

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

Gustav-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig

Internet: <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl>

Bearbeiter: Dr. Hartmut Kolbe, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig

E-Mail: hartmut.kolbe@smul.sachsen.de

Tel.: 0341/9174-149 Fax.: 0341/9174-111

Düngung und Qualität von Kartoffeln verschiedener Verwertungsrichtungen

1. Einleitung

Im Vergleich zu anderen Kulturarten sind Kartoffeln gekennzeichnet durch eine Vielzahl an unterschiedlichen Qualitätsanforderungen. Für den Rohstoff Kartoffelknollen umfassen die wichtigsten Qualitätskriterien eine Reihe äußerer und innerer Eigenschaften und den Gebrauchswert (Tab. 1).

Tabelle 1:

Überblick über die Qualitätskriterien von Kartoffelknollen

Kategorien	Kriterien
Äußere Qualität	Äußere Beschaffenheit: z.B. Augentiefe, Knollenform, Knollensortierung, Frischegrad, Keimungsgrad Äußere Mängel: Krankheitsbefall z.B. Schorf, Fäulnis, Verfärbungen, Beschädigungen
Innere Qualität	Gehalte an wertgebenden Inhaltsstoffen: z.B. Trockensubstanz, Stärke, Eiweiß, Vitamine, Mineralstoffe, Gehalte an wertmindernden Inhaltsstoffen: z.B. Nitrat, Schwermetalle, Kontaminationen Innere Beschaffenheit: Verfärbungen, Fäulnis, Beschädigungen, Eigenschaften des Knollenfleisches
Gebrauchswert und technologische Qualität	Biologischer bzw. ernährungsphysiologischer Wert, Bekömmlichkeit, Geschmack, Lagerfähigkeit, Koch-, Fritier- u. Trocknungs-Eigenschaften
Weitere Qualitätseigenschaften	Verbrauchererwartung, ideeller Wert, ökologischer Wert: z.B. Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung bei Produktion, Verarbeitung u. Transport

Aus der Darstellung ist ableitbar, dass der qualitative Wert des Ernteproduktes stark von der Verwertungsrichtung des Knollenrohstoffes abhängig ist. Neben den Mindestanforderungen,

1

Ursprünglich veröffentlicht:

Lehr- und Versuchsanstalt für Acker- und Pflanzenbau des Landes Sachsen-Anhalt (Hrsg.),
Bernburger Agrarberichte Heft I/2001

die in den Handelsklassenverordnungen dargelegt und hier nicht extra behandelt werden, sind ganz spezielle Anforderungen an die verschiedenen Verwertungsrichtungen zu stellen. Da viele Eigenschaften bei der Kartoffel zudem maßgeblich von der Düngung beeinflusst werden können, werden nachfolgend der Einfluss von Düngungsmaßnahmen auf wichtige Qualitätsanforderungen in Abhängigkeit von der Verwertungsrichtung aufgeführt.

Dies ist um so wichtiger, da es heute oft nur unter erschwerten Bedingungen möglich ist, bei Nichterreichen der qualitativen Mindestanforderungen, die erzeugte Kartoffelpartie einer alternativen Nutzung zuzuführen. Daher muss in der Regel lange vor dem Anbau entschieden sein, welcher Verwendungszweck angestrebt wird, weil Sortenwahl, Auswahl einer günstigen Fläche und Fruchtfolgestellung sowie Terminstellungen z.B. im Vertragsanbau dies erforderlich machen.

2. Produktionsverfahren für Speisefrischkartoffeln

Bei der Produktion von Speisekartoffeln können spezielle Anforderungen an eine rel. hohe Anzahl an Qualitätseigenschaften gestellt werden (Tab. 2). Speisefrischkartoffeln werden meistens durch Wahl einer frühen oder mittelfrühen Speisekartoffelsorte einer bestimmten Kocheigenschaft vorgegeben. Neben dem Marktwareertrag sind bestimmte wertgebende Inhaltsstoffe, die Neigung zu Verfärbungen sowie Geschmackseigenschaften wichtig. Da das Knollenmaterial oft nicht direkt verbraucht wird, ist ebenfalls eine gute Lagerfähigkeit von hoher Bedeutung. Viele der genannten Merkmale sind durch Düngungsmaßnahmen beeinflussbar. Dafür müssen besonders vom Erzeuger die Grundzusammenhänge verstanden werden, wie die einzelnen Nährstoffe auf die Qualitätseigenschaften einwirken, damit schließlich Düngungsempfehlungen abgeleitet werden können.

In den nachfolgenden Ausführungen sind hierzu die Gehalte in der Trockensubstanz (i.d. Trs.) der Kartoffelknollen an Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) als Bezugsbasis gewählt worden, da sie sich parallel zu einer entsprechenden Düngung in den Knollen verändern und engere Beziehungen zu den wichtigen Eigenschaften zeigen als die Düngung selber. Auf diesem Wege sind nach vielen Untersuchungen auch Versuche, die unter ganz verschiedenen Bedingungen durchgeführt worden sind, besser miteinander vergleichbar. Dies trifft auch für die hier gezeigten Ergebnisse aus Gefäßversuchen zu, nur dass sie einen z.T. deutlich größeren Nährstoffversorgungsbereich abzeichnen, als man ihn aus Feldversuchen gewöhnlich kennt (MITSCHERLICH-Gefäßversuche, praxisrelevante Konzentrationsbereiche: 1,3 – 2,0 % N; 0,2 – 0,4 % P; 1,5 – 2,8 % K i.d. Trs.).

Zunächst ist in Abbildung 1 der Zusammenhang zwischen den Knollenerträgen und den Gehalten an Nitrat nach stark unterschiedlicher NPK-Ernährung dargestellt worden. Infolge steigender N-Ernährung, dargestellt durch entsprechend steigende N-Gehalte, ist deutlich eine stetig abfallende Zunahme des Knollenertrages (abnehmender Ertragszuwachs) und eine damit zusammenhängende überproportionale Zunahme der Nitratgehalte der Knollen zu erkennen. Eine starke Zunahme an Nitrat erfolgt erst dann, wenn die Ertragskurve deutlich abflacht, d.h. wenn die verabreichte Nährstoffmenge nicht mehr in Ertrag umgesetzt werden kann. Aus der Darstellung wird deutlich, dass es nicht möglich ist, gleichzeitig einen hohen (maximalen) Ertrag und niedrige Nitratwerte zu erhalten.

Parallel zur N-Versorgung steigen (naturegeben) ebenfalls die Gehalte anderer N-Komponenten der Knollen deutlich an (Abb. 2). Da aber das ernährungsphysiologisch wertvolle Reinprotein oder Reineiweiß in geringerem Ausmaß ansteigt als die sog. NPN-Verbindungen (u.a. freie Aminosäuren u. Amide), fällt das Verhältnis zwischen diesen beiden Komponenten, das die Eiweißwertigkeit ausdrückt, infolge steigender N-Ernährung in charakteristischer Weise ab. Andere Nährstoffe (P, K) haben nur einen geringen Einfluss auf diese N-Komponenten (Abb. 1 u. 2). Die Eiweißqualität entscheidet nicht nur darüber, wie viel von der aufgenommenen N-Menge im Körper verbleibt, sondern auch darüber, wie viel

vom Körper an nicht angesetzter N-Menge mit dem Stuhlgang wieder ausgeschieden wird, einem Gesichtspunkt, der heute auch beim Menschen zunehmend Bedeutung erlangt.

Tabelle 2:

Qualitätsanforderungen bei Frischkartoffeln

(nach ULBRICHT, 1997, u. eigener Zusammenstellung)

Kriterien	Merkmale	Tagesbedarf (in % vom Gesamt- bedarf des Menschen)	Produktionsziele (+ hohe Werte; - niedrige Werte)
Gehalte an Inhaltsstoffen	Energie	6	
	Kohlenhydrate	11	
	Stärke		
	Zucker		
	Rohprotein		
	Reinprotein	6	+
	Nitrat		-
	Rohfett	0	
	Organ. Säuren		+
	Ballaststoffe	10	+
	Mineralstoffe		+
	Ca, Mg, P, Fe	2 – 15	+
	Schwermetalle		-
	Vitamine		+
	Vitamin A	7	+
	Vitamin B-Gruppe	2 – 12	+
	Vitamin C	26 – 29	+
Gebrauchswert	Biologische Eiweißwertigkeit		+
	Kocheignung		+
	Geschmack, Bekömmlichkeit		+
	Lagerfähigkeit		+
Äußere u. innere Beschaffenheit	Widerstandsfähigkeit gegen: - Beschädigungen - Blaufleckigkeit - Rohverfärbung - Kochdunklung		+ + + +
Ertragseigenschaften	Marktwareertrag		+

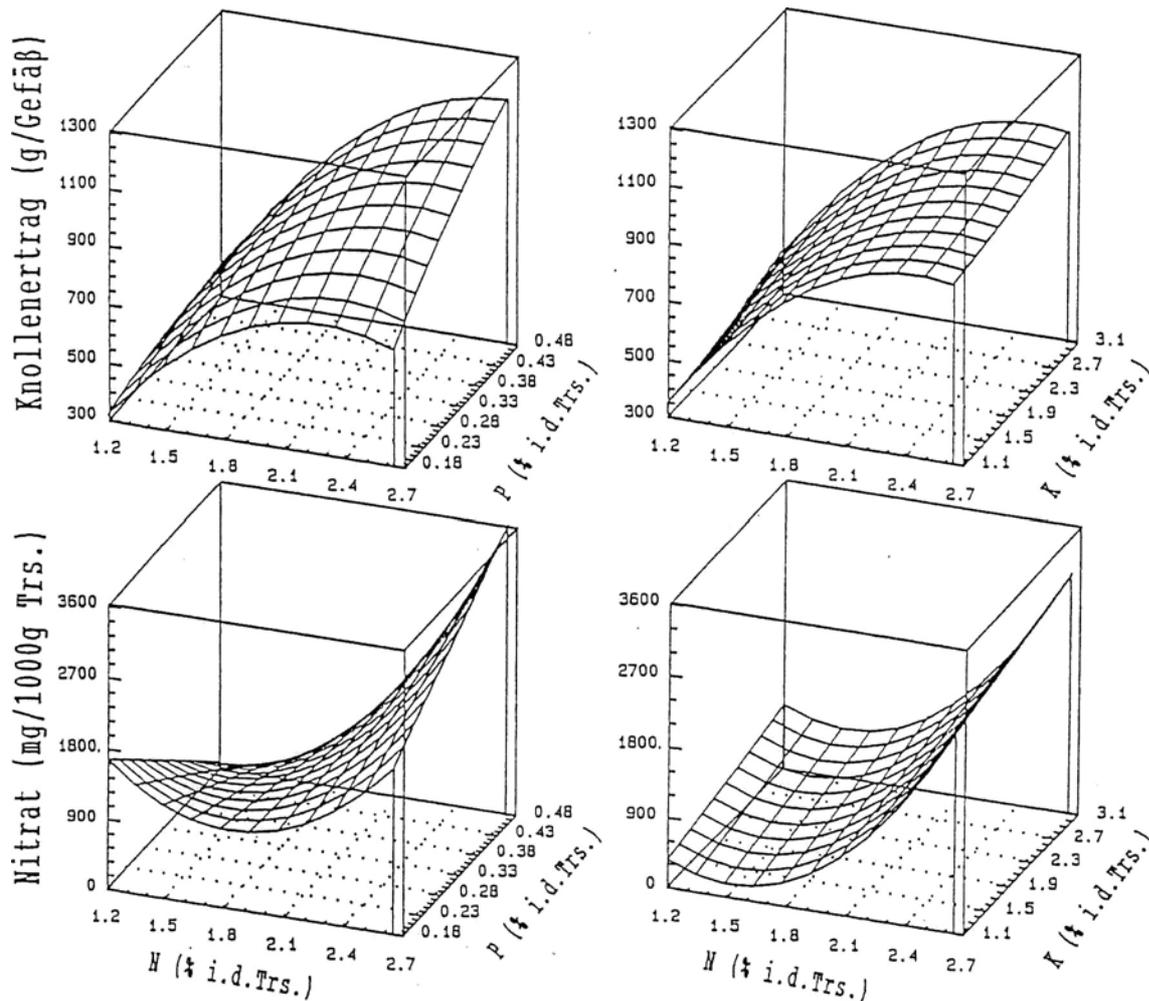


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen der Reaktion des Knollenertrages und des Nitratgehaltes infolge steigender N-, P- und K-Ernährung von Kartoffelknollen (KOLBE, 1995)

Als Beispiel des Einflusses der Pflanzenernährung auf den Gehalt an Vitaminen ist nachfolgend die Ascorbinsäure (Vitamin C) abgebildet worden (Abb. 3). Auf den Gehalt an Ascorbinsäure hat eine steigende N-Ernährung im praxisrelevanten Versorgungsbereich nur eine geringe, meistens schwach negative Wirkung. Ebenso äußert sich der Einfluss einer steigenden P-Ernährung durch etwas abfallende Werte. Hervorzuheben ist dagegen eine hohe K-Versorgung, die besonders wenn gleichzeitig Stickstoff in entsprechender Höhe verabreicht wird, zu einer deutlichen Zunahme der Konzentrationen an Vitamin C in den Knollen führt.

Neben dem Bedarf des Menschen an diesem Vitamin (es kann nicht vom Körper synthetisiert werden) ist aber noch eine andere Funktion der Ascorbinsäure in Kartoffelknollen von Bedeutung. Zusammen mit anderen organischen Säuren ist sie für die Widerstandskraft der Knollen gegen Verfärbungen verantwortlich (Abb. 3). Am Beispiel der Rohbreiverfärbung ist abzusehen, dass sich die Höhe der Verfärbungsneigung der Knollen im Hauptversorgungsbereich umgekehrt proportional zu den Werten an Ascorbinsäure und Citronensäure verhält. Kalium-Gehalte um 2,5 % i.d. Trs. bewirken daher einen sicheren Schutz gegen unerwünschte Verfärbungen.

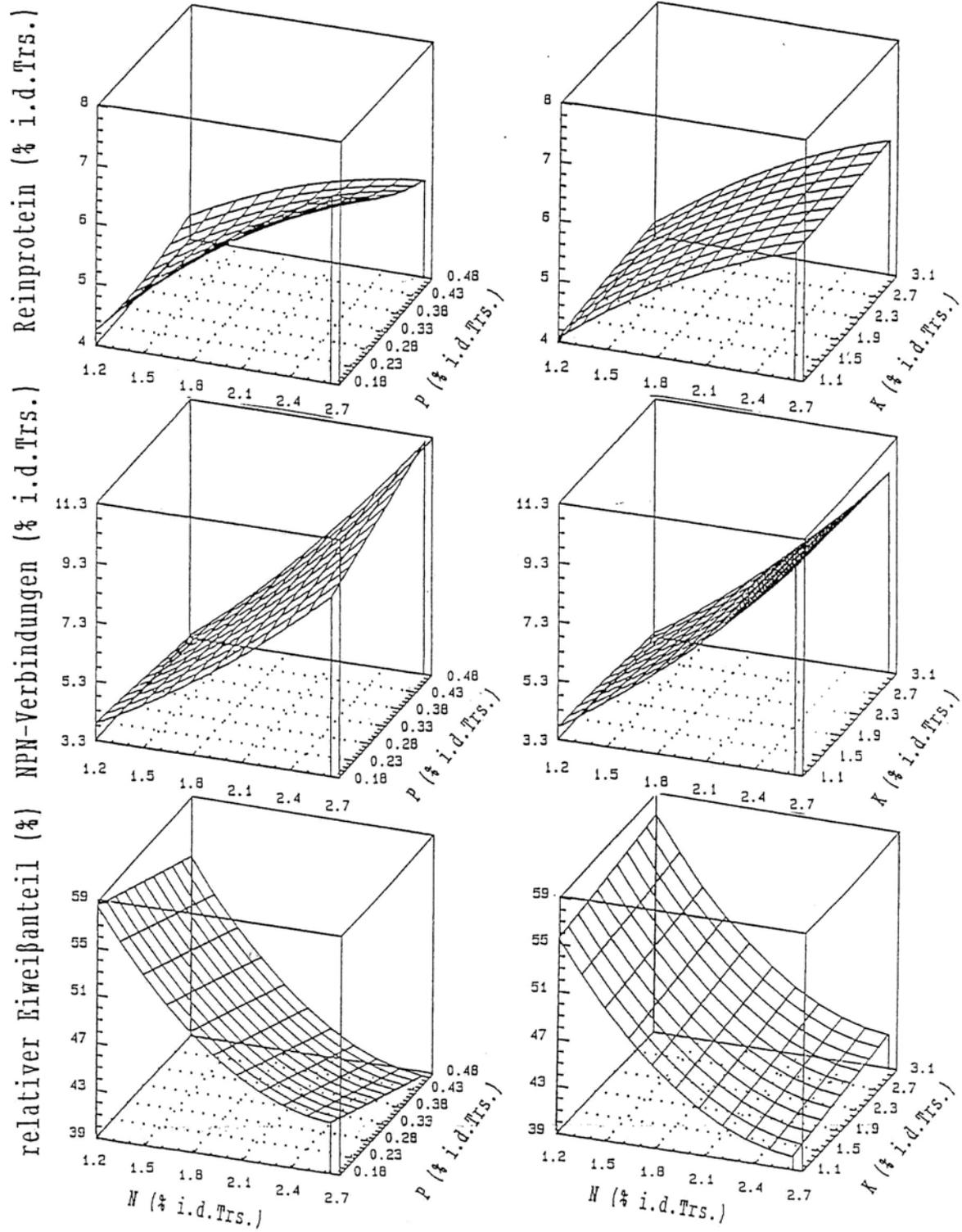


Abbildung 2: Einfluss steigender N-, P- und K-Ernährung auf die Gehalte an Reinprotein, NPN-Verbindungen und den relativen Reineiweißanteil in Kartoffelknollen (KOLBE, 1995)

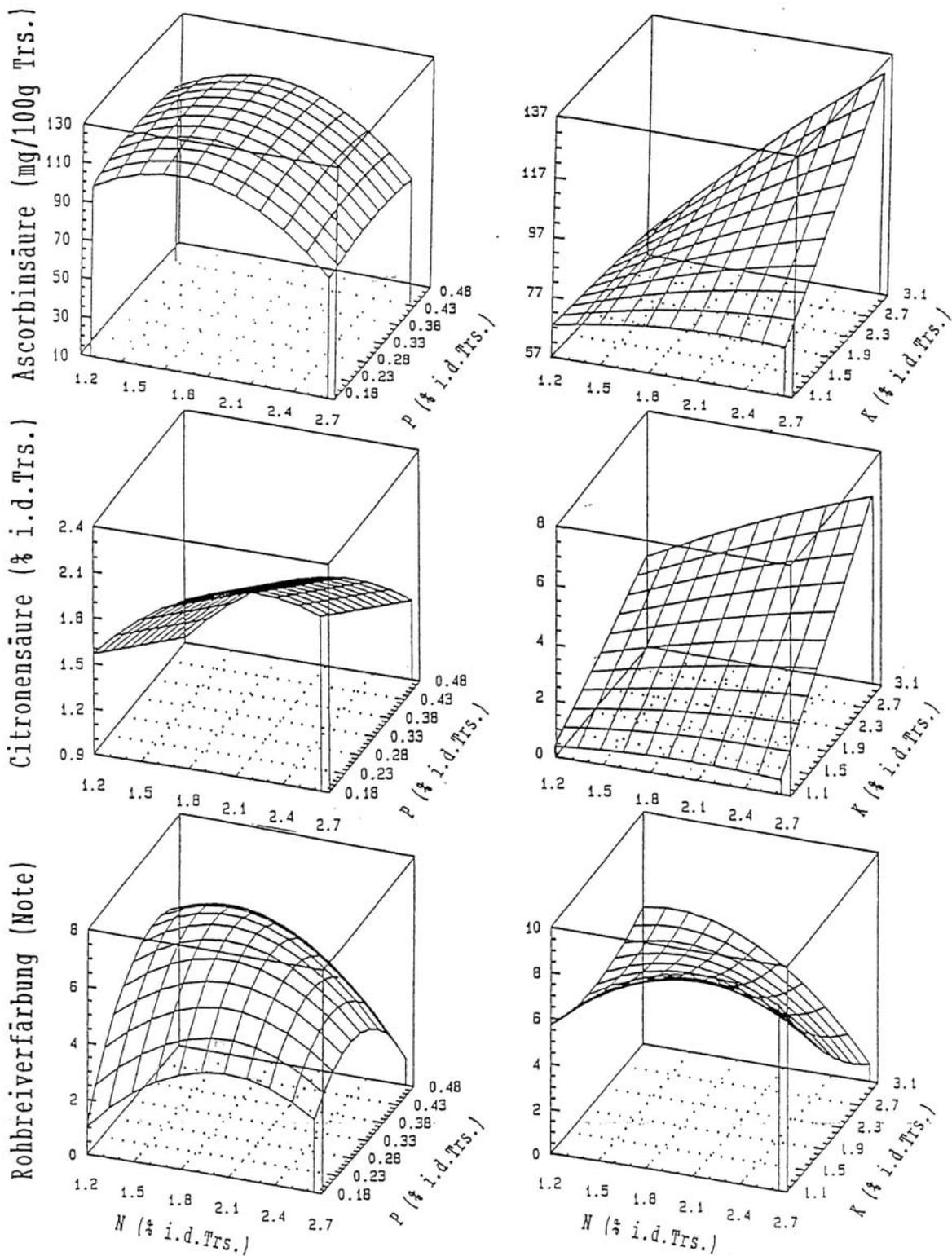


Abbildung 3: Einfluss steigender N-, P- und K-Ernährung auf die Gehalte an Ascorbinsäure, Citronensäure und die Note der Rohverfärbung von Kartoffelknollen (ZHANG, 1989; KOLBE, 1995)

Die Ballaststoffe sind eine weitere Gruppe an Inhaltsstoffen, die heute für die menschliche Ernährung von großer Bedeutung sind. Kartoffelspeisen tragen zu ca. 10 % zur Tagesration an Ballaststoffen bei. Diese Substanzen steigen in ihren Gehalten zunächst parallel zu einer ansteigenden N-Versorgung der Kartoffelkulturen etwas an um bei höherer N-Ernährung dann aber deutlich abzufallen. Zu viel an Stickstoff bewirkt nicht nur einen deutlichen Abfall dieser Verbindungen, sondern ist verantwortlich für schwammiges und wässriges Knollengewebe, hoher Krankheitsanfälligkeit und verringerter Lagerungsfähigkeit des Knollenmaterials.

3. Produktionsverfahren für Chips, Pommes frites und Stärke

Bei diesen Produktionsverfahren sind bestimmte Mindest- bzw. Höchstgehalte an Trockensubstanz und Stärke, eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen Verfärbungen und eine Sortierung bestimmter Knollengrößen wichtig (Tab. 3).

Auch die Größensortierung der Kartoffeln kann durch eine unterschiedliche NPK-Ernährung verändert werden. Besonders die Anteile an großen und mittelgroßen Knollen können durch hohe N-Ernährung aber auch durch ausgewogene P- und K-Düngung angehoben werden. Darüber hinaus ist der Einfluss der P-Ernährung auf die Knollenanlage bemerkenswert, was besonders wichtig ist bei der Pflanzkartoffelerzeugung. Es besteht ebenfalls ein Einfluss steigender NPK-Ernährung auf die Gehalt an reduzierenden Zuckern (Glucose u. Fructose) in den Kartoffelknollen. Durch eine steigende N-Ernährung können diese Zucker, die zusammen mit freien Aminosäuren die unerwünschte intensive Braunfärbung der Röstprodukte hervorrufen, in gewissen Grenzen reduziert werden. Die Nährstoffe Kalium und Phosphor haben keinen nennenswerten Einfluss.

Bei allen genannten Verarbeitungsprodukten sind rel. hohe Gehalte an Trockensubstanz und Stärke erwünscht, was durch eine hohe NP-Ernährung und eine sehr niedrige K-Ernährung gewährleistet werden kann (Abb. 4). Kalium ist zwar prinzipiell für den Kohlenhydrataufbau wichtig, doch führt dieser Nährstoff schon bei rel. geringen Konzentrationen (> 1,8 % K i.d. Trs.) in den Pflanzen zu einem deutlichen Anstieg des Turgordrucks der Zellen, wobei dann die Stärkesynthese in den Knollen zunehmend behindert wird.

Aus den Abbildungen 1 und 4 kann schließlich abgeleitet werden, dass der bei der Stärkeproduktion so wichtige Stärkeertrag bei einer Kombination aus hoher N- und P-Ernährung sowie einer sehr verhaltenen, an die Bodenverhältnisse angepassten K-Ernährung zurückzuführen ist.

4. Hinweise zur Gestaltung der praktischen Düngung

Wie die Ausführungen gezeigt haben, können Ertragskomponenten, Gehalte an Inhaltsstoffen und andere Eigenschaften von Kartoffelknollen durch Düngungsmaßnahmen beeinflusst werden (Tab. 4). Je nach Merkmal sind geringe oder starke positive oder negative Wirkungen möglich.

Tabelle 3:

Qualitätsanforderungen für Verarbeitungsprodukte sowie für Kartoffel-Stärke

Merkmale	Produktionsziele (+ hohe Werte; - niedrige Werte)
<u>Produktionsverfahren Chips u. Pommes frites</u>	
Knollenertrag	+
Knollengewicht, -Form, Sortierung	+ Chips: 40 – 65 mm; Pommes frites: > 55 mm
Gehalte an Stärke	+ Chips: 16 – 18 %; P. frites: 14 – 16 % i.d. Frs.
Gehalte an Trockensubstanz	+
- Fettaufnahme-Vermögen	-
Gehalte an reduzierenden Zuckern (Glucose, Fructose)	-
- Widerstandsfähigkeit gegen Maillard-Reaktion	Chips: möglichst < 0,15 %; P. frites: möglichst < 0,25 % i.d. Frs.
	+
Widerstandsfähigkeit gegen:	
- Beschädigungen	+
- Blaufleckigkeit	+
- Kochdunklung	+
Produktionsverfahren Stärke	
Knollenertrag	+
Gehalte an Trockensubstanz u. Stärke	+ > 13 % Stärke i.d. Frs.
Stärkequalität	
- Amylose/Amylopektin-Verhältnis	
- Stärkekorngroße	
Widerstandsfähigkeit gegen:	
- Beschädigungen	+
- Blaufleckigkeit	+
- Frosteinwirkung	+
Lagerfähigkeit	+

Weiterhin ist zu bedenken, dass für die Erzielung einer gesicherten Wirkung bestimmte Konzentrationen an Nährstoffen zunächst im Boden und dann in den Pflanzen erforderlich sind. Die Produktionsziele zur Erzeugung definierter Rohstoffqualitäten können daher nicht durch die ausschließliche Ausrichtung der Düngung nach den Bodenversorgungsstufen und den Entzugswerten erreicht werden, wie aus der nachfolgenden Tabelle 5 entnommen werden kann.

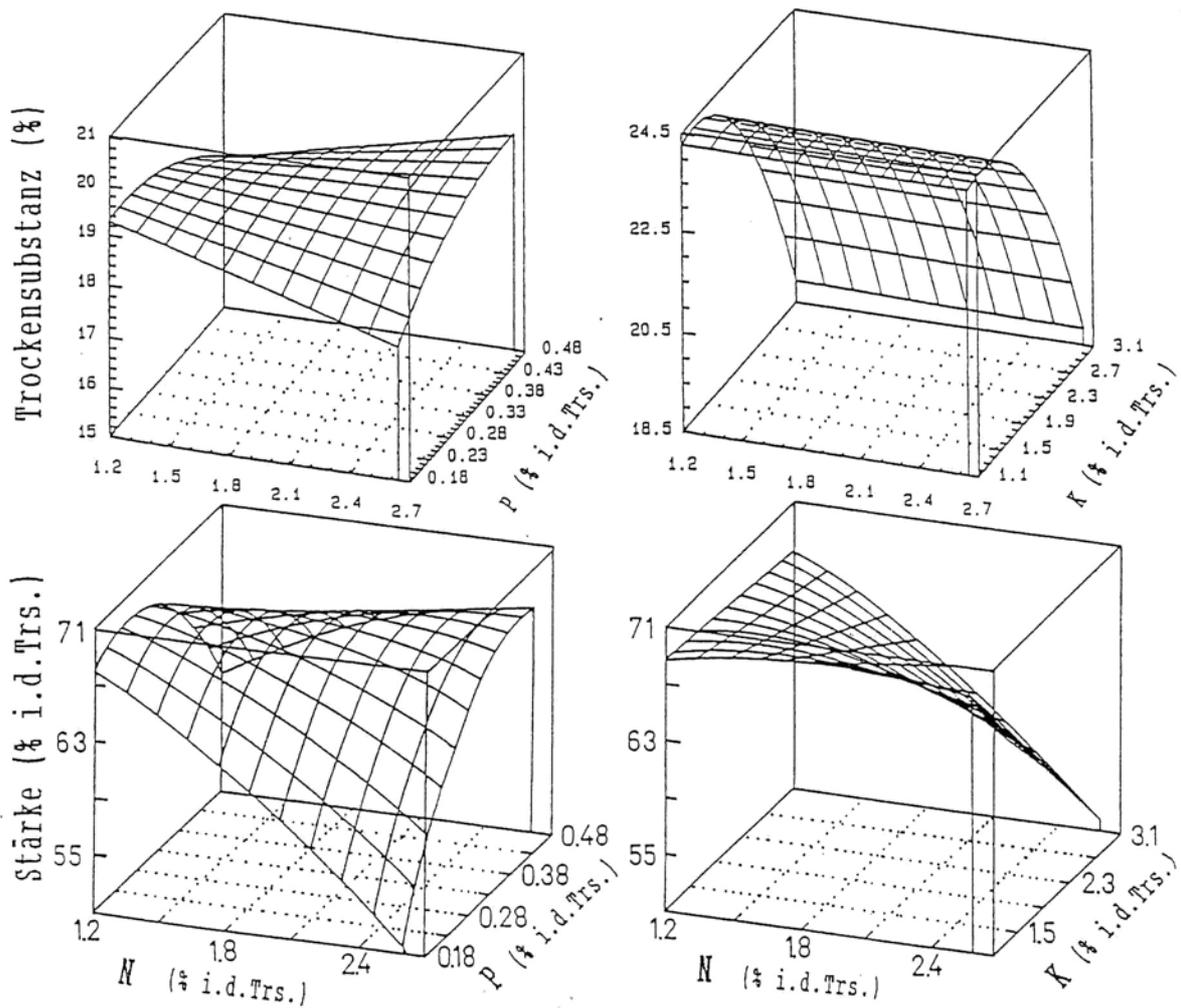


Abbildung 4: Einfluss der N-, P- und K-Ernährung auf die Gehalte an Trockensubstanz und Stärke von Kartoffelknollen (KOLBE, 1995)

Je nach Produktionsziel werden zunächst die Anforderungen an die Nährstoffversorgung entsprechend den Vorgaben aus Tabelle 4 sowie den regionalen Erfahrungen zusammengestellt. Die veranschlagten Düngungsempfehlungen sind daher als Beispiele zu verstehen, die nur unter bestimmten Voraussetzungen zutreffen und je nach Boden- und Klimaverhältnissen schwanken können.

So wurde z.B. bei der Veranschlagung der niedrigen K-Düngungshöhe für die Verarbeitungskartoffeln vorausgesetzt, dass unter den vorgegebenen Bedingungen gewöhnlich zu niedrige Gehalte an Trockensubstanz und Stärke erzielt werden (Ziel 1, Tab. 5). Sollten je nach Region demgegenüber andere Bedingungen, wie z.B. zu hohe Gehalte an Trockensubstanz und Stärke sowie Probleme mit Blau- bzw. Schwarzfleckigkeit vorliegen (Ziel 2), so muss insbesondere die K-Versorgung der Bestände durch eine mittlere bis hohe Düngung entsprechend angepasst werden.

Wer die Düngung durch ein Rechenprogramm berechnen lässt, in dem noch keine Qualitätsdüngung definiert worden ist, muss entsprechend seinem Produktionsziel zur Veranschlagung der endgültigen Düngungsmenge die durch das Programm mitgeteilte Düngungshöhe durch Zu- bzw. Abschläge verrechnen und die insgesamt zu wenig oder zuviel verabreichte Düngungsmenge dann über die Fruchtfolge ausgleichen.

Tabelle 4:

Zusammenfassende Darstellung der Wirkung von Düngungsmaßnahmen auf Ertragskomponenten und Qualitätsmerkmale von Kartoffelknollen (verändert n. PIENZ, 1996; KOLBE, 1997)

Merkmale	Nährstoffversorgung		
	Stickstoff	Phosphor	Kalium
Knollen-Gesamtertrag	+++	+	+
Ertrag an großen Knollen	++	O-	+
Ertrag an mittelgr. Knollen	O+	++	++
Ertrag an kleinen Knollen	O-	+	O-
Knollenanzahl	+ O-	++	O
Knollengewicht	+++	O-	+
Trockensubstanz	---	O+	---
Stärke	-	+	---
Rohprotein	+++	O+	O-
Reinprotein	++	O-	O+
NPN-Verbindungen	+++	O+	O-
Rel. Eiweißgehalt	---	O-	O+
Ascorbinsäure	+ O-	O-	+++
Citronensäure	O-	-	+++
Reduzierende Zucker	---	O+	-
Saccharose	+	++	-
Nitrat	+++	O-	O+
P	-	++	O+
K	---	O+	+++
Mg	O-	O+	+++
Ballaststoffe	---	+	O-
Schalenfestigkeit	---	+	O
Reife	---	++	O
Lagerfähigkeit	---	++	O-
Geschmack	-	O	O+
Widerstandsfähigkeit gegen:			
- Beschädigungen	---	+	+
- Blaufleckigkeit	O-	O	++
- Rohverfärbung	-	-	+++
- Kochdunklung	---	O	++

Legende: Steigende Nährstoffversorgung bewirkt keine Wirkung (O); zunächst tendenziell positive ansteigende bei hoher Versorgung negative abfallende Wirkung (+ -); geringe, mittlere, hohe positive (+, ++, +++), geringe, mittlere, hohe negative Wirkung(—, — —, — — —) auf die Werte der Merkmale.

Tabelle 5:

Düngungsempfehlungen für verschiedene Produktionsrichtungen bei
Kartoffeln (nach WINKELMANN, 1999, u. eigener Zusammenstellung)

Merkmal	Nährstoff		
	Stickstoff (N)	Phosphor (P)	Kalium (K)
Verwertungsrichtung:			
<u>Speisefrischkartoffeln</u> Ziel: Vitamin C, organ. Säuren, Geschmack, Lagerfähigkeit: ↑; Beschädigungen, Verfärbungen, Nitrat: ↓	mittel ~ 100 %	hoch ~ 200 %	Hoch ~ 150 %
<u>Stärkekartoffeln</u> Ziel: Ertrag, Stärke: ↑	hoch ~ 125 %	hoch ~ 200 %	niedrig ~ 50 %
<u>Verarbeitungskartoffeln</u> (Chips, P. frites) Ziel 1: Ertrag, Sortierung, Trocken- substanz, Stärke: ↑; Ziel 2: Ertrag, Sortierung: ↑; Stärke, Blaufleckigkeit: ↓	mittel – hoch	mittel ~ 100 %	niedrig ~ 50 %
<u>Pflanzkartoffeln</u> Ziel: Sortierung, Knollenanzahl, Lagerfähigkeit: ↑	mittel – hoch	mittel ~ 100 %	mittel – hoch
	niedrig – mittel ~ 75 – 100 %	hoch ~ 200 %	mittel ~ 100 %
Mittlere Düngungshöhe (kg/ha): Zielertrag: ~ 350 dt/ha Knollen	160 ≅ 100 % (140 – 200) (inkl. N _{min} 0 – 60 cm Bodentiefe)	30 ≅ 100 % (20 – 70) (Versorgungsstufe B – C)	200 ≅ 100 % (150 – 250) (Versorgungsstufe B – C)
Nährstoffentzug (kg/ha je 100 dt Knollen):			
<u>Knollen mit Kraut</u>	50 (45 – 60)	7 (3 – 9)	60 (50 – 75)
<u>Knollen ohne Kraut</u>	30 (24 – 40)	5 (2 – 7)	45 (32 – 60)

5. Literaturverzeichnis

- KOLBE, H. (1995): Nährstoffversorgung und Qualität der Kartoffel. Potato Nutrition and Tuber Quality. Severin Verlag, Göttingen
- KOLBE, H. (1997): Einflußfaktoren aus dem Feldanbau auf die Frischkartoffelqualität. In: E. PÖTKE & P. SCHUHMANN: Speisefrischkartoffeln. Qualität erzeugen, erfassen, lagern, vermarkten. Buchedition Agrimedia, Holm, 31 - 41
- PIENZ, G. (1996): Qualität in die Knolle düngen. Bauernzeitung Nr. 17, 26
- ULBRICHT, G. (1997): Kartoffeln und Kartoffelprodukte aus ernährungswissenschaftlicher Sicht. In: E. PÖTKE & P. SCHUHMANN: Speisefrischkartoffeln. Qualität erzeugen, erfassen, lagern, vermarkten. Buchedition Agrimedia, Holm, 19 – 24
- WINKELMANN, H. H. (1999): Düngung. In: SCHUHMANN, P.: Die Erzeugung von Kartoffeln zur industriellen Verarbeitung. Buchedition Agrimedia, Bergen/Damme, 125 – 131
- ZHANG, W.-L. (1989): Einfluss unterschiedlicher Nährstoffgaben (Stickstoff, Phosphat und Kalium) und deren Wechselwirkungen auf den Gehalt an einigen qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffen von Chinakohl, Kartoffeln und Hirse sowie Einsatz eines mathematischen Optimierungsmodelles zur Förderung der Produktion qualitativ hochwertiger landwirtschaftlicher Erzeugnisse. Dissertation, Göttingen