



Abschlussbericht

Einflussnahme auf die Entwicklung des Stärkegehaltes von Speisekartoffeln unter Thüringer Bedingungen

Themenblatt-Nr.: 41.09.420

Das Thema „Einflussnahme auf die Entwicklung des Stärkegehaltes von Speisekartoffeln unter Thüringer Bedingungen“ wurde im Rahmen der „Gemeinsamen Erklärung über die Zusammenarbeit der landwirtschaftlichen Landesanstalten“ (Konstanzer Abkommen) am 14.11.2002 in Würzburg befürwortet. Protokoll vom 04.12.2002

Besuchen Sie uns auch im Internet:
www.tll.de/ainfo

Impressum

Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Str. 98, 07743 Jena
Tel.: (03641) 683-0, Fax: (03641) 683 390
e-Mail: pressestelle@jena.tll.de

Autor: Dipl.-Ing.-agr. **Sabine Wölfel**
Abteilung Pflanzenproduktion, Referat Pflanzenbau

- Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Quellenangabe gestattet. -

Gliederung

- 1 Einleitung
 - 2 Stärke in Kartoffeln (Literaturrecherche und eigene Ergebnisse)
 - 2.1 Stärkebestimmung
 - 2.2 Stärkebildung
 - 2.3 Einflussfaktoren auf die Stärkebildung
 - 3 Sekundärauswertung der Landessortenversuche (LSV) in Thüringen
 - 3.1 Zielstellung
 - 3.2 Material und Methoden
 - 3.3 Ergebnisse
 - 3.3.1 Sehr frühe Reifegruppe
 - 3.3.2 Frühe Reifegruppe
 - 3.3.3 Mittelfrühe Reifegruppe
 - 3.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen
 - 4 Sekundärauswertung „Untersuchungen zur Speisekartoffelqualität aus konventionellem Anbau“
 - 4.1 Stärkegehalte
 - 4.2 Kaliumgehalte in den Knollen
 - 5 Kalidüngung und Stärkegehalte
 - 5.1 Kaliumgehalte in Kartoffelknollen
 - 5.2 Einfluss der K-Düngung auf die Kaliumgehalte in den Knollen und deren Stärkegehalte
 - 5.2.1 Versuche zur Kali-Blattdüngung zu Kartoffeln
 - 5.2.2 Versuche zur Kalidüngung über den Boden
 - 6 Gezielte Krautminderung zu frühen, zeitlich gestaffelten Terminen
 - 6.1 Parzellenversuch in der Agrargenossenschaft „Altenburger Land“ Dobitschen eG
 - 6.1.1 Material und Methoden
 - 6.1.2 Ergebnisse
 - 6.1.2.1 Die Entwicklung der Stärkegehalte zwischen Krautminderung und Ernte
 - 6.1.2.2 Stärkegehalte am Erntetag
 - 6.1.2.3 Ertrag und Fraktionierung
 - 6.1.2.4 Ertrag und Stärkegehalt
 - 6.1.2.5 Stärkegehalt und Neigung zur Schwarzfleckigkeit
 - 6.2 Parzellenversuch in den Versuchsstationen Kirchengel und Dornburg
 - 6.2.1 Material und Methoden
 - 6.2.2 Ergebnisse
 - 6.2.2.1 Die Entwicklung der Stärkegehalte zwischen Krautminderung und Ernte
 - 6.2.2.2 Stärkegehalte am Erntetag
 - 6.2.2.3 Ertrag und Fraktionierung
 - 6.2.2.4 Ertrag und Stärkegehalt
 - 6.2.2.5 Stärkegehalt und Neigung zur Schwarzfleckigkeit
 - 6.3 Zusammenfassung
- 7 Entscheidungsschlüssel zur Festlegung des Termins der Krautminderung
- 8 Zusammenfassung
- 9 Literaturverzeichnis

1 Einleitung

Die Kartoffel ist mit ihrer ernährungsphysiologisch günstigen Zusammensetzung (geringer Kaloriengehalt, hochwertiges Protein, hohe Anteile an Mineralstoffen und Vitaminen) ein bedeutender Bestandteil für die menschliche Ernährung.

Für den Handel mit Speisekartoffeln ist in Deutschland die Handelsklassenverordnung verbindlich. In ihr wird unter anderem festgelegt, dass Speisekartoffeln mit dem Kochtyp deklariert sein müssen.

Die Handelsklassenverordnung beschreibt die drei Kochtypen folgendermaßen:

„Festkochend, sofern die Knollen nach dem Kochen fest, feinkörnig und feucht sind. Sie lassen sich sehr gut schneiden und werden gerne für die Herstellung von Kartoffelsalat genommen.

Vorwiegend festkochend, sofern sie nach dem Kochen weniger fest, weniger feinkörnig und mäßig feucht sind. Der Verbraucher verwendet diese Sorten gerne zur Herstellung von Salz- und Pellkartoffeln.

Mehligkochend, sofern sie locker kochen und dabei grobkörnig und trocken werden. Sie eignen sich besonders gut für Suppen und Eintöpfe oder zur Herstellung von Kartoffelpüree.“ Der Kochtyp wird vom Bundessortenamt mit der Zulassung der Sorte amtlich festgelegt.

Leider kommt es seit einigen Jahren häufig vor, dass der Inhalt der Verpackung nicht dem aufgedruckten Kochtyp entspricht. Ursache dafür ist unter anderem der Stärkegehalt der Knollen. Da der Stärkegehalt nur eines der auf den Kochtyp wirkenden Merkmale ist, gibt es keine feste Zuordnung von Stärkegehalten zu Kochtypen. In der Regel haben festkochende Sorten Stärkegehalte zwischen 9 und 12 %, vorwiegend festkochende zwischen 12 und 15 % und mehligkochende zwischen 15 und 18 %.

Kartoffelsorten haben ein genetisch fixiertes Potenzial, Stärke einzulagern. Dieses Potenzial wird von Standort und Witterung beeinflusst.

Der Stärkegehalt wirkt sich auf Kocheigenschaften und Verarbeitungseignung aus. Lagert eine Sorte unter bestimmten Bedingungen mehr oder weniger Stärke ein als sortentypisch ist, stimmen die Kocheigenschaften nicht mehr mit denen in der Beschreibenden Sortenliste (ANONYM, 2004) festgelegten überein.

Im modernen Kartoffelbau ist es erforderlich, einen gleichbleibend hohen Ertrag in der gewünschten Fraktion, entsprechend der geplanten Verwertung, bei stabilen Koch- und Verarbeitungseigenschaften zu erzielen. Dazu gehört auch ein über die Jahre gleichbleibender Stärkegehalt der Sorten. In der Literatur wird meist nur die „negative“ Wirkung von agrotechnischen Maßnahmen oder Einflüssen auf den Stärkegehalt beschrieben. Die Autoren gehen in der Regel davon aus, dass hohe Stärkegehalte und -erträge gewünscht sind.

Aufgrund von Forderungen aus der Praxis nach sicheren Möglichkeiten, den Stärkegehalt in einer definierten Spanne über mehrere Jahre und Anbaugebiete konstant zu halten und unter Umständen abzusenken, wurden Literaturrecherchen, Beobachtungen und Feldversuche durchgeführt. Im Folgenden soll auf die Stärkeeinlagerung unter Thüringer Bedingungen und Möglichkeiten, den Stärkegehalt zu beeinflussen, eingegangen werden.

2 Stärke in Kartoffeln (Literaturrecherche und eigene Ergebnisse)

Kartoffelknollen enthalten im Durchschnitt 18 bis 25 % Trockensubstanz. Diese besteht aus etwa

- 70,0 % Stärke
- 9,5 % Rohprotein
- 1,0 % Rohfett
- 3,0 % Zucker
- 2,5 % Säuren
- 2,5 % Mineralstoffe
- 11,0 % Ballaststoffe
- 0,5 % Rest, unter anderem Vitamine.

Die Stärke ist das Kohlenhydrat-Reservoir der Kartoffelknolle. Im Speicherparenchym zu beiden Seiten des Gefäßbündelringes finden sich die höchsten Gehalte.

Die Stärkekörner der Kartoffelstärke sind relativ groß (15 bis 100 μm). Sie besteht zu 80 % aus Amylopektin und zu 20 % aus Amylose (KOLBE, 1995). Bei der Amylose sind 200 bis einige Tausend Glucosemoleküle in langen, unverzweigten Ketten miteinander verbunden. Sie ist der lösliche Teil der Stärke. Beim Amylopektin, dem kleisterbildenden Bestandteil der Stärke, sind dagegen kurze Zweige von Glucosemolekülen an andere Ketten angesetzt. Kartoffelstärke unterscheidet sich von allen anderen Stärken durch die esterartig an das Amylopektin gebundenen Phosphorsäure- bzw. Phosphatgruppen, die die Viskosität der Kartoffelstärke bestimmen (PUTZ, 1989).

Für den Menschen ist die Kartoffelstärke erst nach dem Kochen zu 90 % verdaulich, dann aber eine wertvolle Kohlenhydratquelle.

2.1 Stärkebestimmung

Der Stärkegehalt von Kartoffelknollen kann durch Ermittlung des Unterwassergewichtes mittels einer Stärkewaage bestimmt werden. Dieses Prinzip wurde schon 1876 von BRÜCKMANN anlässlich der ersten Deutschen Kartoffelausstellung in Altenburg beschrieben. Prinzip der Unterwassergewichtsbestimmung ist, mittels der Dichte von Kartoffelknollen deren Trockensubstanz- bzw. Stärkegehalt über Regressionsgleichungen zu schätzen (PUTZ, 1989).

Bei den am meisten verbreiteten Waagen werden exakt 5050 g gut gewaschene Kartoffeln unter Wasser gewogen. Je nach Art der Waage kann nun der Stärkegehalt abgelesen werden oder aber nur das Unterwassergewicht. Der entsprechende Stärkegehalt ist dann einer Tabelle zu entnehmen.

Diese Methode ist, obwohl über hundert Jahre alt, die einzige Schnellmethode zur Bestimmung des Stärkegehaltes. Im Labor ist die Bestimmung mit Hilfe des Polarisationsapparates, enzymatischer Methoden oder aber der Nahinfrarotspektroskopie möglich.

2.2 Stärkebildung

Im Rahmen der Photosynthese erfolgt in den grünen Blättern der Kartoffelpflanze die Bildung von Kohlenhydraten (Zucker, Stärke). Solange die Staude wächst, werden die Kohlenhydrate für den Aufbau genutzt. Dieser ist etwa zum Zeitpunkt der Blüte beendet. Nur noch einen kleinen Teil der gebildeten Kohlenhydrate nutzt die Pflanze dann für ihre Erhaltung, der größte Teil gelangt als Stärke in die Vermehrungsorgane, die Knollen und wird dort als Reservestoff gespeichert.

Im Verlauf der Vegetation nehmen die Gehalte an Trockensubstanz, und damit an Stärke, zunächst stetig zu und erreichen maximale Werte bereits einige Zeit vor der Reife. Zur Zeit

des stärksten Wachstums, zwischen dem 30. und 60. Tag nach dem Aufgang, kann ein gesunder Bestand täglich 270 kg Stärke/ha einlagern (KOLBE, 1995). Nach diesem relativ steilen Anstieg verbleibt der Stärkegehalt einige Zeit auf hohem Niveau, um dann in Richtung Abreife wieder leicht abzusinken (Abb. 1, HUNNIUS, 1976).

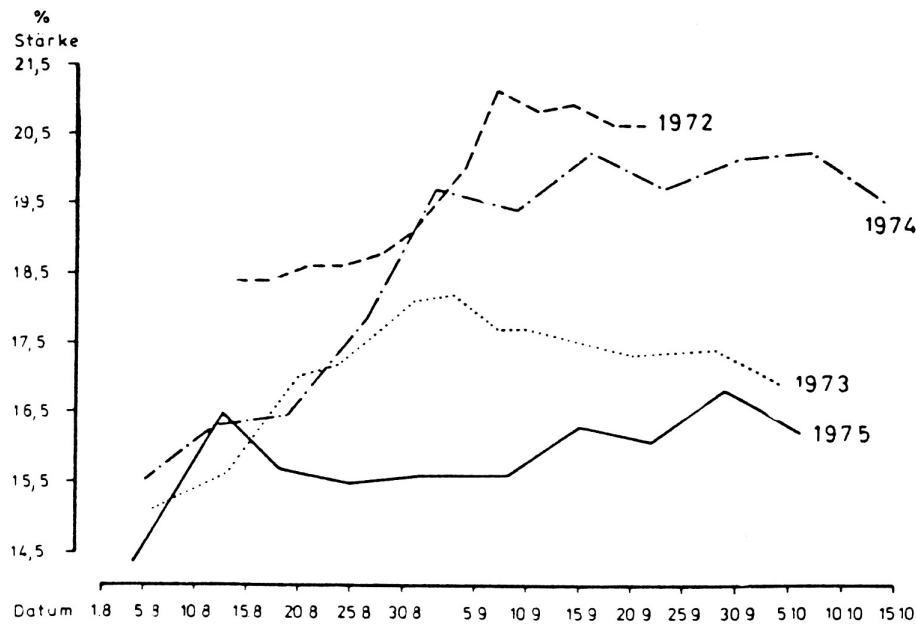


Abbildung 1: Entwicklung des Stärkegehaltes bei Abreife der Kartoffeln (HUNNIUS, 1976)

Die Länge der Vegetationszeit einer Sorte ist genetisch fixiert, wird aber wesentlich von Standort, Witterung und Gesundheitszustand beeinflusst. Je nachdem, wie lang die Phase des Aufbaus der Pflanze also ist, so kurz bzw. lang ist die Stärkeeinlagerungsphase und so gering oder hoch ist der Stärkegehalt.

2.3 Einflussfaktoren auf die Stärkebildung

Da Stärkebildung und -einlagerung pflanzenphysiologische Prozesse sind, üben alle Faktoren, die das Wachstum der Pflanze beeinflussen, auch einen Einfluss auf den Stärkegehalt aus. Diese Faktoren sind:

- Sorte
- Jahreswitterung
- Bodenart und
- Nährstoffversorgung.

Das Stärkeeinlagerungsvermögen einer Sorte ist genetisch festgelegt, wird aber von den anderen genannten Faktoren beeinflusst. HUNNIUS (1972) beschreibt die Stärkegehalte der Sorten Irmgard und Maritta (Tab. 1). Danach schwankt zwar die Differenz des Stärkegehaltes beider Sorten von Jahr zu Jahr zwischen 1,9 und 3,2 %, Irmgard hatte aber immer niedrigere Gehalte als Maritta.

Tabelle 1: Stärkegehalt in %, Sorten Maritta und Irmgard (HUNNIUS, 1972)

Jahr	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Maritta	16,6	18,4	18,4	18,9	17,8	18,4	16,7	18,2	16,3	17,2	17,3
Irmgard	13,8	15,9	16,4	16,2	15,6	16,5	13,7	16,0	14,2	15,0	14,1
Differenz	2,8	2,5	2,0	2,7	2,2	1,9	3,0	2,2	2,1	2,2	3,2

In den Landessortenversuchen Thüringens traten solche Regelmäßigkeiten im mittelfrühen Sortiment nur selten auf. Typisch war eher, dass beim direkten Sortenvergleich in einem Jahr die eine und in dem anderen die andere Sorte höhere Stärkegehalte aufwies (Tab. 2).

Tabelle 2: Stärkegehalte in Kartoffelknollen, Vergleich der Sorten Quarta und Satina, LSV Burkersdorf, 1994 bis 2003

Jahr	1994	1995	1997	1998	2000	2001	2002	2003
Quarta	15,1	15,7	15,3	14,3	15,9	16,5	15,2	16,5
Satina	14,4	15,3	15,4	14,0	17,0	16,8	14,0	14,2
Differenz	0,7	0,4	-0,1	0,3	-1,1	-0,3	1,2	2,3

Großen Einfluss auf die Entwicklung der Stärkegehalte hat die Jahreswitterung, insbesondere die Sonnenscheindauer, die Temperatur und die Niederschläge, bzw. die Wasserversorgung des Bodens.

Sonnenscheindauer und Temperatur beeinflussen die Assimilation. An trüben Tagen ist die Assimilation stark reduziert, da nur die oberen Blätter ausreichend Licht haben. Bis etwa +25°C steigt die Assimilationsleistung an und sinkt bis +35 °C stark ab (HUNNIUS, 1972).

Die Wirkung der Wasserversorgung ist nach HUNNIUS (1972) gekoppelt an die Lichtintensität. Regentage sind trübe Tage und somit sinkt die Assimilationsleistung. Fallen die Niederschläge aber zum Beispiel im Zusammenhang mit einem Gewitter, sodass die Pflanze im Anschluss sowohl Wasser als auch Lichtenergie aufnehmen kann, steigen die Stärkegehalte. So lassen sich auch die Ergebnisse des Bewässerungsversuches auf dem Versuchsfeld Straußfurt in den Jahren 2001 und 2002 (Tab. 3) erklären, in dem die Zusatzbewässerung nicht immer zu der erhofften Senkung des Stärkegehaltes führte.

Tabelle 3: Stärkegehalte in Kartoffelknollen in Abhängigkeit von der Zusatzbewässerung Sorte Agria zur Speisekartoffelproduktion Straußfurt 2001 und 2002

Zusatzbewässerung nach KWB	Beginn der Bewässerung	Stärkegehalt in % der FM am Erntetag	
		2001	2002
ohne		14,0	15,0
Beregnung	KA	10,2	14,4
	BB	13,4	14,8
Tropfbewässerung	KA	15,9	15,4
	BB	14,4	14,1
Mittelwert	KA	13,1	14,9
	BB	13,9	14,5
Mittelwert	Beregnung	11,8	14,6
	Tropfbewässerung	15,2	14,8

KWB = Klimatische Wasserbilanz

KA = Knollenansatz

BB = Blühbeginn

FM = Frischmasse

Widersprüchliche Angaben in der Literatur zur Wirkung der Beregnung auf den Stärkegehalt beschreibt HOFFERBERT (1986). Auch heute noch werden sowohl Versuche beschrieben, in denen durch Beregnung die Stärkegehalte stiegen (FRICKE, 2004 und 2005) als auch solche, bei denen die Bewässerung eine Senkung der Stärkegehalte zur Folge hatte (WINKELMANN, 2005).

Der starke Einfluss der Jahreswitterung auf die Entwicklung des Stärkegehaltes konnte auch in eigenen Beobachtungen nachgewiesen werden. Langjährig stehen in Thüringen jeweils über 50 Sorten in zwei Sortenschaufeldern. In Behringen und Burkersdorf können sich die Landwirte zu Besichtigungsterminen über Entwicklung, Knollenansatz und -beschaffenheit informieren. Seit 2003 erfolgte in den Parzellen zusätzlich in regelmäßigem Abstand eine Stärkebestimmung während der Vegetation mit dem Ziel, den Einfluss der Witterung auf die Entwicklung des Stärkegehaltes darzustellen und eventuell Verallgemeinerungen treffen zu können.

Am Beispiel der frühen Sorten Marabel, Rikea, Valisa und Vineta in Burkersdorf soll dargestellt werden, wie die Sorten auf Niederschläge reagierten. Eine einheitliche Aussage ist nur für die Jahre 2003 und 2004 möglich: Im Mittel der vier Sorten zeigte sich, dass nach Niederschlägen von mehr als 20 mm die Stärkegehalte sanken, während nach ausbleibenden oder geringeren Niederschlägen die Gehalte stiegen. Im Jahr 2005 dagegen fand im Beobachtungszeitraum fast keine Einlagerung statt (Tab. 6). In den drei Versuchsjahren hatten die Pflanzen vom ersten bis zum letzten Tag der Probenahme ca. 100 mm zur Verfügung. Dass ein Komplex von Faktoren die Stärkeeinlagerung beeinflusst, zeigt die Tatsache, dass die vier Sorten in 2003 nach diesen 100 mm am letzten Tag der Probenahme im Mittel nicht mehr Stärke hatten als am ersten (-1,0 bis +0,7), in 2004 aber 1,7 % (+0,2 bis +3,2) mehr und in 2005 sogar 0,3 % (-1,2 bis 0,4) weniger. Deutlich wurde auch, dass die Sorten in den Jahren unterschiedlich und nicht alle Sorten gleich auf ein Niederschlagsangebot reagierten (Tab. 4 bis 6).

Tabelle 4: Stärkeeinlagerung in Kartoffelknollen
ausgewählte Sorten der RG 2, Burkersdorf 2003

Sorte/Datum	17.7.	39 mm	28.7.	40 mm	8.8.	7 mm	18.8.	0 mm	28.8.	21 mm	8.9.
Marabel	13,6		13,2		12,5		15,0		15,6		14,3
Rikea	15,5		15,1		13,0		15,2		16,7		14,5
Valisa	14,8		13,5		11,5		15,5		15,3		15,0
Vineta	14,4		13,0		12,3		14,4		14,9		14,3

Tabelle 5: Stärkeeinlagerung in Kartoffelknollen
ausgewählte Sorten der RG 2, Burkersdorf 2004

Sorte/Datum	20.7.	59 mm	29.7.	0 mm	9.8.	16 mm	19.8.	24 mm	30.8.	8 mm	9.9.
Marabel	13,5		14,1		16,1		16,3		15,8		15,5
Rikea	13,1		13,8		15,9		16,9		15,4		16,0
Valisa	15,0		13,7		15,0		14,8		14,4		15,3
Vineta	14,6		13,1		14,8		16,3		14,3		14,8

Tabelle 6: Stärkeeinlagerung in Kartoffelknollen
ausgewählte Sorten der RG 2, Burkersdorf 2005

Sorte/Datum		49 mm	26.7.	23 mm	5.8.	27 mm	15.8.	1 mm	25.8.	5.9.
Marabel			11,5		12,7		11,7		11,5	11,0
Rikea			14,1		15,0		14,1		13,8	14,3
Valisa			13,3		13,4		13,3		13,9	13,7
Vineta			12,5		13,0		12,1		13,1	11,3

Auch in der Reifegruppe 3 am Standort Behringen zeigte sich die unterschiedliche Sortenreaktion auf die Jahreswitterung (Abb. 2). Dargestellt ist die Entwicklung der Stärkegehalte zwischen dem 31. Juli und dem 21. August an den Beispielen Afra (vom BSA als mehligkochend eingestuft), Krone und Milva aus dem vorwiegend festkochenden Bereich und Bernadette (festkochend). Auffallend ist der bei allen Sorten kräftige Stärkezuwachs innerhalb der drei Wochen in 2004. Weitere Übereinstimmungen sind aber nicht feststellbar. Bei Afra wurden am letzten Termin 2003 fast 3 % mehr Stärke gemessen als 2004. Andersherum

reagierte Bernadette, die 2004 fast 2 % mehr Stärke einlagerte als 2003. Krone hatte zwar am Beginn der Untersuchungen in 2004 deutlich weniger Stärke, erreichte aber zum letzten Termin das gleiche Niveau wie 2003. Milva lagerte 2003 so viel Stärke ein wie die mehrlige Afra in 2004.

Im Jahr 2005 konnten aus technischen Gründen keine Stärkeproben genommen werden.

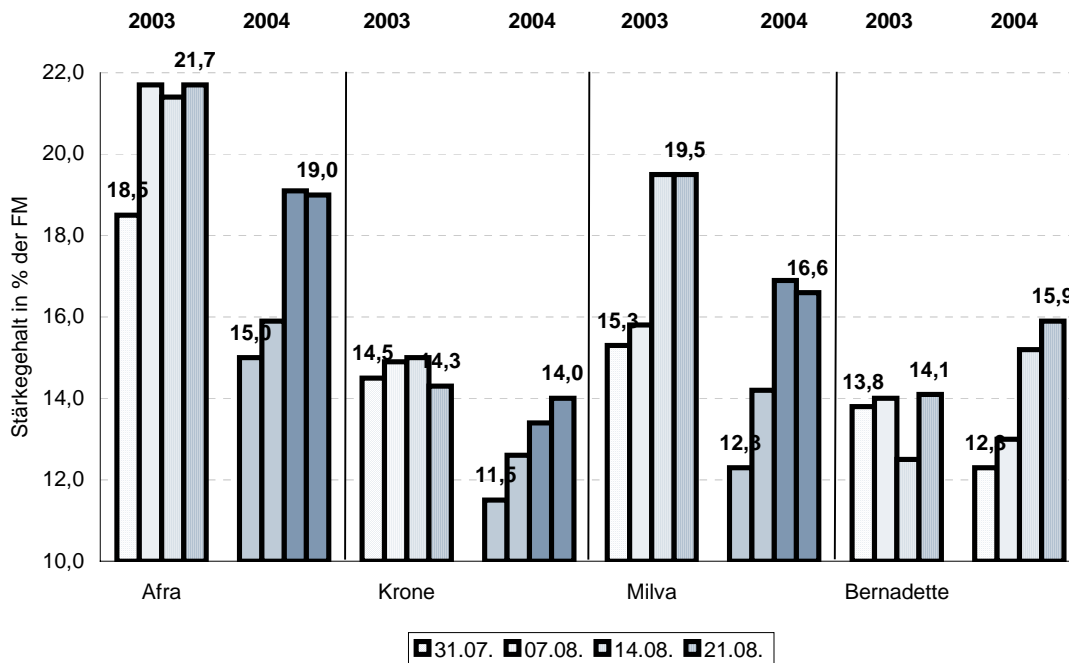


Abbildung 2: Entwicklung des Stärkegehaltes ausgewählter Kartoffelsorten der RG 3 während der Vegetation
Sortenschaufeld Behringen 2003 und 2004

Es ist also nicht möglich, den Stärkegehalt von der Sorte und der Jahreswitterung abzuleiten. In Übereinstimmung mit Erkenntnissen aus anderen Versuchen (siehe Abschnitt 6, Krautminderung) kann festgestellt werden, dass in jedem Jahr auf jedem Standort und für jede Sorte Stärkebestimmungen durchgeführt werden müssen, um bei Erreichen des gewünschten Stärkegehaltes reagieren zu können (Krautminderung).

Die Bodenart beeinflusst die Höhe des Stärkegehaltes durch das Wasserhaltevermögen, die Korngrößenverteilung und die Durchlüftungsverhältnisse. Bessere, lehmige Böden bringen besonders in trockenen Lagen höhere Stärkegehalte als Sandböden, wie in Tabelle 7 deutlich wird (HUNNIUS, 1972; MUNZERT, 1984). Diese Tendenz konnte für Thüringen beim Vergleich der unterschiedlichen Standorte Bad Salzungen (AZ 32) und Kirchengel (AZ 60 bis 65) bei einer definierten Vegetationszeit (Reifegruppen 1 und 2) bestätigt werden (siehe Abschnitt 3, Sekundärauswertung der Landessortenversuche).

Tabelle 7: Stärkegehalt und Bodenart (nach HUNNIUS, 1972)

Bodenart	Bodenwertzahl	Versuchsstelle	Stärke %
Niedermoor	33	Karlshuld	13,9
Lehmiger Sand	32	Aichach	15,2
Lehmiger Sand	40	Triesdorf	16,1
Sandiger Lehm	55	Weihenstephan	17,3

Nach WAGNER (1946) in HOFFERBERT (1986) sind die unterschiedlich hohen Stärkegehalte Ergebnis der differenzierten Wasserkapazitäten der verschiedenen Böden.

Durch unzureichende Durchlüftungsverhältnisse des Bodens in Folge von Verdichtungen entwickeln die Pflanzen weniger Laub und legen das Knollennest flacher unter der Bodenoberfläche an als in lockerem Boden. Es kann weniger Stärke gebildet und eingelagert werden (HOFFERBERT, 1986).

Wie unterschiedlich die Faktoren Bodenart und Witterung auf den Stärkegehalt einzelner Sorten wirken, wird beim Vergleich der Sorten in Behringen und Burkersdorf deutlich. In Behringen wurden in jedem Jahr 46, in Burkersdorf 15 Sorten aus den Reifegruppen 2 und 3 in regelmäßigem Abstand während der Vegetation beprobt. An beiden Standorten (Beschreibung in Tab. 8) standen in beiden Jahren in der Reifegruppe 2 Marabel, Rikea und Valisa.

Tabelle 8: Standortbeschreibung der Sortenschaufelder Behringen und Burkersdorf

	Bodenart	Ackerzahl	Höhe über NN m	Jahresdurchschnittstemperatur °C	Jahresniederschläge mm
Behringen	Lö 1a	75	290	10,1	616
Burkersdorf	sL	36	440	7,0	642

In Tabelle 9 ist die Entwicklung der Stärkegehalte der frühen Sorten zwischen dem 28.07. und dem 19.08.2004 an den Standorten Behringen und Burkersdorf dargestellt. Rikea lagerte an beiden Standorten etwa gleich viel Stärke ein. Marabel startete in Behringen mit 2,5 % weniger als am gleichen Tag in Burkersdorf, um am 19.08. an beiden Orten auf gleichem Niveau zu liegen. Valisa wiederum hatte zur ersten Probenahme an beiden Orten das gleiche Niveau, um am letzten Tag in Behringen 2,5 % mehr Stärke aufzuweisen.

Tabelle 9: Entwicklung der Stärkegehalte (% der FM) ausgewählter früher Kartoffelsorten Behringen und Burkersdorf 2004

	Behringen			Burkersdorf		
	28.7.	19.8.	Zuwachs	29.7.	19.8.	Zuwachs
Marabel	11,5	16,0	4,5	14,1	16,3	2,2
Rikea	11,5	14,3	2,8	13,8	16,9	3,1
Valisa	14,1	17,6	3,5	13,7	14,8	1,1

Ähnliche Entwicklungen ließen sich auch für die Reifegruppe 3 beschreiben. Hier soll gezeigt werden, dass es Sorten gibt, die in einem Jahr durch einen sehr geringen Stärkezuwachs auffielen, im anderen aber durch einen extrem hohen (Tab. 10).

Tabelle 10: Stärkegehalte und –zuwächse (% der FM) in mittelfrühen Kartoffelsorten (n = 8) Behringen und Burkersdorf, 2003 und 2004

		31.07.	21.8.03 31.8.04	Zuwachs				
				Durchschnitt	Minimum		Maximum	
Behringen	2003	16,6	18,1	1,6	Agria	-1,6	Marella	3,6
	2004	13,2	16,4		3,3	Satina	1,6	Agria
Burkersdorf	2003	14,2	18,9	4,6	Lambada	2,3	Afra	7,1
	2004	14,9	18,7		3,8	Quarta	1,7	Lambada

Eine ausgewogene Nährstoffversorgung ist die Grundlage für ein optimales Pflanzenwachstum und damit auch für die Bildung und Einlagerung von Stärke. Ein ausreichendes Stickstoffangebot sorgt dafür, dass die Pflanze ihren Assimilationsapparat zügig aufbauen kann und schafft damit die Grundlage für die Stärkeproduktion. Überhöhte oder späte N-gaben verzögern die Pflanzenentwicklung, verkürzen also die Phase der Stärkeeinlagerung. Das Vorhandensein von Phosphor ist wichtig für den Auf- und Umbau der Stärke im Blatt und für die Ableitung in die Tochterknollen. Kaliumdüngung wirkt positiv auf die Photosynthese und das Wachstum der Pflanzen. Trotzdem kommt es nach KOLBE (1995) bereits ab

1,5 % K (in der TM der Knollen) an aufwärts zu sinkenden Stärkegehalten, da der Turgodruck so stark ansteigen kann, dass Stärkebildung und -einlagerung gestört werden können. Weitere Ausführungen zur Beziehung zwischen Kalium- und Stärkegehalt im Abschnitt 5.

3 Sekundärauswertung der Landessortenversuche (LSV) in Thüringen

3.1 Zielstellung

Seit 1992 werden in Thüringen Landessortenversuche zu Kartoffeln nach den Richtlinien des Bundessortenamtes (ANONYM, 2000) durchgeführt. Zu den Prüfmerkmalen gehören auch der Stärkegehalt der Knollen nach der Ernte und die Mehligkeit (im Rahmen der Speisewertprüfung).

Ziel der Sekundärauswertung ist es festzustellen, inwieweit sich Sorte, Standort und Jahr auf die Stärkegehalte der in den Landessortenversuchen geprüften Speisekartoffeln in den vergangenen Jahren in Thüringen auswirkten.

3.2 Material und Methoden

Kartoffelsorten werden bei ihrer Zulassung in vier Reifegruppen (RG) eingeteilt:

RG 1 = Sehr frühe Reifegruppe

RG 2 = Frühe Reifegruppe

RG 3 = Mittelfrühe Reifegruppe

RG 4 = Mittelspäte bis sehr späte Reifegruppe.

Seit 1992 stehen in Thüringen Landessortenversuche zu Kartoffeln. Das Sortiment besteht aus Standardsorten in der jeweiligen Reifegruppe und neuen Sorten. Neuzulassungen werden drei Jahre geprüft. Dadurch wechseln die Sortimente jährlich.

Prüferte waren bzw. sind:

Bad Salzungen seit 1992 (RG 3 bis 2000),

Bollberg 1991 bis 1997, seit 1998 nur RG 2

Burkersdorf RG 3 seit 1992,

Dornburg RG 3 seit 1997,

Kirchengel RG 1 seit 1997, RG 2 und 3 seit 1992,

Rohrbach bis 1996 (alle Reifegruppen).

Alle zur Verfügung stehenden Ergebnisse wurden zusammengestellt. In den Jahren 1992 bis 2003 standen insgesamt 166 Sorten in den Landessortenversuchen, davon 36 in der RG 1, 54 in der RG 2, 64 in der RG 3 und 12 in der RG 4. Die RG 4 wurde von der Auswertung ausgenommen, da nur ein geringes Sortiment über wenige Jahre in der Sortenprüfung stand. Da die Sortimente jährlich wechseln, werden hauptsächlich die langjährig geprüften Standardsorten betrachtet.

Nach Sichtung aller Ergebnisse war klar, dass eine Interpretation aller Zahlen für ganz Thüringen vor allem wegen des zum Teil sehr geringen Datenumfanges, nicht möglich ist. Die Auswertung konzentriert sich meist auf die Stationen Bad Salzungen und Kirchengel. Diese wurden aus zwei Gründen ausgewählt. Einerseits standen an beiden Orten langjährig alle Reifegruppen und andererseits stehen sie als Vertreter zweier Anbaugebiete (Tab. 11).

Tabelle 11: Beschreibung der Versuchsstandorte Bad Salzungen und Kirchengel

	Bad Salzungen	Kirchengel
Anbaugebiet	V-Standorte	Lö-Übergang
Zuordnung zu Agrarraum/Landschaft	Salzunger Bundsandsteinland	Nördliches Randgebiet des Thüringer Beckens
Standort	V4 _{a2}	Lö1 _{c1}
Bodenart	Lehmiger Sand	Lehm
Ackerzahl	32	60 bis 65
Höhe über NN	297 m	325 m
Langjährige mittlere Temperatur	8,1 °C	7,8 °C
Langjähriger mittlerer Niederschlag	586 mm	568 mm

Die Ermittlung der Stärkegehalte erfolgte nach den Richtlinien des Bundessortenamtes an Hand des Unterwassergewichtes.

3.3 Ergebnisse

Mittelt man die Stärkegehalte der Sortimente über alle Reifegruppen und Standorte, so zeigen sich in den Jahren mehr oder weniger deutliche Abweichungen vom 12-jährigen Mittel (15,5 % Stärke in der Frischmasse).

Der niedrigste durchschnittliche Stärkegehalt wurde 1996 mit 13,9 % festgestellt, der höchste 2003 mit 16,9 % (Abb. 3). Seit 1999 waren die Stärkegehalte in der Tendenz höher als in den Jahren 1992 bis 1998. Der mittlere Stärkegehalt in den Jahren 1992 bis 1998 war 14,9 %, in den Jahren 1999 bis 2003 stieg er auf 16,0 %.

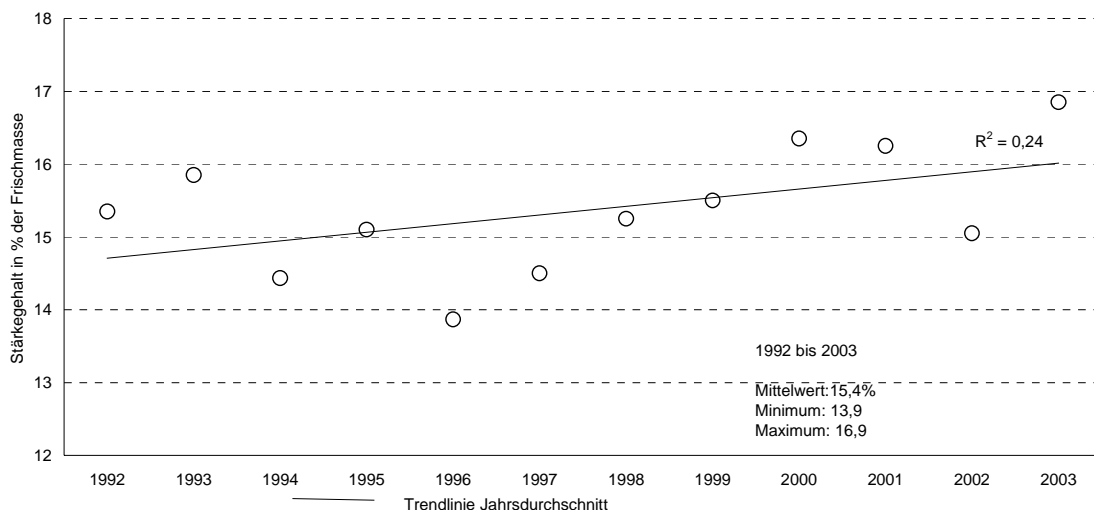


Abbildung 3: Stärkegehalt in Kartoffelknollen
Ergebnisse der Landessortenversuche in Thüringen
Mittel über alle Orte (n = 6) und Sortimente

3.3.1 Sehr frühe Reifegruppe

Die Prüfglieder der Reifegruppe 1 werden 65 Tage nach Aufgang gerodet. Die Stärkegehalte lagen seit 1994 auf jahresabhängig unterschiedlichem Niveau, aufgrund der kurzen und definierten Vegetationszeit mit nur geringen Abweichungen zwischen den Sorten. Standardsorten sind Berber und Christa. Berber erreichte in allen Prüffahren höhere Stärkewerte als Christa. Das Sortimentsmittel lag immer in der Nähe der Werte der Standards. In der Tendenz ist eine leichte Erhöhung der Stärkewerte über die Jahre zu erkennen (Tab. 12).

Tabelle 12: Stärkegehalt (% der FM) in Kartoffelknollen
Ergebnisse der Landessortenversuche in Thüringen (3 Orte), Sehr frühe Reifegruppe, Vergleich des Sortimentsmittels mit den Standardsorten

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Mittel	13,6	14,7	13,7	13,6	13,4	13,8	14,1	13,6	14,3	16,4
Berber	13,8	14,4	14,4	14,2	14,1	14,3	14,7	14,8	15,6	16,2
Christa	13,8	13,9	14,0	13,8	13,7	13,2	14,1	13,9	14,6	15,5

In den Mittelwerten für Thüringen bleibt der Standorteinfluss unberücksichtigt. Wie groß dieser ist, zeigt die Abbildung 4. Die Standardsorten Berber und Christa wurden an den Standorten Bad Salzungen (V-Standort) und Kirchengel (Lö-Übergang) verglichen. Die Stärkegehalte in der RG 1 waren in Kirchengel bis auf wenige Ausnahmen höher als in Bad Salzungen, wobei der Jahreseffekt an den Standorten unterschiedlich stark zur Geltung kam. Im Jahr 2000 wurden z. B. in Bad Salzungen die niedrigsten Stärkewerte des Vergleichszeitraumes festgestellt und in Kirchengel die höchsten.

Fazit sehr frühe Reifegruppe: Die Ernte dieser RG erfolgt 60 bis 65 Tage nach Aufgang. Aufgrund der sehr kurzen Vegetationszeit (Ernte in den ersten Julitagen) gibt es nur geringe Schwankungen im Stärkegehalt zwischen den Sorten, aber deutliche Jahreseffekte.

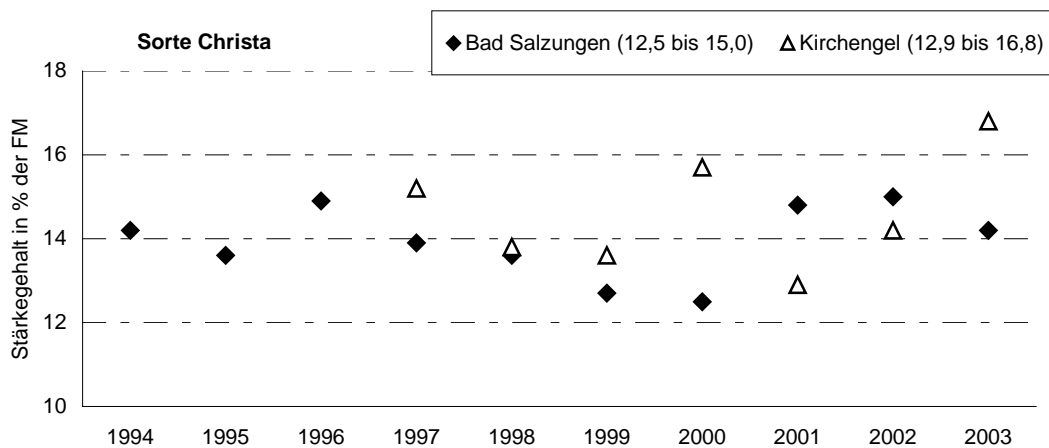
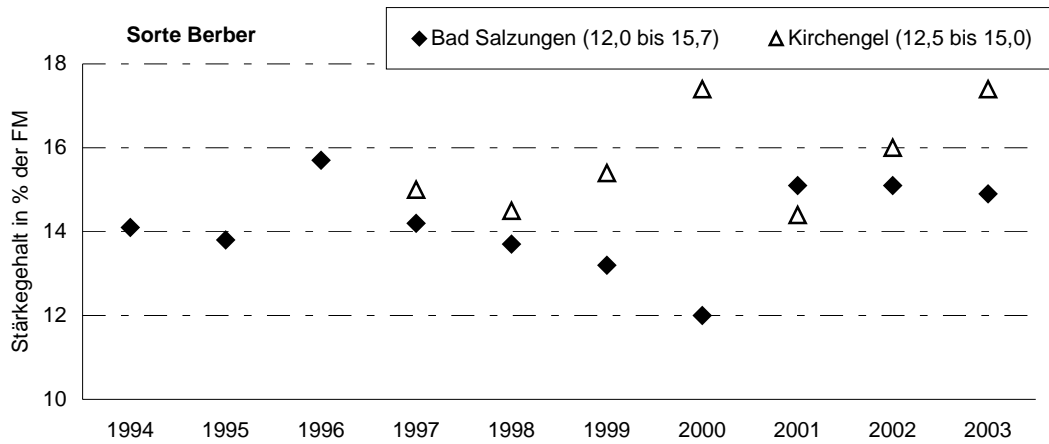


Abbildung 4: Stärkegehalt in Kartoffelknollen
 Ergebnisse der Landessortenversuche in Thüringen, sehr frühe Reifegruppe
 Vergleich der Standorte Bad Salzungen und Kirchengel

3.3.2 Frühe Reifegruppe

Die Prüfglieder der Reifegruppe 2 werden 95 Tage nach Aufgang gerodet. Standardsorten sind Cilena und Marabel. Im Mittel aller Thüringer Versuche hatte Cilena immer (Ausnahme 2003) einen höheren Stärkegehalt als Marabel. Die Differenz zwischen beiden Sorten war über die Jahre annähernd gleich. Das Sortimentsmittel lag in allen Jahren über den Stärkewerten der Standardsorten. Auch in der RG 2 ist in der Tendenz eine Erhöhung der Stärkegehalte seit 1992 zu beobachten (Abb. 5).

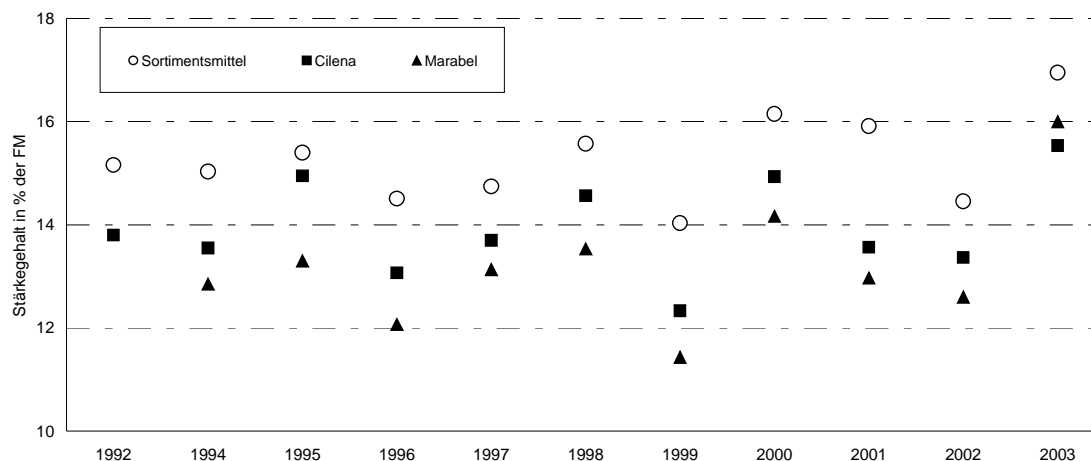


Abbildung 5: Stärkegehalt in Kartoffelknollen
Ergebnisse der Landessortenversuche in Thüringen, frühe Reifegruppe
Vergleich des Sortimentsmittels mit den Standardsorten (3 Orte)

Die festkochende Cilena erreichte in allen Jahren in Kirchengel höhere Stärkegehalte als in Bad Salzungen. Der Jahreseinfluss war, wie schon für die RG 1 beschrieben, an den beiden Standorten unterschiedlich stark. Im Jahr 2002 wurden für die Sorte an beiden Standorten gleiche Stärkegehalte gemessen, im Jahr 2000 differierten die Werte mit 3,4 % Unterschied extrem stark. Bei der vorwiegend festkochenden Sorte Marabel konnte kein eindeutiger Standorteinfluss festgestellt werden (Abb. 6).

Wie stark der Stärkegehalt von Sorte, Standort und Jahr in der Gesamtwirkung (siehe Abschnitt 2.3) abhängig ist, soll ein Beispiel von dreijährig geprüften Sorten im Vergleich mit den Standardsorten zeigen:

- 2001: Bis auf Cilena lagerten alle hier verglichenen Sorten in Bad Salzungen im Mittel 1,0 % mehr Stärke ein als in Kirchengel.
- 2002: Vier Sorten hatten in Bad Salzungen höhere Stärkegehalte und vier in Kirchengel. Bei Baltica waren die Gehalte an beiden Orten gleich.
- 2003: Alle Sorten wiesen in Kirchengel höhere Stärkegehalte auf als in Bad Salzungen. Die Differenz zwischen beiden Orten betrug im Durchschnitt 2,4 %, bei Extremwerten von 0,7 bis 3,7 % (Tab. 13).

Tabelle 13: Stärkegehalte (% der FM) in Kartoffelknollen am Erntetag
Ergebnisse der LSV RG 2 Thüringen, dreijährig geprüfte Sorten

	2001		2002		2003	
	Bad Salzungen	Kirchengel	Bad Salzungen	Kirchengel	Bad Salzungen	Kirchengel
Baltica	17,4	17,3	15,3	15,3	16,4	20,1
Belana	16,9	15,4	15,6	14,0	15,8	18,3
Beluga	17,9	17,3	14,7	15,2	17,3	19,9
Carmona	18,3	16,9	15,0	15,6	17,8	20,5
Cilena	13,5	13,9	13,2	13,4	14,8	16,7
Debora	16,3	12,9	13,7	12,3	15,9	16,6
Marabel	13,6	13,0	13,4	12,4	15,4	17,1
Nora	19,0	18,9	16,0	14,6	18,3	20,5
Novara	19,0	17,8	17,4	16,1	17,0	20,4
Mittel	16,9	15,9	14,9	14,3	16,5	18,9

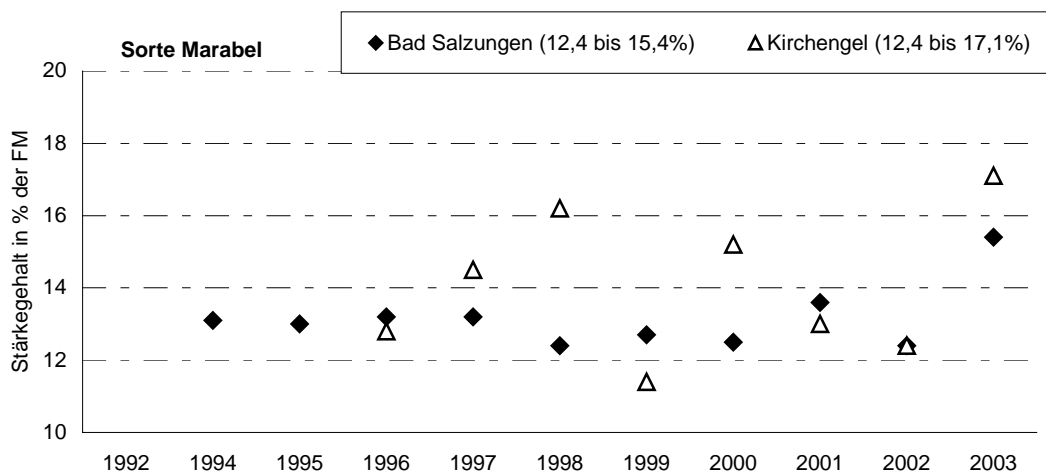
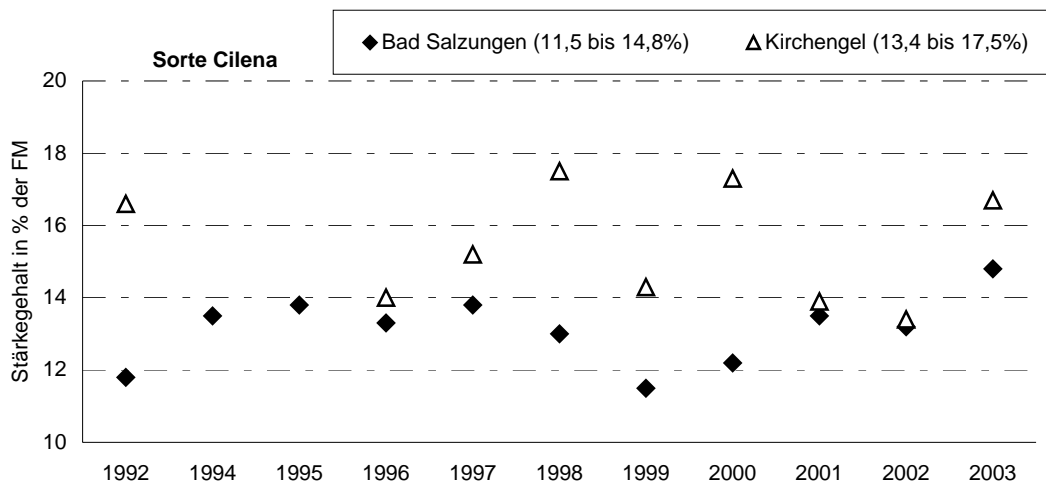


Abbildung 6: Stärkegehalt in Kartoffelknollen
Ergebnisse der Landessortenversuche in Thüringen, Reifegruppe früh
Vergleich der Standorte Bad Salzungen und Kirchengel

Fazit frühe Reifegruppe: Die Knollen dieser RG werden nach einer definierten Vegetationszeit geerntet (95 Tage nach Aufgang). Ursachen für die jährlichen Schwankungen im Stärkegehalt können demnach die Sorte, der Standort und die Jahreswitterung bzw. die Reaktion der einzelnen Sorte auf die Jahreswitterung sein.

3.3.3 Mittelfrühe Reifegruppe

Vergleicht man die Mittelwerte der Sortimente der drei Reifegruppen, so zeigt sich deutlich, dass die Stärkegehalte in den Knollen mit zunehmender Reifezeit steigen und dass die Differenzen zwischen den Reifegruppen jahresabhängig sehr unterschiedlich sind (Abb. 7).

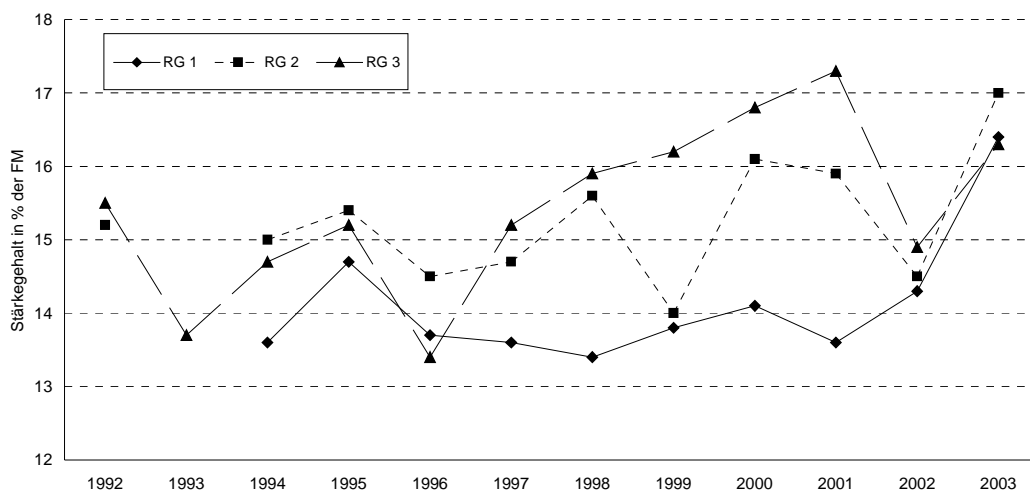


Abbildung 7: Stärkegehalt in Kartoffelknollen
Ergebnisse der Landessortenversuche in Thüringen
Vergleich der Sortimentsmittel der Reifegruppen 1, 2 und 3 (6 Orte)

Die Sorten der Reifegruppe 3 sollen in den LSV so weit wie möglich ausreifen und die Ernte spätestens am 25. September erfolgen. Am Erntetag haben die Sorten im Sortiment und an den Versuchsorten keinen einheitlichen Reifegrad, was als zusätzliche Ursache für differierende Stärkewerte zu bedenken ist.

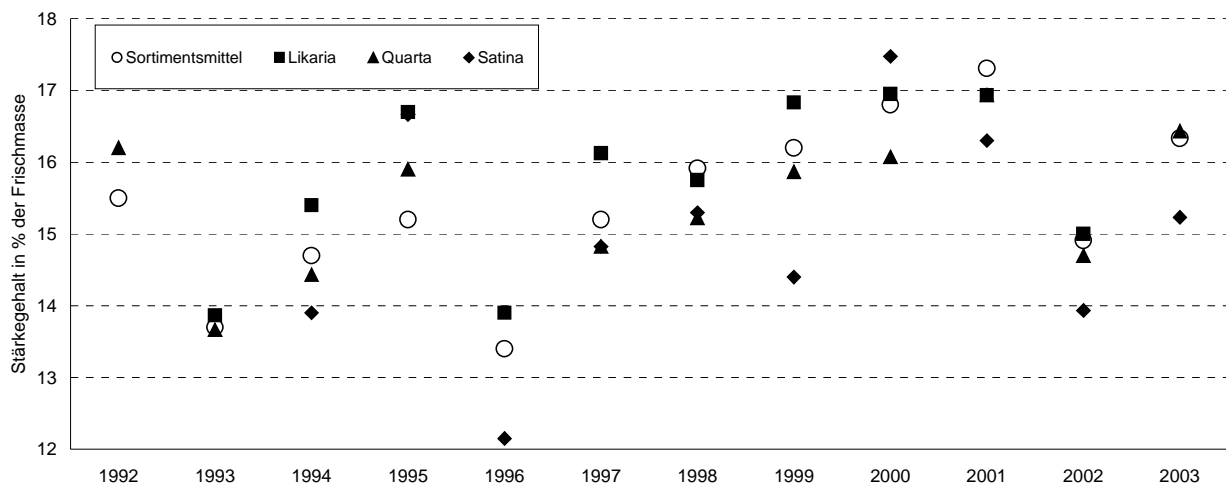


Abbildung 8: Stärkegehalt in Kartoffelknollen
 Ergebnisse der Landessortenversuche in Thüringen, mittelfrühe Reifegruppe
 Vergleich des Sortimentsmittels mit den Standardsorten (6 Orte)

Abbildung 8 zeigt die Standardsorten in der mittelfrühen Reifegruppe: Likaria (mehligkochend), Quarta und Satina (beide vorwiegend festkochend). Die Stärkegehalte waren bei den drei Sorten und dem Sortimentsmittel über alle Orte jahresabhängig unterschiedlich hoch, es gab keine großen Differenzen zwischen den Standards und dem Sortenmittel. Selbst die Sorte Likaria mit einem hohen Stärkeeinlagerungsvermögen zeigte im Mittel der Orte keine Abweichungen. Ganz anders sieht es aus, betrachtet man die Stärkewerte an den Orten (Abb. 9). Wie schon in den anderen Reifegruppen beschrieben, lagerten die Sorten am Standort Kirchengel in allen Jahren mehr Stärke ein als in Bad Salzungen. Jahres- und sortenabhängig war der Unterschied im Stärkegehalt mehr oder weniger groß: Wurde bei Likaria im Jahr 1999 in Kirchengel ein um 0,4 % höherer Stärkegehalt ermittelt, betrug der Unterschied im Jahr 2000 5,2 %! Noch stärkere Unterschiede zwischen den Standorten wurden bei den vorwiegend festkochenden Sorten Quarta und Satina festgestellt. Bei beiden Sorten betrug die größte Differenz zwischen den Standorten 6,2 % im Jahr 2000.

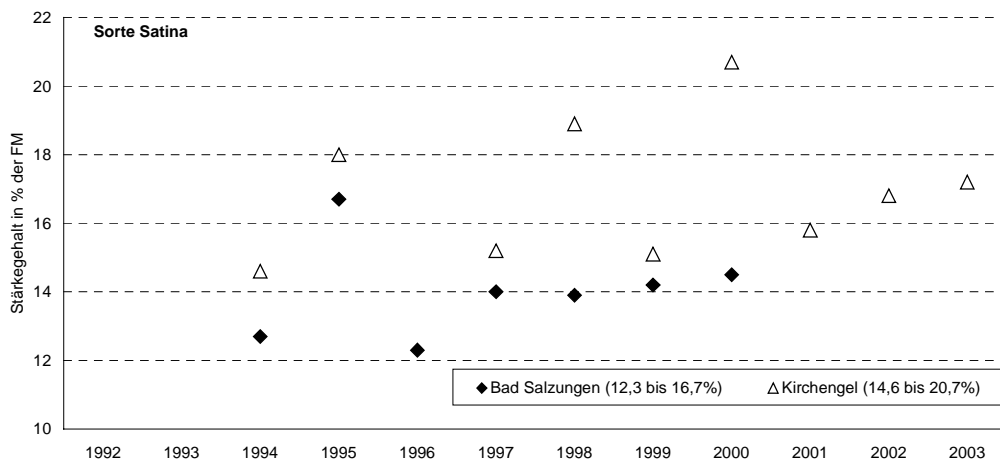
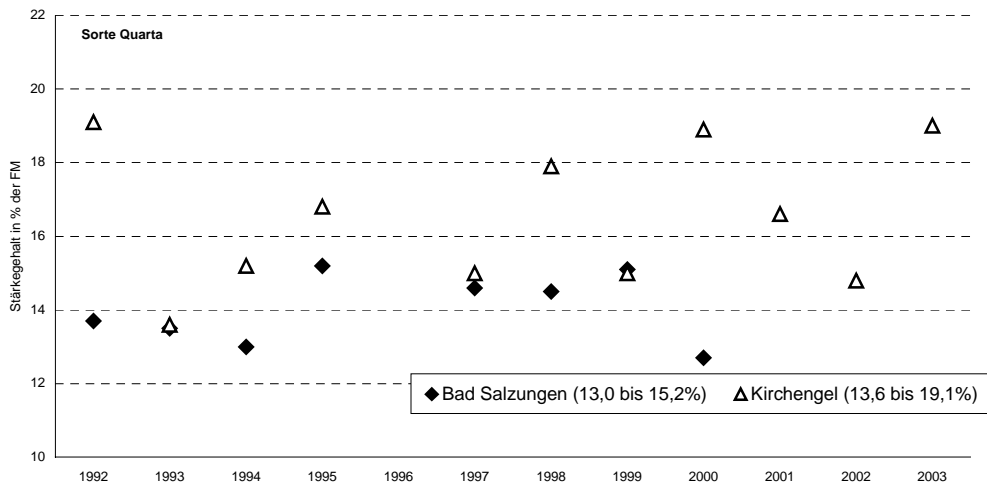
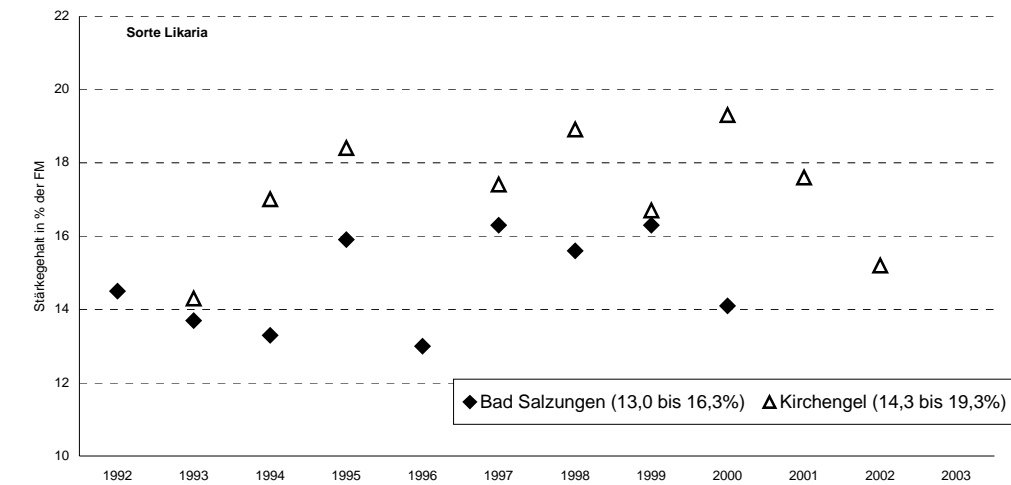


Abbildung 9: Stärkegehalt in Kartoffelknollen
Ergebnisse der Landessortenversuche in Thüringen, Reifegruppe mittelfrüh
Vergleich der Standorte Bad Salzungen und Kirchengel

Auch im mittelfrühen Sortiment (RG 3) sollen an einem Beispiel die Wechselwirkungen zwischen Sorte, Standort und Jahreswitterung aufgezeigt werden:

- 1993: Für dieses Jahr ist keine Aussage über die Standortwirkung möglich. Einige Sorten lagerten in Bad Salzungen mehr Stärke ein, andere in Kirchengel.
- 1994: Außer bei Agria wurden bei allen in diesem Dreijahreszeitraum geprüften Sorten in Kirchengel höhere Stärkegehalte ermittelt. Die Sorten reagierten unterschiedlich stark. So hatte Granola in Kirchengel nur 0,4 % Stärke mehr während Likaria 3,7 % mehr einlagerte.
- 1995: Für alle Sorten konnten in Kirchengel im Durchschnitt 1,8 % mehr Stärke nachgewiesen werden (Tab. 14).

Tabelle 14: Stärkegehalte (% der FM) in Kartoffelknollen am Erntetag
Ergebnisse der LSV RG 3 Thüringen, dreijährig geprüfte Sorten

	1993		1994		1995	
	Bad Salzungen	Kirchengel	Bad Salzungen	Kirchengel	Bad Salzungen	Kirchengel
Agria	14,8	14,4	13,6	12,7	14,9	16,3
Bettina	17,8	15,0	14,9	16,3	16,1	18,1
Granola	13,1	14,5	12,5	12,9	15,0	16,0
Likaria	13,7	14,3	13,3	17,0	15,9	18,4
Nicola	15,6	14,4	14,1	15,1	16,3	18,6
Mittel	15,0	14,5	13,7	14,8	15,6	17,5

Bei der Speisewertprüfung werden für alle Sorten unter anderem die Mehligkeit nach folgendem Schema beurteilt (Tab. 15):

Tabelle 15: Boniturnoten für die Mehligkeit von Speisekartoffeln

Eigenschaft	fest kochend	vorwiegend fest kochend	mehlig kochend
Mehligkeit	1 bis 3 sehr schwach - schwach	1 bis 4 sehr schwach - schwach bis mittel	5 bis 7 mittel - stark

Aus: Beschreibende Sortenliste Kartoffeln 2004

Die hohen Stärkegehalte im Jahr 2000 in Kirchengel führten zu einer Veränderung der Kocheigenschaften. Die Boniturnoten für die Mehligkeit lagen mit 5 und 6 im Bereich der mehlig kochenden Sorten, während die erwarteten Kocheigenschaften in Bad Salzungen erhalten blieben (Tab. 16).

Tabelle 16: Stärkegehalte und Mehligkeit der Standardsorten Quarta und Satina im Jahr 2000, Vergleich der Standorte Bad Salzungen und Kirchengel

	Bad Salzungen		Kirchengel	
	Stärke in % der FM	Mehligkeit (Note)	Stärke in % der FM	Mehligkeit (Note)
Quarta	12,7	4,3	18,9	5,0
Satina	14,5	4,3	20,7	6,0

Fazit mittelfrühe Reifegruppe: In dieser Reifegruppe traten in den Jahren 1992 bis 2003 sehr große Schwankungen im Stärkegehalt sowohl des Sortimentes als auch bei den Standardsorten auf. Eine alleinige Wirkung des Standortes auf den Stärkegehalt konnte nicht nachgewiesen werden.

3.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der Stärkegehalt von Kartoffelknollen ist abhängig von der Sorte, dem Standort und der Jahreswitterung.

Die Sorten haben ein genetisch fixiertes Stärkeeinlagerungsvermögen. Sie reagieren sortenspezifisch auf veränderte Umweltbedingungen.

Auf leichten Standorten sind die jährlichen Schwankungen im Stärkegehalt geringer als auf den schwereren Böden.

Die Jahreswitterung, also Tagestemperaturen, Sonnenscheindauer und Niederschläge beeinflussen die Stärkebildung und -einlagerung.

Das sortenspezifische Stärkeeinlagerungsvermögen kann von Standort und Jahreswitterung überdeckt werden.

Für den Landwirt ergibt sich daraus, dass er „seine“ Sorten auf „seinem“ Standort kennen lernen und während der Vegetation regelmäßig Stärkebestimmungen zur Festlegung des Erntetermins durchführen muss.

4 Sekundärauswertung „Untersuchungen zur Speisekartoffelqualität aus konventionellem Anbau“

Im Rahmen eines Kartoffelmonitorings der Abteilung Markt und Ernährung der TLL (Dr. Schöne, Dr. Kirchheim, Frau Kienast) wurden in den Jahren 1997 bis 2003 in Kartoffelproben aus Praxisbetrieben sowohl kartoffeltypische Inhaltsstoffe als auch gesundheitlich unerwünschte Stoffe untersucht. Ziel war, die Produktaustauschbarkeit zu verringern und damit die Absatzchancen Thüringer Kartoffeln zu verbessern. Insgesamt waren in das Untersuchungsprogramm zehn Kartoffelsorten der Reifegruppen zwei und drei aus acht konventionell wirtschaftenden Unternehmen einbezogen.

Für das hier dargestellte Thema sind Stärke- und Kaliumgehalte in den Knollen sowie die Mehligkeit von Interesse. Da sich das Anbauspektrum in den Betrieben im Auswertungszeitraum verändert hat, ist das Sortiment über die Jahre nicht stabil. Daher können pro Jahr 11 bis 21, pro Sorte 2 bis 29 Proben betrachtet werden. Erschwerend für die Auswertung kommt hinzu, dass die Proben sowohl aus Vermehrungs- als auch aus Speisepartien stammten und dass nicht bekannt ist, ob, und wenn ja in welchem Entwicklungsstadium das Kraut abgetötet wurde.

4.1 Stärkegehalte

Der Stärkegehalt (in % der Frischmasse) betrug im Mittel der 120 Proben, also über alle Sorten und Jahre 15,9 %. Die höchsten Stärkegehalte wurden mit einem Maximum von 22,3 % im Jahr 1997 gemessen, die niedrigsten mit einem Minimum von 9,8 % im Jahr 2002. Die Jahresmittel bewegten sich zwischen 13,4 % (2002) und 17,5 % (1997). Der Mittelwert beschreibt aber nur ungenügend die Variationsbreite der Einzelwerte. Die Differenz zwischen maximalem und minimalem Stärkegehalt aller untersuchten Muster schwankt zwischen 3,8 % (2003) und 10,9 % (1999), wobei die Jahre mit den großen Differenzen häufiger sind als die mit geringen (Abb. 10).

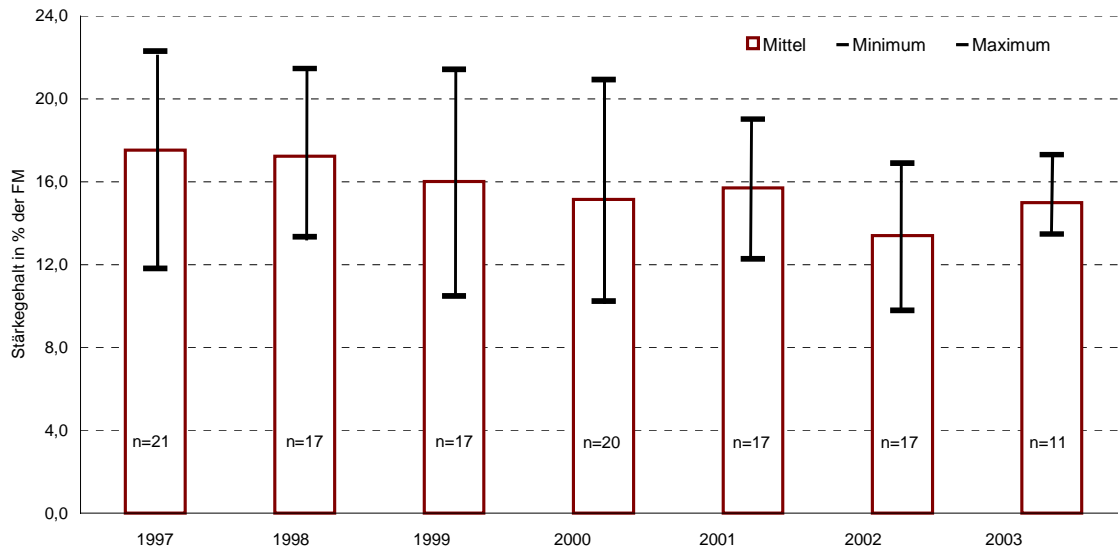


Abbildung 10: Stärkegehalte in Kartoffelknollen 1997 bis 2003
Mittelwerte des Jahres sowie Minimum und Maximum

Betrachtet man die Sorten über die Jahre, zeigt sich ein ähnliches Bild. Den niedrigsten Mittelwert hat die Sorte Marabel mit 12,8 %, den höchsten die Sorte Karlena mit 19,8 % Stärke. Lässt man die Sorten Ditta, Milva, Remarka und Secura wegen des sehr geringen Probenumfanges unberücksichtigt, so zeigt Marabel mit 5,5 % die geringste Schwankungsbreite zwischen maximalem und minimalem Wert und Nicola mit 10,4 % Stärke die größte (Abb. 11).

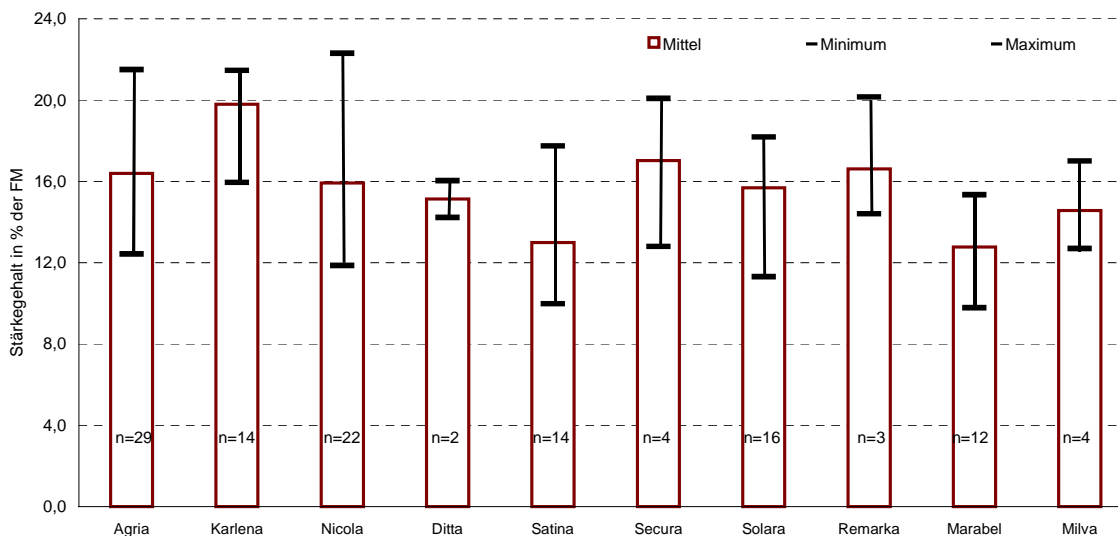


Abbildung 11: Stärkegehalte in Kartoffelknollen 1997 bis 2003
Mittelwerte der Sorten sowie Minimum und Maximum

Auch Agria wies mit 9,1 % eine große Schwankungsbreite zwischen dem niedrigsten und höchsten Wert auf. Die Ursachen für die große Streuung der Stärkegehalte dieser Sorte liegen wahrscheinlich (eine statistische Absicherung ist aufgrund des geringen Datenumfanges nicht möglich) in der Wirkung des Standortes bzw. in der Wechselwirkung Standort und Jahr. So sind für den Betrieb C (Tab. 17) eher niedrige Stärkegehalte typisch, die an den Standorten A, B und D die Ausnahme sind. Ausreißer sind an allen Standorten vorhanden, aber in verschiedenen Jahren.

Tabelle 17: Stärkegehalte (% der FM) in Kartoffelknollen aus Praxisanbau, 1997 bis 2003, Sorte Agria

Betrieb:	A	B	C	D
1997	16,5	21,5	13,3	
1998	17,6	17,4	16,8	18,6
1999	16,4	17,9	12,4	17,5
2000	17,0	15,6	12,6	14,7
2001	17,1	18,2	16,5	19,0
2002	14,2	14,3	14,2	15,1
2003				17,3
Mittel	16,5	17,5	14,3	17,0

4.2 Kaliumgehalte in den Knollen

Hohe Kaliumgehalte in den Knollen führen über eine erhöhte Wasseraufnahme zu einer Verringerung des Trockensubstanz- und damit Stärkegehaltes in den Knollen (KERSCHBERGER, 2001).

Die Kaliumgehalte in Prozent der Trockenmasse lagen bei den 120 untersuchten Mustern aus den Praxisbetrieben zwischen 1,19 % (1997, 21,3 % Stärke) und 2,84 % (1997, 12,8 % Stärke), im Mittel bei 2,03 % (15,9 % Stärke). Ordnet man die mittleren Stärkegehalte den mittleren Kaliumgehalten in den Knollen zu, so wird keine Beziehung sichtbar. Der Vergleich der Einzelwerte über die Jahre und Sorten und die Zuordnung der niedrigsten und höchsten Stärkewerte zu den ermittelten Kaliumgehalten macht aber deutlich, dass durchaus die Tendenz besteht, dass mit höheren Kaliumgehalten niedrigere Stärkegehalte einhergehen (Tab. 18 und 19). Für jeden Einzelwert trifft das allerdings nicht zu, denn mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,28 ist der Zusammenhang zwischen Kalium- und Stärkegehalt in den Knollen eher locker (Abb. 12, Abschnitt 5.2).

Tabelle 18: Stärke- und Kaliumgehalte in Kartoffelknollen aus Praxiserhebungen 1997 bis 2003
Stärke in % der Frischmasse, Kalium in % der Trockenmasse

Jahr	n	Mittel		Minimum		Maximum	
		Stärke	K	Stärke	K	Stärke	K
1997	21	17,5	1,99	11,8	2,44	22,3	1,86
1998	17	17,2	1,90	13,3	2,20	21,5	1,77
1999	17	16,0	2,13	10,5	2,31	21,4	1,99
2000	20	15,1	1,99	10,2	2,51	20,9	1,75
2001	17	15,7	2,01	12,3	2,07	19,0	1,89
2002	17	13,4	2,17	9,8	2,19	16,9	1,90
2003	11	15,0	2,07	13,5	2,31	18,6	2,00

Tabelle 19: Stärke- und dazugehörige Kaliumgehalte in Kartoffelknollen aus Praxiserhebungen 1997 bis 2003
Stärke in % der Frischmasse, Kalium in % der Trockenmasse

Sorte	n	Stärke, Mittel	K	Stärke, Minimum	K	Stärke, Maximum	K
Agria	29	16,4	2,03	12,4	2,44	21,5	1,86
Ditta	2	15,1	2,05	14,2	2,20	16,0	1,90
Karlana	14	19,8	1,89	15,9	2,07	21,5	1,77
Marbel	12	12,8	2,04	9,8	2,19	15,3	1,98
Milva	4	14,6	1,92	12,7	2,32	17,0	1,69
Nicola	22	15,9	2,02	11,9	2,19	22,3	1,86
Remarka	3	16,6	2,35	14,4	2,55	20,2	2,23
Satina	14	13,0	2,19	10,0	2,46	17,7	1,86
Secura	4	17,0	2,07	12,8	2,84	20,1	1,85
Solara	16	15,7	2,00	11,3	2,36	18,2	1,85

5 Kalidüngung und Stärkegehalte

Kalium ist ein unentbehrlicher Nährstoff für die Pflanzen. Im Boden liegt Kalium gebunden, aber auch frei in der Bodenlösung vor. Die Pflanzen nehmen Kalium als Kationen (K^+) aus der Bodenlösung sehr schnell auf (geringe Bindungsstärke). Bei Austrocknung des Bodens kommt es leicht zur K-Fixierung durch Einbau in die Tonminerale, sodass es für die Pflanzen nicht mehr verfügbar ist.

In der Pflanze wird Kalium leicht in jeder Richtung transportiert. Hohe K-Gehalte finden sich in Organen mit regem Stoffwechsel. Kalium ist unentbehrlich für die Photosynthese und Atmung. Im Gegensatz zu den anderen Hauptnährstoffen wird Kalium nicht in die organische Substanz eingebaut. Von den einwertigen Kationen ist Kalium aber der „wirksamste Kofaktor der stärkesynthetisierenden Enzyme“ (MALINOWSKA, 1983). Gut mit Kalium versorgte Pflanzen weisen einen niedrigen Transpirationskoeffizienten auf und überstehen Trockenperioden besser.

Kalium wird von allen Nährelementen mengenmäßig am stärksten aufgenommen. Besonders in der Jugendphase erfolgt eine stürmische Aufnahme, die der Ertragsbildung voraus-eilt. Die K-Aufnahme liegt während der gesamten Vegetation weit über der N-Aufnahme (ORLOVIUS, 2004).

5.1 Kaliumgehalte in Kartoffelknollen

„Wesentlich ist ein ausreichend hoher Gehalt an Kalium (K) in der Knolle. Der Richtwert von etwa 2 bis 2,2 Prozent Kalium in der Trockenmasse darf nicht unterschritten werden, angestrebt werden sollte ein K-Gehalt von mindestens 2,5 % in der Trockenmasse. Mit dem K-Gehalt in der Knolle nimmt nämlich der Zelldruck (Turgor) infolge der höheren Wasseraufnahme zu. Damit geht eine Abnahme des Gehalts an Trockensubstanz (TS) und auch an Stärke einher.“ (KERSCHBERGER, 2001 und 2002). BUCHTE und SCHENK (1980) stellen allerdings fest: „Einen K-Gehalt der Knollen von 2,5 % K in der TM durch Steigerung der Kaliumdüngung unter allen Standort- und Jahresbedingungen erzielen zu wollen, ist ... als unreal anzusehen.“

Die höchste Kaliumkonzentration liegt in den Knollen während des Knospenstadiums vor, bis zum Ende des Knollenwachstums sinkt der Gehalt. Das Minimum ist bei Beginn der Knollenreife, bei etwa 75 % der Vegetationszeit erreicht. Während der Knollenreife erfolgt wieder ein Anstieg, da das Knollenwachstum beendet ist (BUCHTE und SCHENK, 1980).

Die Auswertung der Landessortenversuche 2001 bis 2003 ergab, dass in etwa 50 % der Proben ein Kaliumgehalt von über 2,2 % in der Trockenmasse vorhanden war. Durch-

schnittsgehalte sowie Minima und Maxima schwankten jahresabhängig (Tab. 20). Unterschiede zwischen den Reifegruppen konnten nicht festgestellt werden.

Tabelle 20: Kaliumgehalte in Kartoffelknollen (K in % der Trockenmasse)
LSV Thüringen, 2001 bis 2003

	2001	2002	2003
n	124	120	110
Mittel	2,23	2,18	2,37
Minimum	1,72	1,44	1,98
Maximum	2,95	2,60	2,85
n > 2,2 %	59 = 48 %	56 = 47 %	75 = 68 %

5.2 Einfluss der K-Düngung auf die Kaliumgehalte in den Knollen und deren Stärkegehalte

Nach PRUMMEL (1981) hat der K-Versorgungszustand des Bodens eine größere Wirkung auf die Kaliumgehalte in den Knollen als die Düngung. Der Anbau von Speisekartoffeln wird daher auf K-reichen Böden empfohlen. Eine hochsignifikante Beziehung zwischen K-Gehalt im Boden und Kaliumgehalt in der Knolle sowie eine negative Korrelation zwischen K-Gehalt im Boden und Stärkegehalt in der Knolle beschreibt auch KÖSTER (1979).

In Thüringen werden Kartoffeln vorwiegend auf mittleren und schweren Böden angebaut. Langjährige Düngungsversuche haben gezeigt, dass die gewünschten Kaliumgehalte in den Knollen bei mittleren K-Gehalten des Bodens (Gehaltsklasse C) trotz hoher Kaligaben von 260 kg K/ha nicht erreicht wurden (KERSCHBERGER u. a., 2002). Ähnliche Ergebnisse beschreibt MUNZERT (1984): Auf gut mit Kalium versorgten Böden traten in drei Jahren auf vier Standorten keine signifikanten Wirkungen der K-Düngung auf den Kaliumgehalt der Knollen auf.

Dagegen konnten in zweijährigen Versuchen an fünf Standorten auf gut bis sehr gut versorgten Böden mit steigender K-Düngung steigende Kaliumgehalte in den Knollen nachgewiesen werden (MIRSWA, ANSORGE, 1981).

Steigende K-Düngung in Verbindung mit Beregnung, insbesondere nach dem Blühende senkte in den Jahren 1980 und 1981 den Stärkegehalt in Parzellenversuchen. In den trocken gehaltenen Varianten führte die K-Düngung zu einer Erhöhung der Stärkegehalte (VETTER, 1982).

MARSCHNER u. a. (1980) erklären die unterschiedlichen Versuchsergebnisse mit der Abhängigkeit der Kaliumeinlagerung von der Kaliumaufnahme aus dem Boden. Diese wird mit steigendem Tongehalt der Böden und besonders in Verbindung mit abnehmender Wasserverfügbarkeit beeinträchtigt. Ursache dafür sind die mechanische Behinderung des Wurzelwachstums und ein Absinken der Diffusionsrate an Kalium zu den Wurzeln der Kartoffeln.

In der umfangreichen Literatur zur Kalidüngung bei Kartoffeln wird sowohl über einen steigenden, fehlenden oder senkenden Effekt auf den Stärkegehalt berichtet:

- Die Sorte Saturna reagierte in drei Versuchsjahren auf einem Standort mit mittlerem Versorgungszustand (Stufe C) sehr unterschiedlich auf steigende K-Gaben. 1996 sank der Stärkegehalt mit steigenden K-Gaben, 1997 blieb er in allen Düngungsstufen auf etwa gleichem Niveau und 1998 stieg er mit steigender K-Düngung an (ORLOVIUS, 2003).
- In Versuchen auf gut mit K versorgten Standorten konnte MUNZERT (1984) keinen Einfluss der Höhe der K-Düngung auf den Stärkegehalt der Kartoffelknollen feststellen.

- In einem zweijährigen Versuch auf fünf gut mit K versorgten Standorten stellte MIRSWA (1981) einen Rückgang des Stärkegehaltes mit steigenden Kaliumgehalten in Folge steigender K-Düngung fest.
- Unabhängig vom Termin der Ausbringung des K-Düngers (Herbst oder Frühjahr) konnten BUCHTE und SCHENK (1980) in der Hälfte der Messreihen eine Absenkung des Trockensubstanzgehaltes durch steigende K-Düngung nachweisen.

Die Auswertung von 120 Kartoffelproben aus sieben Jahren (siehe Abschnitt 4) führte zu dem Ergebnis, dass nur eine lose Beziehung zwischen dem Kaliumgehalt in den Knollen und dem Stärkegehalt besteht (Abb. 12).

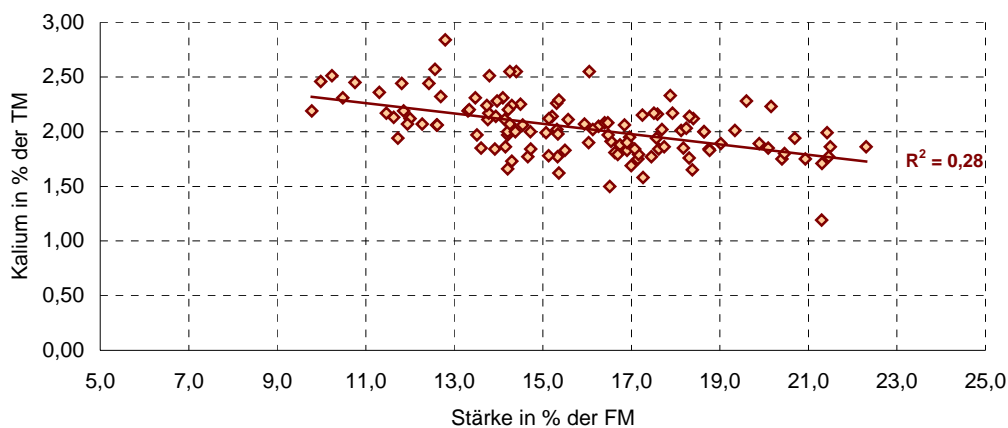


Abbildung 12: Stärke- und Kaliumgehalte in Kartoffelknollen 1997 bis 2003

Aufgrund von Forderungen aus der Praxis nach fundierten Aussagen zur Absenkung des Stärkegehaltes von Speisekartoffeln und der widersprüchlichen Aussagen in der Literatur und nicht eindeutiger Versuchsergebnisse in der Versuchsstation Rohrbach (ANONYM, 2000) wurden in Dornburg zwei Versuche zur Kalidüngung angelegt.

5.2.1 Versuche zur Kali-Blattdüngung zu Kartoffeln

Längere Trockenphasen während der Vegetation führten in den vergangenen Jahren dazu, dass im Boden vorhandenes Kalium von den Pflanzen nicht aufgenommen werden konnte. Als Lösung bietet sich die Darreichung des wichtigen Nährstoffes in flüssiger Form über das Blatt an. In den Jahren 2001 bis 2003 wurden in der Versuchsstation Dornburg die Sorten Afra (mehlig), Satina (vorwiegend festkochend) und Serafina (festkochend) geprüft. Die Blattdüngung erfolgte 6x in wöchentlichem Abstand (je 10 kg K/ha) mit der Rückenspritze. Zum Einsatz kamen die Blattdünger Multi KMg (12 N-o P-43 K) und KRISTA K (13,5 N-o P-46 K).

Beginnend Mitte Juli wurden jede Woche die Stärke- und Kaliumgehalte bestimmt. Als die Sorten den nach Aussage der Züchter optimalen Stärkegehalt erreicht hatten, erfolgte auf einer Hälfte der Parzellen eine Krautminderung, die andere Hälfte sollte ausreifen.

Stellvertretend für den aufwändigen Versuch sind in Tabelle 21 einige Ergebnisse dargestellt. Zusammenfassend können folgende Aussagen getroffen werden:

- Die K-Blattdüngung führte bis auf wenige Ausnahmen zu einer sehr geringen Anhebung des Kaliumgehaltes in den Knollen.

- Eine Senkung der Stärkegehalte konnte nicht festgestellt werden.
- Der Schwarzfleckigkeitsindex war in allen Varianten gleich groß.

Eine Erklärung für die ausgebliebene Wirkung der Blattdüngung könnte im guten Versorgungszustand des Bodens und in einer sortenabhängigen Reaktion auf die Blattdüngung liegen. BUCHTE und SCHENK (1980) stellten eine geringere Wirkung der K-Blattdüngung bei hohen K-Gehalten des Bodens fest und auch eine Sortenabhängigkeit.

In Auswertung des dreijährigen Versuches ist von einer zeit- und kostenintensiven Blattdüngung mit dem Ziel der Qualitätsverbesserung abzuraten.

Tabelle 21: Stärke- und Kaliumgehalte in Kartoffelknollen nach Kali-Blattdüngung

K- Düngung	Stärke in % der FM	Kalium in % der TM	Stärke in % der FM	Kalium in % der TM	Stärke in % der FM	Kalium in % der TM
	Afra		Satina		Serafina	
	2001					
Ohne	19,1	2,07	16,1	2,10	15,3	2,42
Multi KMg	19,0	2,41	16,4	2,27	14,8	2,39
KRISTA K	18,3	2,32	16,2	2,36	14,9	2,42
	2002					
Ohne	-	2,42	12,6	2,31	12,4	2,46
Multi KMg	15,5	2,44	12,2	2,36	12,6	2,39
KRISTA K	15,3	2,45	12,5	2,42	12,4	2,46
	2003					
Ohne	18,0	2,29	14,0	2,34	13,4	2,42
Multi KMg	18,2	2,17	14,1	2,40	13,0	2,46
KRISTA K	17,8	2,17	13,7	2,40	13,5	2,38

5.2.2 Versuche zur Kalidüngung über den Boden

Im Jahr 2003 wurde in der Versuchsstation Dornburg ein Parzellenversuch mit einer mehrligen Sorte (Möwe) angelegt, um die Wirkung von 60er Kali (KCl) und Patentkali (K_2SO_4), breitwürfig ausgebracht bzw. unter Fuß gedüngt mit der Variante ohne Kali zu vergleichen. Gedüngt wurde im Frühjahr auf Nährstoffentzug. Prüfmerkmale sind Stärkegehalt, Kaliumgehalt und die Neigung zur Schwarzfleckigkeit.

Nach drei Versuchsjahren kann festgestellt werden, dass sowohl die Kaliumgehalte in den Knollen als auch die Stärkegehalte auf jahresabhängig unterschiedlichem Niveau lagen. Im Jahr 2003 wurden niedrigere Stärkegehalte verbunden mit höheren Kaliumgehalten als 2004 festgestellt. 2004 waren höhere Stärkewerte und niedrigere Kaliumgehalte vorhanden. Das Jahr 2005 war gekennzeichnet durch niedrigere Stärkegehalte als in den beiden Vorjahren, die Kaliumgehalte lagen zwischen den Werten der beiden Vorjahre (Tab. 22).

Bei ähnlichen Anfangsbedingungen im Frühjahr (2003: 19 mg K/100g Boden, 2004: 14 mg, 2005: 17 mg) und gleicher Düngungshöhe lagen die Kaliumgehalte in den drei Versuchsjahren auf unterschiedlichem Niveau. Eine Beziehung zum Stärkegehalt ist je Jahr tendenziell vorhanden, zwischen den Jahren aber nicht immer (Abb. 13).

Im Mittel der drei Jahre und über alle Düngungsvarianten ist der K-Gehalt der Knollen nach Düngung um 0,1 % höher als ohne K-Zufuhr. In mehreren Einzelfällen liegt der K-Gehalt bei gedüngt sehr nah bei dem von ungedüngt, sodass nicht von einem eindeutigen Einfluss der Kaliumdüngung auf den K-Gehalt der Knollen ausgegangen werden kann.

Die Neigung zur Schwarzfleckigkeit war in beiden Jahren sehr hoch und blieb unbeeinflusst von der K-Düngung. Im Mittel der Jahre konnte mit Hilfe der K-Düngung der Stärkegehalt um 1 % gesenkt werden, wobei der Effekt im Einzelfall deutlich geringer sein kann. Kaliumchlorid wirkte stärker senkend als Kaliumsulfat. Darüber, dass das Chloridion die Assimilationsleistung der Pflanze hemmt, den Abtransport der Assimilate in die Knollen behindert

und damit den Stärkegehalt senkt, herrscht in der Literatur eine einheitliche Meinung (FORSTER, 1981, ORLOVIUS, 2003, PIENZ, 2001).

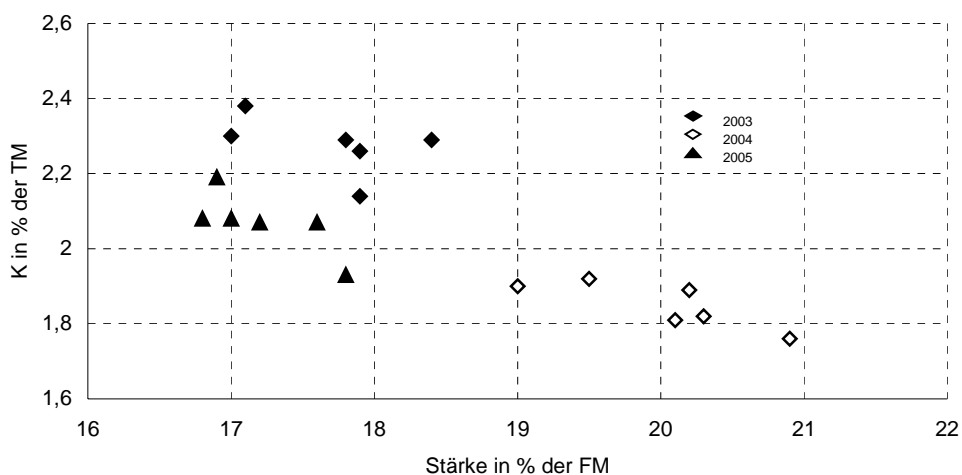


Abbildung 13: Kalium- und Stärkegehalte in Kartoffelknollen
Vergleich der Jahre 2003 bis 2005

Tabelle 22: Stärke- und Kaliumgehalte in Kartoffelknollen und Schwarzfleckigkeitsindex in Abhängigkeit von der K-Düngung, Dornburg Mittelwerte aus 2003 bis 2005

K- Düngungsvariante	Stärke in % der FM			Kalium in % der TM			Schwarzfleckigkeitsindex		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
ohne K	18,4	20,9	17,8	2,29	1,76	1,93	77	87	68
KCl, unter Fuß	17,1	19,5	16,8	2,38	1,92	2,08	60	82	71
K ₂ SO ₄ , unter Fuß	17,8	20,3	17,6	2,29	1,82	2,07	67	90	72
KCl, breitwürfig	17,0	19,0	16,9	2,30	1,90	2,19	70	82	62
K ₂ SO ₄ , breitwürfig	17,9	20,1	17,2	2,26	1,81	2,07	70	84	75
K ₂ SO ₄ , Splitting ¹⁾	17,9	20,2	17,0	2,14	1,89	2,08	75	87	80
Mittelwert K- Düngung	17,5	19,8	17,1	2,27	1,87	2,10			
GD _{t, 05%}	0,60	0,74	-						

¹⁾ 1. Gabe vor dem Pflanzen, 2. Gabe zu Blühbeginn

6 Gezielte Krautminderung zu frühen, zeitlich gestaffelten Terminen

Seit vielen Jahren ist Krautminderung im Pflanzkartoffelanbau als phytosanitäre Maßnahme Standard.

Die ständig steigenden Qualitätsansprüche haben in den letzten Jahren dazu geführt, dass die Krautminderung auch in der Speisekartoffelproduktion ein fester Bestandteil des Produktionsverfahrens wurde. Sie wird durchgeführt als

- phytosanitäre Maßnahme (Krautfäule)
- Maßnahme zur Ernteerleichterung
- Maßnahme zur Festlegung des Erntetermins
- Maßnahme zur Beeinflussung der Gebrauchswerte.

Während der natürlichen Abreife der Kartoffelpflanzen sind bei 70 % Blattverlust Knollenwachstum und Stärkeeinlagerung abgeschlossen (HEERKLOSS, 1981). Die bisherige Empfehlung, die Krautabtötung in Speisekartoffeln nicht vor Einsetzen der natürlichen Abreife

zu platzieren (KÜRZINGER, 2004), ist aus Sicht der Qualitätssicherung zu überdenken, denn Stärkegehalt und Knollengröße können in diesem Entwicklungsstadium bereits über dem gewünschten Maß liegen.

In Parzellenversuchen sollte daher untersucht werden, inwieweit sich die gewünschten Stärkegehalte durch den Termin der Krautminderung beeinflussen lassen und welchen Einfluss dieser auf den Knollenertrag hat. Ziel der Versuche war es, zu frühen, zeitlich gestaffelten Terminen festzustellen, wie sich der Stärkegehalt in der Zeit zwischen Krautabtötung und Ernte und zwischen den Krautminderungsterminen entwickelt und wie sich die frühe Krautminderung auf den Ertrag auswirkt.

6.1 Parzellenversuch in der Agrargenossenschaft „Altenburger Land“ Dobitschen eG

6.1.1 Material und Methoden

In einem Gemeinschaftsprojekt der Friweika e.G. Weidensdorf (Ertrags- und Qualitätsermittlung), der Agrargenossenschaft „Altenburger Land“ Dobitschen (Bereitstellung des Feldes und Durchführung der agrotechnischen Maßnahmen), der Versuchsstation Großenstein des LWA Zeulenroda (technische Durchführung des Versuches) und der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (Versuchsplanung und -auswertung) wurde die Reaktion der festkochend eingestufteten Sorten Exempla, Princess und Simone sowie Afra und Möwe als mehligkochende Sorten auf zeitlich gestaffelte Krautminderungstermine geprüft. Zu jeweils vier Terminen (beginnend Mitte bis Ende Juli) im Abstand einer Woche erfolgte eine mechanische Krautminderung und zusätzlich am folgenden Tag der Einsatz von 2,5 l/ha Reglone mit 1000 l Wasser. Die Reglonespritzung wurde in den frühen Morgenstunden durchgeführt, um die von BENKER (2001) und PAWELZIK (2001) beschriebenen Gefäßbündelverbräunungen, die nach Regloneinsatz bei hohen Lufttemperaturen entstehen können, zu vermeiden. Die Probenahme für die Stärkebestimmung (mit Stärkewaage) erfolgte wöchentlich, erstmalig zeitnah vor der chemischen Krautabtötung und letztmalig zur Ernte, um auch die Entwicklung des Stärkegehaltes nach der Krautminderung zu beobachten. Trotz des geringen Datenumfanges wurde eine lineare Regression geschätzt, um die Entwicklung der Stärkegehalte in den beobachteten drei Wochen zu beschreiben.

Ein wichtiger Qualitätsparameter ist die Neigung der Knollen einer Partie zur Schwarzfleckigkeit. Die Versuchsstation Burkersdorf führte die Schwarzfleckigkeitsprüfung nach den Richtlinien des Bundessortenamtes (ANONYM, 2000) durch.

Zur Ernte wurden 15 m² gerodet, Ertrag und Fraktionierung ermittelt. Eine statistische Verrechnung der Erträge war nicht geplant, da bewusst zu Gunsten der Anzahl Sorten nur zwei Wiederholungen angelegt wurden.

Tabelle 23: Standortbeschreibung AG „Altenburger Land“ Dobitschen eG

Lage:	Ostthüringer Hügelland
Betriebsgröße:	1850 ha
Höhenlage:	240 m
Bodenart:	Löß-Lehm
Ackerzahl:	55
Jahresdurchschnittstemperatur:	8,5 °C
Jahresniederschlagssumme:	583 mm
× Ertrag Kartoffeln:	380 dt/ha
× Ertrag Winterweizen:	72 dt/ha

6.1.2 Ergebnisse

Die Vegetationsperiode **2002** war von langen Trockenperioden gekennzeichnet. Obwohl die Pflanzen unter der Trockenheit litten, kamen die Niederschläge noch rechtzeitig für das Knollenwachstum und die Ertragsbildung.

Im Jahr **2003** war die Vegetationszeit am Standort Dobitschen eine einzige Trockenperiode. Niederschläge fielen sehr wenig und dann oft in geringen, für die Pflanzen nicht nutzbaren Mengen.

Die Vegetation **2004** begann mit einem starken Bodenwasserdefizit. Ein ausreichendes Wasserangebot gab es in Dobitschen nur im Juli. Hohe Tagestemperaturen und Wind in den Monaten Juni bis August verursachten starke Verdunstung.

Der unterschiedliche Witterungsverlauf spiegelt sich auch in den Versuchsergebnissen wider.

6.1.2.1 Die Entwicklung der Stärkegehalte zwischen Krautminderung und Ernte

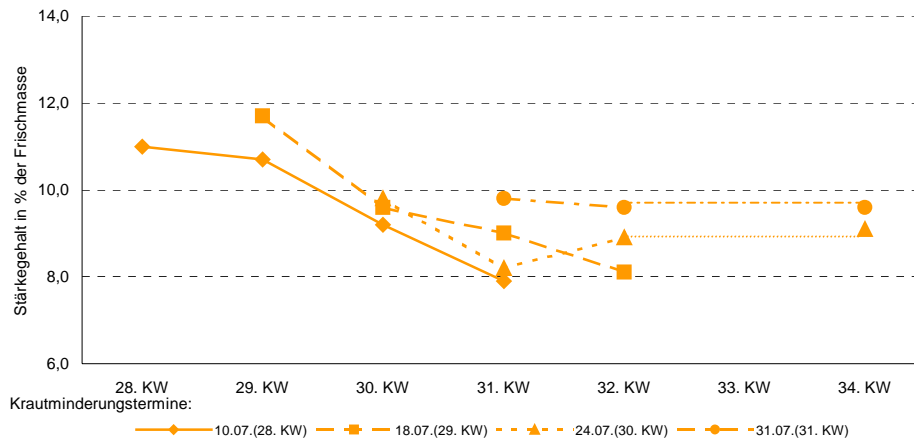
Die fünf geprüften Sorten reagierten auf die Witterung nach der Krautminderung mit vergleichbaren Veränderungen im Stärkegehalt, in Abbildung 13 am Beispiel von Princess dargestellt.

Im Jahr 2002 fielen zu allen Terminen wenige Tage nach der Krautminderung teils ergiebige Niederschläge. Es trat der bei BENKER (1999) beschriebene Effekt ein, wonach der Stärkegehalt nach dem Regloneeinsatz sinkt. In unseren Versuchen betrug der Rückgang bis zu 2,1 %. Ursache dafür ist das noch über einige Tage nach der Regloneapplikation intakte Wurzelsystem der Pflanzen, das ein Knollenwachstum nach Niederschlägen möglich macht. Stärkeeinlagerung findet nicht mehr statt (der Blattapparat ist abgestorben) und es kommt zur „Verdünnung“ des Stärkegehaltes in den Knollen.

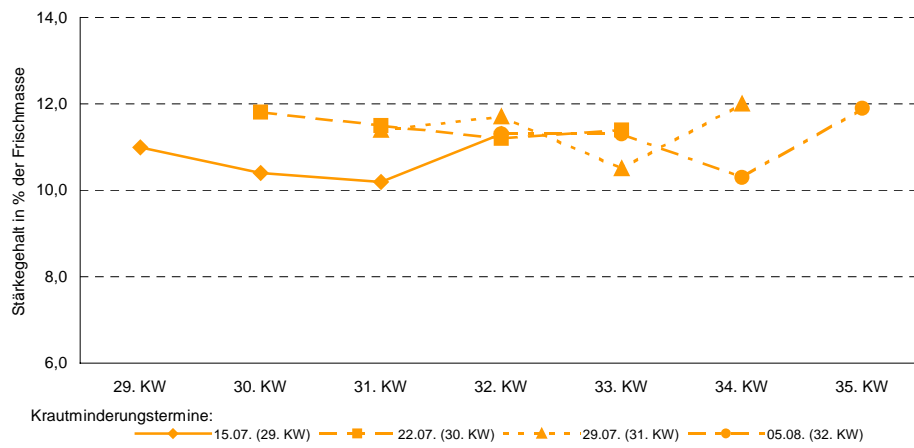
Das Jahr 2003 war von starker Trockenheit geprägt, sodass sich die Stärkegehalte nach der Krautminderung nur geringfügig um 0,1 % im Mittel verringerten.

Die geringen Niederschlagsmengen von 19 mm in der 33. und 34. Kalenderwoche 2004 reichten für ein Knollenwachstum nach der Krautminderung aus, sodass der oben beschriebene Verdünnungseffekt eintrat.

2002



2003



2004

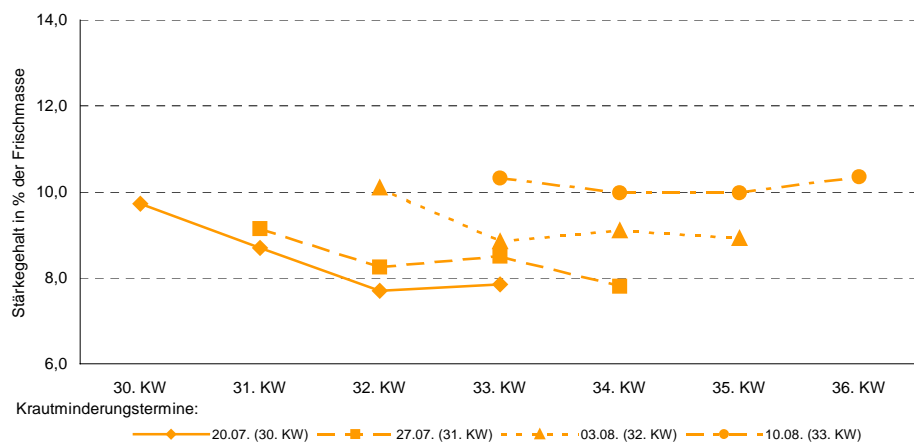


Abbildung 13: Entwicklung des Stärkegehaltes zwischen Krautminderung und Ernte Agrotechnischer Versuch Dobitschen, Sorte Princess 2002 bis 2004

6.1.2.2 Stärkegehalte am Erntetag

Der Stärkegehalt am Erntetag betrug im Versuchsmittel in 2002 11 %, 2003 14,3 % und 2004 13,1 %. Starke Unterschiede traten zwischen den Sorten sowohl in der Höhe des Stärkegehaltes als auch in der Zunahme zwischen den Krautminderungsterminen auf. Dabei wirkte sich die Jahreswitterung sortenabhängig sehr unterschiedlich aus. Als Beispiel hierfür werden in Abbildung 14 die mehligkochenden Sorten dargestellt.

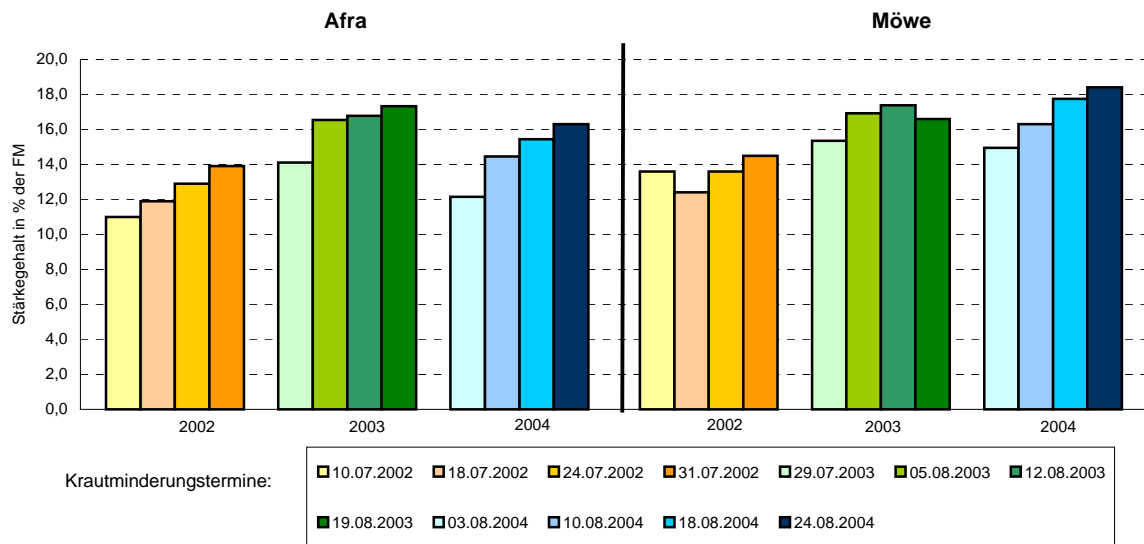


Abbildung 14: Stärkegehalt der mehligkochenden Sorten Afra und Möwe am Erntetag in Abhängigkeit vom Termin der Krautminderung
Vergleich 2002, 2003 und 2004

Die Stärkegehalte der mehligkochenden Sorten Afra und Möwe lagen in den drei Versuchsjahren auf höherem Niveau als die der festkochenden Exempla, Princess und Simone. Die Beschreibung des zeitlichen Verlaufs der Stärkeeinlagerung erfolgte mittels Regressionsanalyse. Die lineare Regression beschreibt die in Tabelle 24 dargestellten wöchentlichen Anstiege im Stärkegehalt (a) und das Bestimmtheitsmaß (B). Folgendes wird deutlich:

- Übereinstimmend hatten alle Sorten im Jahr 2004 den höchsten Stärkeanstieg in den drei beobachteten Wochen.
- Der Stärkezuwachs innerhalb einer Woche war bei den Sorten in den Jahren unabhängig vom Kochtyp unterschiedlich.
- Es gibt Sorten mit einem relativ stabilen Verhalten im Stärkezuwachs (hohes Bestimmtheitsmaß). Das waren im Versuch die mehligkochende Afra und die festkochende Princess. Bei den drei anderen geprüften Sorten schwankten sowohl die Zunahme der Stärkegehalte im Beobachtungszeitraum als auch die absolute Höhe der Stärkegehalte.

Tabelle 24: Anstieg (a) der Stärkegehalte in Kartoffelknollen innerhalb einer Woche und Bestimmtheitsmaß (B), lineare Regression

Jahr		Afra (mehlig)	Möwe (mehlig)	Exempla (fest)	Princess (fest)	Simone (fest)
2002	a, (B)	0,96, (0,91)	0,38, (0,30)	0,28, (0,33)	0,57, (0,84)	0,40, (0,51)
2003	a, (B)	1,05, (0,76)	0,44, (0,32)	0,37, (0,43)	0,25, (0,66)	1,17, (0,82)
2004	a, (B)	1,42, (0,88)	1,20, (0,96)	1,15, (0,87)	0,82, (0,79)	1,23, (0,92)

6.1.2.3 Ertrag und Fraktionierung

Die Gesamterträge lagen in den drei Versuchsjahren, bedingt durch das unterschiedliche Wasserangebot, auf verschieden hohem Niveau. In den Jahren 2002 und 2004 stieg der Ertrag von einem Krautminderungstermin zum nächsten bei allen Sorten an, 2003 war wegen der Trockenheit kein Ertragszuwachs zu beobachten. Jahresbedingt wuchsen mehr kleinere Kartoffeln bis 60 mm (2002, 2003) oder mehr größere als 80 mm heran (2004) (Abb. 15). Eine statistische Verrechnung der Erträge war nicht möglich, da zu Gunsten der Sortenvielfalt nur zwei Wiederholungen angelegt wurden. Zum letzten Krautminderungstermin im Versuch hatten die Sorten ihr Ertragspotenzial noch nicht ausgeschöpft.

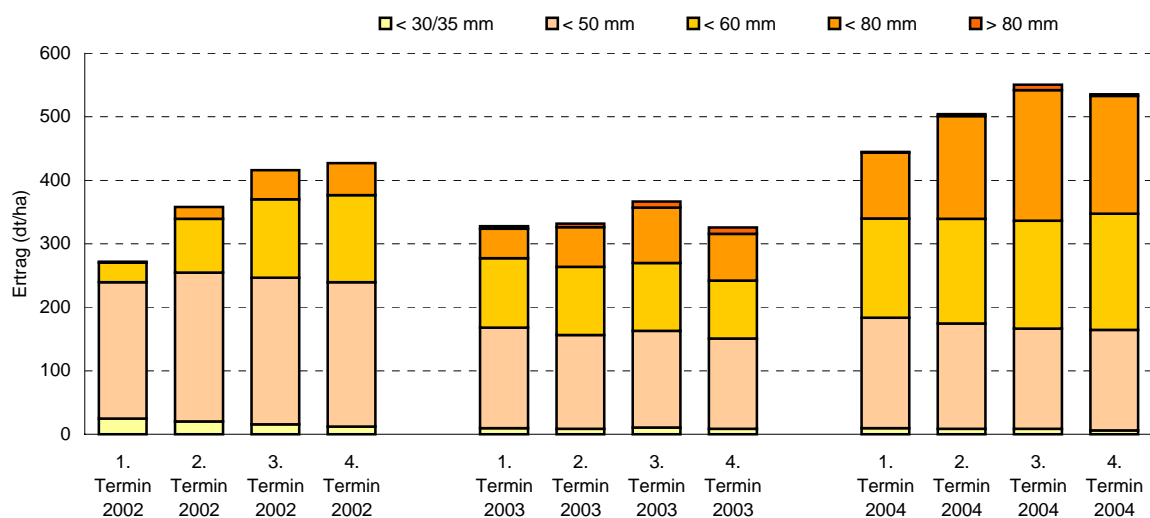


Abbildung 15: Ertrag und Fraktionierung in Abhängigkeit vom Termin der Krautminderung
Mittelwerte der fünf geprüften Sorten

6.1.2.4 Ertrag und Stärkegehalt

Ertrag und Stärkegehalt werden stark von der Jahreswitterung beeinflusst. Die Hypothese, dass in Jahren mit niedrigen Erträgen besonders viel Stärke eingelagert wird, konnte in den drei Versuchsjahren weder bei den fest- noch bei den mehligkochenden Sorten bestätigt werden. Einen Zusammenhang zwischen Ertragshöhe und Stärkegehalt gab es nicht ($B = 0,00$).

6.1.2.5 Stärkegehalt und Neigung zur Schwarzfleckigkeit

Das Maß für die Neigung zur Schwarzfleckigkeit ist der Schwarzfleckigkeitsindex. Er wird ermittelt, indem ein definiertes Volumen (6 l) Knollen eine anhand von Standardsorten festgelegte Zeit mechanisch belastet und anschließend auf Schwarzfleckigkeit bonitiert wird. Es erfolgt eine Einstufung in 4 Klassen: ohne, leichte, mittlere und starke Schwarzfleckigkeit. Die Ergebnisse fließen gewichtet in den Index ein, der zwischen 0 und 100 betragen kann.

Die Neigung zur Schwarzverfärbung nach mechanischer Belastung ist sorten- und witterungsabhängig. Mit fortschreitender Pflanzenentwicklung in Richtung Reife erhöht sie sich. Bei den geprüften Sorten zeigte sich tendenziell eine Erhöhung der Neigung zur Schwarzfleckigkeit mit erhöhtem Stärkegehalt. Die Tendenz war bei den mehligten Sorten stärker ausgeprägt als bei den festkochenden (Abb. 16 + 17).

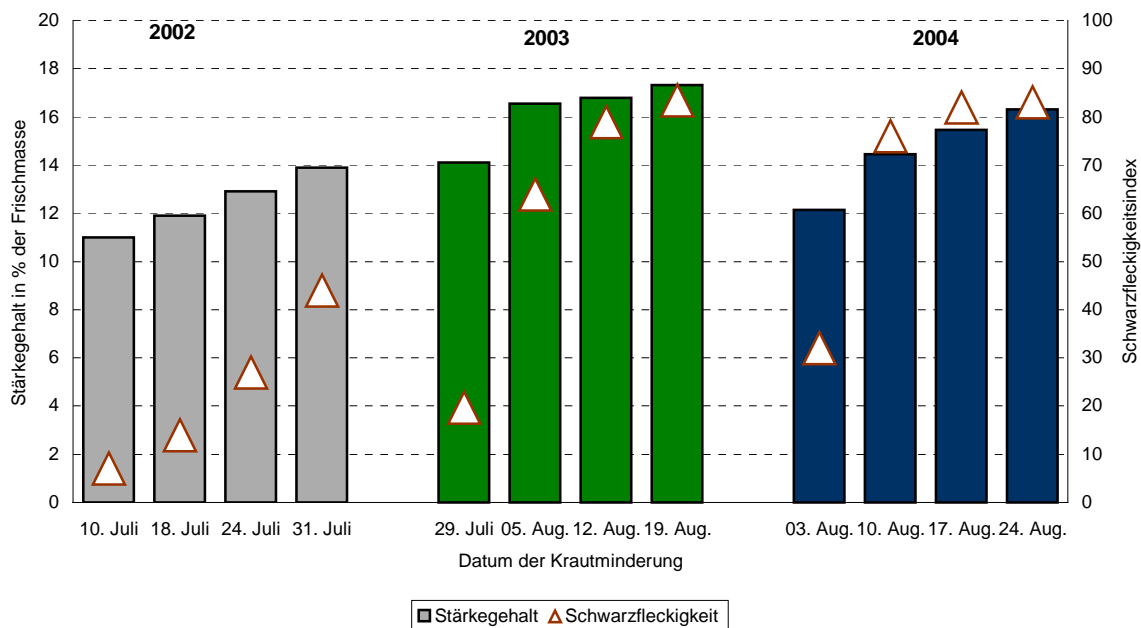


Abbildung 16: Stärkegehalt und Schwarzfleckigkeit Sorte Afra, 2002 bis 2004

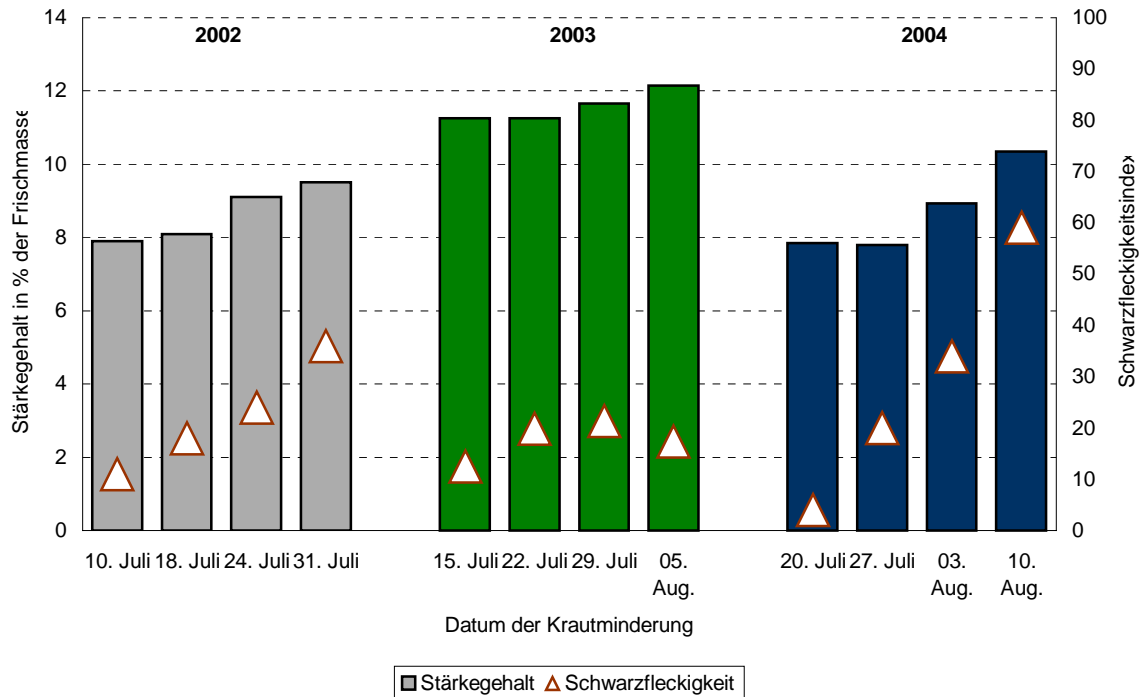


Abbildung 17: Stärkegehalt und Schwarzfleckigkeit Sorte Princess, 2002 bis 2004

6.2 Parzellenversuch in den Versuchsstationen Dornburg und Kirchengel

6.2.1 Material und Methoden

In Ergänzung des Versuches in der Agrargenossenschaft Dobitschen (siehe 6.1) wurde 2004 und 2005 in den Versuchsstationen Kirchengel und Dornburg ein Parzellenversuch mit den vorwiegend festkochenden Sorten Marabel, Milva und Valisa angelegt. Ziel der Versuche war, Erkenntnisse zu weiteren Sorten zu erhalten und eventuelle Standorteinflüsse zu erkennen. Zu Gunsten der Anzahl Sorten und Krautminderungstermine konnten nur zwei Wiederholungen angelegt werden. Die Krautminderung erfolgte mechanisch-chemisch kombiniert, beginnend Mitte Juli, in wöchentlichem Abstand. Drei Wochen nach der Krautminderung wurde geerntet, Ertrag und Fraktionierung festgestellt sowie Stärke- und Kaliumgehalt und Neigung zur Schwarzfleckigkeit.

6.2.2 Ergebnisse

6.2.2.1 Die Entwicklung der Stärkegehalte zwischen Krautminderung und Ernte

In dem Parzellenversuch in der AG Dobitschen wurden in wöchentlichem Abstand, beginnend am Tag der Krautminderung, die Stärkegehalte bestimmt. Es zeigte sich, dass die Entwicklung der Stärkegehalte stark von der Witterung im Anschluss an die Krautminderung abhängig ist (siehe 6.1.2.1). In dem hier beschriebenen Parzellenversuch wurde deshalb auf die aufwändige wöchentliche Stärkebeobachtung verzichtet.

6.2.2.2 Stärkegehalte am Erntetag

Da sich sowohl die Stärke- als auch die Kaliumgehalte in den Knollen sortenabhängig von einem Krautminderungstermin zum nächsten unterschiedlich entwickelt haben, sind Verallgemeinerungen nicht möglich und die Ergebnisse werden nach den Sorten getrennt diskutiert.

Marabel lagerte im Jahr 2004 in dem fünfwöchigen Beobachtungszeitraum an beiden Standorten etwa 1,5 % Stärke ein. Dabei sank der Kaliumgehalt in Kirchengel um 0,5 %, während er in Dornburg gleich blieb. 2005 war in Kirchengel ein deutlicher Stärkezuwachs bei stabilem Kaligehalt zu verzeichnen, in Dornburg änderten sich beide Merkmale kaum (Abb. 18).

Milva zeigte 2004 an beiden Standorten deutliche Stärkezuwächse bei sinkenden Kaliumgehalten. Auch im Jahr 2005 gingen die K-Gehalte in den Knollen mit steigenden Stärkegehalten zurück, wobei der Stärkezuwachs in Kirchengel mit 5,1 % deutlich höher war als in Dornburg mit 1,7 % (Abb. 19).

Die Stärkegehalte der Sorte *Valisa* lagen in beiden Versuchsjahren und an beiden Standorten auf höherem Niveau als die der beiden anderen Sorten. 2004 stieg der Gehalt in Kirchengel um 2 % bei sinkenden Kaligehalten. In Dornburg blieben beide Merkmale beinahe unverändert. 2005 sanken die Stärkewerte an beiden Standorten, die Kaligehalte stiegen leicht an (Abb. 20).

Da im Versuch die Tendenz des in der Literatur beschriebenen Zusammenhanges (KERSCHBERGER, 2001 und 2002) zwischen Kalium- und Stärkegehalt zu erkennen war, wurde trotz des geringen Datenumfanges eine statistische Verrechnung vorgenommen. Ein Bestimmtheitsmaß von 0,5 konnte nur für die Sorte *Marabel* und den Standort Dornburg ermittelt werden, alle anderen lagen weit darunter. Für diesen Versuch lässt sich also nur eine lockere Wechselwirkung zwischen den beiden Merkmalen bestätigen.

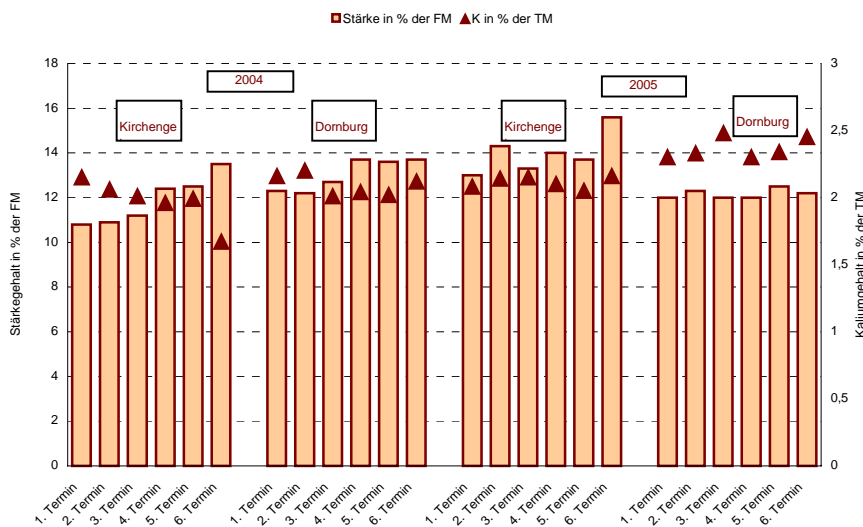


Abbildung 18: Stärke- und Kaliumgehalt in Kartoffelknollen der Sorte *Marabel* in Abhängigkeit vom Termin der Krautminderung
ATV Dornburg und Kirchengel 2004 und 2005

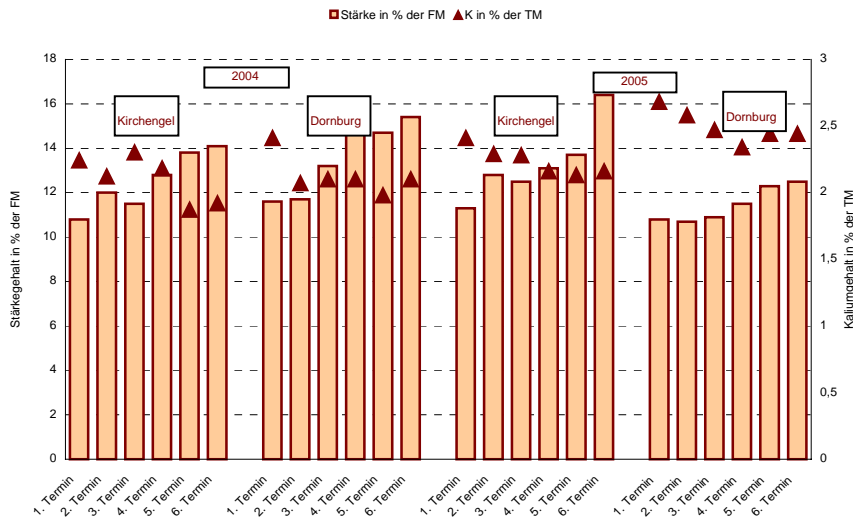


Abbildung 19: Stärke- und Kaliumgehalt in Kartoffelknollen der Sorte Milva in Abhängigkeit vom Termin der Krautminderung
ATV Dornburg und Kirchengel 2004 und 2005

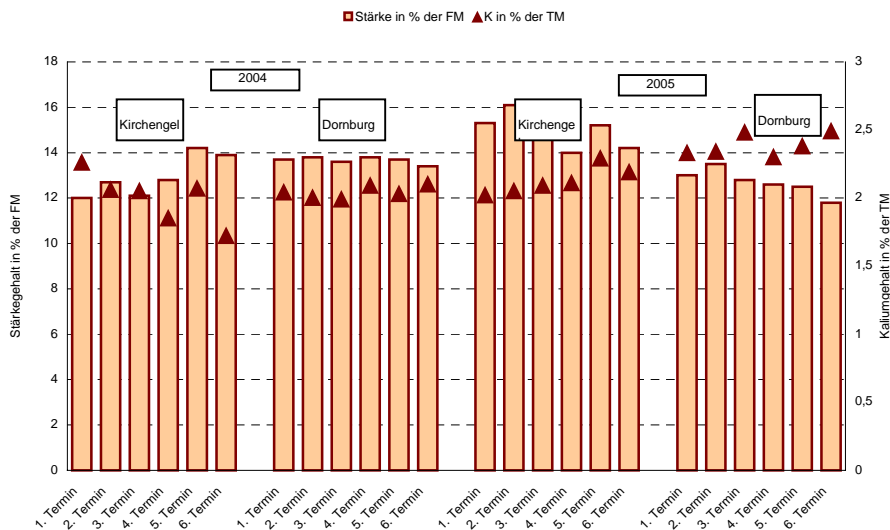


Abbildung 20: Stärke- und Kaliumgehalt in Kartoffelknollen der Sorte Valisa in Abhängigkeit vom Termin der Krautminderung
ATV Dornburg und Kirchengel 2004 und 2005

6.2.2.2 Ertrag und Fraktionierung

Wie erwartet, stiegen die Erträge von einem Krautminderungstermin zum nächsten, in Abhängigkeit von der Sorte und der Witterung, unterschiedlich stark an. Der Mehrertrag resultierte an beiden Standorten aus dem steigenden Anteil Übergrößen (Tab. 25).

Tabelle 25: Knollenertrag und Fraktionierung in Abhängigkeit vom Termin der Krautminderung Mittel der drei Sorten und zwei Jahre

	Dornburg				Kirchengel			
	Gesamt (dt/ha)	Anteil der Fraktionen (%)			Gesamt (dt/ha)	Anteil der Fraktionen (%)		
		< 35 mm	35-65 mm	65 mm		< 35 mm	35-65 mm	65 mm
1. Termin	391	7	81	11	327	11	42	47
2. Termin	480	5	76	19	371	9	41	51
3. Termin	564	4	67	29	435	9	33	58
4. Termin	577	4	64	31	479	9	30	61
5. Termin	595	4	59	37	500	7	30	63
6. Termin	610	4	61	35	476	7	25	68

6.2.2.3 Ertrag und Stärkegehalt

Ertrag und Stärkegehalt werden stark von der Jahreswitterung beeinflusst. Die Hypothese, dass in Jahren mit niedrigen Erträgen besonders viel Stärke eingelagert wird, konnte auch in diesen Versuchen nicht bestätigt werden. Einen Zusammenhang zwischen Ertragshöhe und Stärkegehalt gab es nicht ($B = 0,00$).

6.2.2.4 Stärkegehalt und Neigung zur Schwarzfleckigkeit

Das Maß für die Neigung zur Schwarzfleckigkeit ist der Schwarzfleckigkeitsindex. Er wird ermittelt, indem ein definiertes Volumen (6 l) Knollen eine anhand von Standardsorten festgelegte Zeit mechanisch belastet und anschließend auf Schwarzfleckigkeit bonitiert wird. Es erfolgt eine Einstufung in 4 Klassen: ohne, leichte, mittlere und starke Schwarzfleckigkeit. Die Ergebnisse fließen gewichtet in den Index ein, der zwischen 0 und 100 betragen kann.

Die Neigung zur Schwarzverfärbung nach mechanischer Belastung ist sorten- und witterungsabhängig. Mit fortschreitender Pflanzenentwicklung in Richtung Reife erhöht sie sich. Bei den geprüften Sorten zeigte sich tendenziell eine Erhöhung der Neigung zur Schwarzfleckigkeit mit erhöhtem Stärkegehalt (Tab. 26).

Tabelle 26: Stärkegehalte (in % der Frischmasse) und Schwarzfleckigkeitsindex (SFI) in Abhängigkeit vom Termin der Krautminderung Mittel der drei Sorten

	2004				2005			
	Dornburg		Kirchengel		Dornburg		Kirchengel	
	Stärke	SFI	Stärke	SFI	Stärke	SFI	Stärke	SFI
1. Termin	12,5	14	11,2	8	11,9	3	13,2	5
2. Termin	12,5	23	11,9	13	12,2	4	14,4	10
3. Termin	13,1	30	11,6	16	11,9	4	13,7	13
4. Termin	14,1	32	12,6	36	12,0	6	13,7	10
5. Termin	14,0	35	13,5	49	12,4	6	14,2	12
6. Termin	14,1	38	13,8	66	12,2	7	15,5	27

6.3 Zusammenfassung

Jahresabhängig sehr unterschiedliche Stärkegehalte in Kartoffelsorten führen zu veränderten Kocheigenschaften und damit zu Problemen bei der Vermarktung.

Mit einer frühen Krautminderung, also lange vor Einsetzen der physiologischen Reife, lässt sich der gewünschte Stärkegehalt einstellen. Die Entwicklung des Stärkegehaltes in Kartoffelknollen nach mechanischer und/oder chemischer Krautminderung ist von der Witterung abhängig. Bei Trockenheit in den Tagen nach der Krautminderung sinkt der Stärkegehalt in geringem Maß (weniger als 0,5%). In Folge von Niederschlägen nach der Krautminderung kann es zu einem Rückgang im Stärkegehalt um bis zu 2 % kommen.

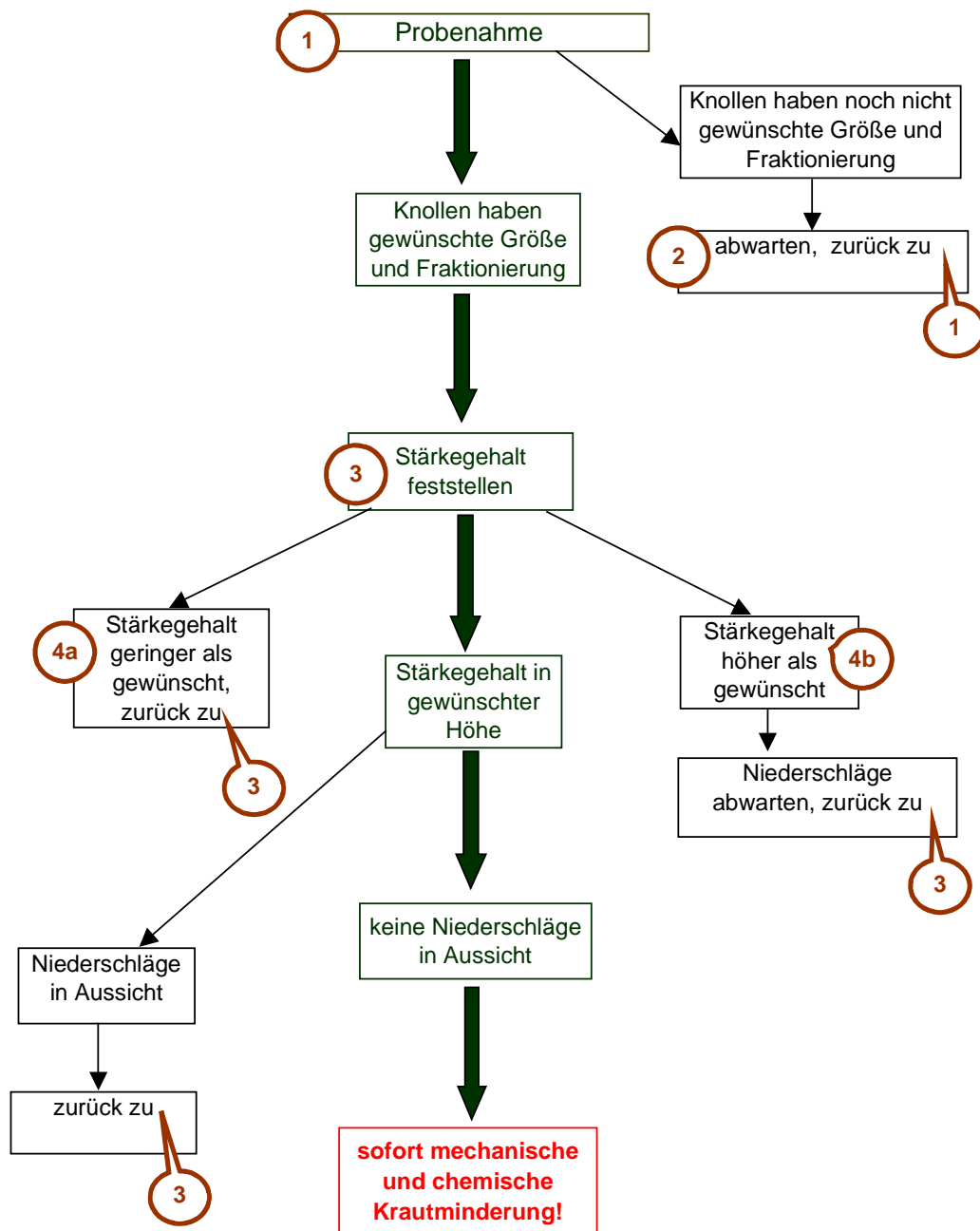
Frühe Krautminderung mit dem Ziel der Qualitätssicherung bedeutet Verzicht auf Ertrag. Da die Sorten sehr unterschiedlich auf die Jahreswitterung reagieren, sind Verallgemeinerungen für den richtigen Termin der Krautminderung nicht möglich. In Abhängigkeit von der Wetterlage hat der Landwirt nur die Möglichkeit, ab Mitte Juli Proberodungen durchzuführen und den Stärkegehalt zu bestimmen. Nur so lässt sich der optimale Termin für die Krautminderung für den konkreten Standort und die angebaute Sorte finden.

7 Entscheidungsschlüssel zur Festlegung des Termins der Krautminderung

Die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Beobachtungen und Versuchsergebnisse führen zu der Schlussfolgerung, dass der gewünschte Stärkegehalt mit einer frühen Krautminderung einstellbar ist. Die Sorten haben ein sehr unterschiedliches Potenzial, Stärke einzulagern. Das heißt,

- sie unterscheiden sich im möglichen Gesamtstärkegehalt,
- sie lagern in einem kurzen Zeitraum (1 Woche) unterschiedlich viel Stärke ein und
- sie reagieren sehr differenziert auf die Witterung und den Standort.

Die Entscheidung, wann die Krautminderung durchgeführt werden soll, kann also in jedem Jahr, auf dem aktuellen Standort und für die spezielle Sorte nur nach Probenahme und Stärkebestimmung erfolgen. Eine Entscheidungshilfe für den Landwirt soll Abbildung 21 sein.



- 1 Beginn der Probenahme in Abhängigkeit von der Witterung und der Reifegruppe Mitte bis Ende Juli
- 2 erneute Probenahme nach 1 bis 2 Wochen, spätestens 1 Wo. nach Niederschlägen
- 4a erneute Probenahme nach 1 bis 2 Wochen, abh. davon, wieviel Stärke noch fehlt
- 4b erneute Probenahme 1 Woche nach Niederschlägen

Abbildung 21: Entscheidungsschlüssel zur Festlegung des Termins der Krautminderung

8 Zusammenfassung

Stärke ist der Reservestoff der Kartoffelknollen. Sie trägt zur Geschmacksbildung bei und beeinflusst die Kocheigenschaften. Hohe und sehr hohe Stärkegehalte führten in den vergangenen Jahren dazu, dass Speisekartoffeln nicht mehr dem Kochtyp entsprachen, in den sie bei der Zulassung durch das Bundessortenamt eingestuft waren. In der Folge konnten ganze Partien nicht als Speisekartoffeln vermarktet werden.

Die Forderung aus der Praxis nach einer praktikablen Möglichkeit zur Einstellung des Stärkegehaltes führte zur Bearbeitung des Themas mit folgenden Ergebnissen:

Das Vermögen einer Kartoffelsorte, Stärke einzulagern, ist, in Grenzen, genetisch festgelegt. Einen großen Einfluss auf den Stärkegehalt haben Standort (schwere Böden → hohe Stärkegehalte, leichte Böden → niedrige Stärkegehalte) und Witterung (feucht, sonnenarm und kühl → geringe Stärkegehalte). In umfangreichen Versuchen und Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass die Sorten

- unabhängig vom Kochtyp ein bestimmtes Stärkeeinlagerungspotenzial haben,
- in einem definierten Zeitraum unter gleichen Bedingungen unterschiedlich viel Stärke einlagern und
- sehr differenziert auf die Standortbedingungen reagieren.

In der Literatur werden die Möglichkeiten, mit der K-Düngung Einfluss auf den Stärkegehalt zu nehmen, gegensätzlich diskutiert. Eigene Versuche führten nach K-Düngung im Frühjahr (nach Entzug) im Mittel der K-Düngungsvarianten zu einer Absenkung um 1 %.

Mit der K-Blattdüngung konnte in dreijährigen Versuchen mit drei Sorten weder eine Senkung der Stärkegehalte, noch eine Erhöhung der Kaliumgehalte in den Knollen oder eine Verringerung der Neigung zur Schwarzfleckigkeit erreicht werden.

Nach Auswertung eines umfangreichen Datenpools ergab sich eine lose negative Korrelation zwischen dem Kalium- und Stärkegehalt in den Knollen.

Gezielte Krautminderung zu einem frühen Termin, als Kompromiss zwischen Ertrag und Qualität, ist eine sichere Methode zur Einstellung des gewünschten Stärkegehaltes. Um den optimalen Termin zu ermitteln, sind regelmäßige Probenahme und Stärkebestimmung während der Vegetation (z. B. anhand des Entscheidungsmodells) erforderlich.

Im modernen Kartoffelbau ist es notwendig, stabil hohe Erträge zu produzieren und gleichzeitig den ständig wachsenden Qualitätsanforderungen der Verbraucher gerecht zu werden. Die Kombination aus gezielter Kaliumdüngung im Frühjahr und Krautminderung zu einem Termin, an dem ausreichend Ertrag gewachsen und der gewünschte Stärkegehalt erreicht ist, ist eine praktikable Möglichkeit, diesen Anforderungen gerecht zu werden.

9 Literaturverzeichnis:

- ALBRECHT, M. Ergebnisse des Bewässerungsversuches in Straußfurt, mündliche Mitteilung, 2002
- ANONYM: Beschreibende Sortenliste Kartoffeln, Deutscher Landwirtschaftsverlag 2004
- ANONYM: Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen, Bundessortenamt 2000
- ANONYM: Richtlinie für die Koch- und Speiseprüfung mit Speisekartoffeln, mündliche Mitteilung Bundessortenamt 1995
- ANONYM: Versuchsergebnisse der Versuchsstation Rohrbach, mündliche Mitteilung 2000
- BENKER, M. und H. –H. HOPPE: Wirken sich Krautminderungsverfahren auf die Qualität von Kartoffeln aus? In: Kartoffelbau, 52. Jg. (7/2001), S. 292 – 297
- BENKER, M.: Einfluß der Krautminderung und Krautabtötung auf die Entwicklung, den Ertrag und die Qualität von Kartoffeln, Diss. Göttingen 1999
- BRÜCKMANN, v. LANGSDORF, NOBBE, OEHMICHEN, PIETRUSKY: Die Kartoffel und ihre Kultur. Amtlicher Bericht über die Kartoffel-Ausstellung zu Altenburg (1876)
- BUCHTE, M. und R. SCHENK Wirkung der Kaliumdüngung zu Kartoffeln auf ausgewählte Qualitätsmerkmale, Kaliumgehalt und Ertrag. Diss. Humboldt-Universität Berlin, 1980
- HEERKLOSS, B.: Charakterisierung der Erntereife von Kartoffelknollen und Einfluß der Krautabtötung auf einige physiologische und biochemische Parameter, Arch. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin 25 (1981) 10, S. 621 - 628
- HOFFERBERT, H.- R.: Bodenart und Kartoffelqualität, KTBL- Schrift 314, 1986
- HUNNIUS, W.: Welche Faktoren beeinflussen Stärkebildung und Stärkegehalt der Kartoffel?, in: Die Stärkekartoffel, 17. Jg., 1/1972, S.1 - 4
- HUNNIUS, W.: Veränderung des Stärkegehaltes bei Abreife der Kartoffel, in: Der Kartoffelbau, 12/1976, S. 359
- FORSTER, H.: K- Bedarf und K- Versorgung von Kartoffeln, Kali- Briefe (Büntehof) 15 (12), S. 745 - 760
- FRICKE, E.: Kartoffeln brauchen eine gesicherte Wasserversorgung! In: Kartoffelbau, 55. Jg. (3/2004), S. 76 - 79
- FRICKE, E.: Kein Kartoffelanbau ohne gesicherte Wasserversorgung! In: Kartoffelbau, 56. Jg. (3/2005), S. 86 - 89
- KERSCHBERGER, M. und H. SCHRÖTER: Kali prägt die Knollenqualität, in: Bauernzeitung 27/2001, S. 21 - 22
- KERSCHBERGER, M., H. HESS und H. SCHRÖTER: Viel Kali für Speiseknollen in: Bauernzeitung 16/2002, S. 18 - 19
- KOLBE, H.: Einflussfaktoren auf die Inhaltsstoffe der Kartoffel, Teil 1: Trockensubstanz und Stärke in: Kartoffelbau, 46. Jg. (10/1995), S. 404 - 411
- KÖSTER, W. und J. P. OHMS: Einfluß der Kaliumversorgung auf den Stärkegehalt der Kartoffel, in: Kartoffelwirtschaft 32. Jg. (33/1979), S. 4 - 5
- KÜRZINGER, W.: Krautabtötung, Fester Bestandteil in der Produktionstechnik zur Sicherung der Kartoffelqualität, in: Kartoffelbau 55. Jg., (6/2004), S. 213 – 215

- MALINOWSKA, G.: Untersuchungen zum Einfluß der Kaliumernährung auf Ertrag und Stärkeakkumulation von Kartoffelknollen. Diss. Universität Hannover, 1983
- MARSCHNER, H. und A. KRAUSS: Beziehungen zwischen Kaliumgehalt und Qualität von Kartoffeln, in: Der Kartoffelbau 31. Jg., (2/1980), S. 65 – 67
- MIRSWA, W. und H. ANSORGE: Einfluß der K- Düngung auf Ertrag und Qualität der Kartoffeln, Arch. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin 25 (1981), S. 165 - 171
- MUNZERT, M. und U. HEGE: Zur Höhe der Kalidüngung und zur Frage eines sortenspezifischen Kalibedarfs der Kartoffel auf gut versorgten Böden, Aus der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau München- Freising, 1984
- ORLOVIUS, K.: Kali-Düngung auf die Verwertungsrichtung der Kartoffel ausrichten, in: Kartoffelbau 54. Jg., (1/2/2003) S. 44 - 48
- ORLOVIUS, K.: Qualität und Ertrag verbinden, in: Kartoffelbau 55. Jg., (3/2004) S. 67 - 69
- PAWELZIK, E.. und M. BENKER, F. STUKE, H. – H. HOPPE: Veränderungen von Inhaltsstoffen in der Kartoffelknolle nach chemischer Krautminderung, in: Kartoffelbau 52. Jg., (7/2001), S. 298 – 302
- PIENZ, G.: Versuchsergebnisse zur K- Düngung von Stärkekartoffeln der LFA Mecklenburg- Vorpommern, mündliche Mitteilung, 2001
- PRUMMEL, J.: Kalidüngung und Kartoffelqualität. In: Der Kartoffelbau 32. Jg., (3/1981), S. 73 - 76
- PUTZ, B.: Kartoffel-Lexikon, Behr`s Verlag Hamburg, 1999
- PUTZ, B.: Kartoffeln – Züchtung, Anbau, Verwertung, Behr`s Verlag Hamburg, 1989
- VETTER, A.: Untersuchungen zum Einfluß unterschiedlicher Bodenfeuchtevarianten sowie Stickstoff- und Kaliumdüngung auf den Ertrag und ausgewählte Qualitätsparameter von Kartoffeln der Reife- gruppe vier auf einer Decksandlöß- Braunschwarzerde Diss., MLU Halle- Wittenberg, 1982
- WINKELMANN, H.- H.: Einfluss von N- Düngung und Beregnung auf den Ertrag und die Stärkegehalte in 2003 und 2004, In: Kartoffelbau, 56. Jg. (3/2005), S. 90 - 92