beurteilung des Wertes eines Futtermittels herangezogen werden.

Allerdings dürfte dabei nicht wahllos auf eine beliebige Diastase gegriffen werden, sondern es müßten diejenigen Diastasearten verwendet werden, welche im Verdauungskanal des Tieres praktische Bedeutung haben, und es könnten durch gleichzeitige Prüfung mit Speichel- und Pankreasdiastase, wie im Vorhergehenden angedeutet worden ist, sogar wertvolle Anhaltspunkte über das Stadium der Verdauung der betreffenden Stärkesorte in verschiedenen Abschnitten des Verdauungsschlauches gewonnen werden.
