

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Fachbereich Pflanzliche Erzeugung

Gustav-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig

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

Bearbeiter: Dr. Hartmut Kolbe

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

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

Nitratgehalte von Kartoffeln in Abhängigkeit von Witterung, pflanzenbaulichen Maßnahmen und Lagerung

Bedeutung von Nitrat

Die Stickstoffverbindungen nehmen für die Lebensprozesse nicht nur der Pflanzen, sondern aller Organismen eine zentrale Stellung ein. Nach Forschungsergebnissen der letzten Zeit trifft das anscheinend auch für Nitrat und verwandte Verbindungen zu, wenn sie in niedrigen Mengen mit der Nahrung aufgenommen werden. So erfüllen diese Verbindungen auch im tierischen und menschlichen Stoffwechsel wichtige Funktionen:

- **Nitrat** kann im Stoffwechsel gebildet werden
- **Enzyme** nicht nur der Mundflora, sondern z.B. auch der Zunge können Nitrat zu Nitrit reduzieren
- **Nitrit** könnte im Magen-Darm-Trakt unerwünschte Keime abtöten
- **Nitrit (NO₂)** und Stickstoffmonoxid (NO) haben Bedeutung bei
 - der Regulation des Blutdrucks, für die Immunabwehr und als
 - Informationsüberträger für Nerven z.B. im Gehirn.

Höhere Nitrat-Mengen in der Nahrung können demgegenüber negative Wirkungen zur Folge haben:

- **Aufnahme ab 2 g Nitrat wirken direkt toxisch**
- **bei Säuglingen führt hohe Nitritaufnahme im Blut zur Blockierung des Sauerstofftransportes (Methämoglobinämie)**
- **Im Magen kann Nitrit zusammen mit bestimmten Aminen stark krebserregende Nitrosamine bilden**
- **Nitrat-Grenzwert der WHO: 220 mg Gesamtaufnahme je Tag und Person**
- **Grenzwert der Säuglings- und Diät ernährung: 250 mg/kg verzehrfähiger Nahrung.**

Nitratmittelwerte von Kartoffeln

Je nach den vorliegenden Bedingungen können Kartoffeln ganz unterschiedlich hohe Gehalte an Nitrat aufweisen. Als untere Werte zahlloser Untersuchungen können Gehalte von ca. 15, Mittelwerte von 125, durchschnittliche maximale Werte von 415 sowie Extremwerte von 1000 mg/kg Frischsubstanz festgestellt werden. Knollen einer Staude sowie Einkaufsware setzen sich aus Einzelknollen zusammen, die Nitrat-

Ursprünglich veröffentlicht:

Infodienst für Beratung und Schule der Sächsischen Agrarverwaltung, 09/96, 81-86

gehalte zwischen 5 - 10fach hohe Werte enthalten können. Das Nabelende scheint zudem meistens höhere Gehalte aufzuweisen als das Kronenende oder die Markregion.

Einfluß der Sorte und Reifegruppe

Innerhalb jeder Reifegruppe können die mittleren Nitratwerte einzelner Sorten erheblich voneinander abweichen. Am ostdeutschen Kartoffelsortiment wurde ermittelt, daß frühreife Sorten Mittelwerte von 218 mg, mittelfrühe 208 mg und mittelspäte Sorten 184 mg Nitrat je kg Frischsubstanz aufweisen. Hierzu gibt es aber auch anderslautende Versuchsergebnisse. In Anbaugebieten mit erfahrungsgemäß später N-Mineralisation und entsprechend ungünstigen Witterungsverhältnissen können spät abreifende Sorten höhere Nitratwerte aufweisen als früher abreifende Sorten.

Einfluß der Vegetationsperiode

Im Verlauf der Wachstumsperiode unterliegen die Gehalte an Nitrat sowohl im Blattwerk als auch in den Knollen erheblichen Veränderungen (Abb. 1). Die höchsten Gehalte weisen junge Blätter mit ca. 4,5 %, Stengel mit ca. 9,0 % und junge Knollen mit teilweise über 1000 mg (= 0,1 %) Nitrat je kg Trockensubstanz auf. Zu Zeiten der höchsten Massenzunahme der Pflanzen, 30 - 60 Tage nach Aufgang, ist dann in der Regel mit einer starken Verringerung der Gehalte um bis zu 90 % zu rechnen, obwohl die von der gesamten Pflanze aufgenommene Nitratmenge weiterhin zunimmt.

Die höchste Einlagerungsrate an Nitrat ist bereits 15 - 30 Tage nach Aufgang zu verzeichnen. Sie kann dann 4 kg Nitrat je Tag und Hektar betragen. Nach diesem frühen Zeitpunkt nimmt die Aufnahme wieder stark ab und etwa ab dem 45. Tag nach Aufgang können im Blattwerk negative Werte festgestellt werden, d.h. Nitrat wird dann in andere Pflanzenorgane verlagert oder es wird im Zuge der Nitratreduktion in andere N-Verbindungen umgewandelt.

In den Knollen hingegen nimmt die aufgenommene Nitratmenge in der Regel bis zur Ernte hin zu. Einmal aufgenommenes Nitrat verbleibt weitgehend in dieser Form in den Knollen erhalten. Da aber zur gleichen Zeit die Knollenerträge stark zunehmen, ist eine ebenso starke Abnahme der Gehalte an Nitrat im Verlauf der Vegetation zu verzeichnen (Abb. 1).

Am Ende der Vegetation befinden sich von der insgesamt aufgenommenen Nitratmenge aber nur noch 3 % in den geernteten Knollen und 4 % im abgestorbenen Blattwerk. Der Fehlbetrag von über 90 % beruht auf einer hohen Nitrat-Umwandlung zu organischen N-Verbindungen oder das Nitrat ist durch Blattfall und Rückwanderung in den Boden zwischenzeitlich verloren gegangen.

Bei Vorhandensein einer entsprechend unterschiedlichen Verfügbarkeit an Stickstoff im Boden können die Gehalte sowohl in den Blättern und Stengeln als auch in den Knollen von den in Abbildung 2 dargelegten idealtypischen Verläufen abweichen. Die aktuellen Gehalte an Nitrat z.B. im Stengelsaft können daher Auskunft geben über den Ernährungszustand des Bestandes und für die Bemessung einer Kopfdüngung verwendet werden.

Auch die Lebenslänge und Qualität des Blätterdaches hat Einfluß auf die Nitratgehalte der Knollen. Bei verschiedenen Sorten wurde ermittelt, daß eine Steigerung der Krautfäuleanfälligkeit von Boniturnote 3 auf Note 6 zu einer annähernden Verdopp-

lung der Nitratwerte in den geernteten Knollen führen kann. Ähnlich ungünstig können sich auch eine verfrühte Krautentfernung sowie Blattverätzungen durch agro-technische Maßnahmen auf die Gehalte an Nitrat auswirken.

Hierdurch wird die Funktion des Blattwerkes in mehr oder weniger großem Ausmaß geschädigt. Als Ursache für die erhöhten Nitratwerte ist dann überwiegend die verringerte Photosynthese und Einlagerung an Kohlenhydraten in die Knollen anzusehen, so daß die Werte an Nitrat nicht durch die eingelagerte Stärke verringert werden (Konzentrationseffekt).

Einfluß des Wetters

Von blattreichen Gemüsearten ist bekannt, daß die vorherrschenden Lichtverhältnisse in enger negativer Beziehung zu den Gehalten an Nitrat stehen. Das trifft auch für Kartoffelknollen zu, obwohl sie nicht direkt vom Licht beschienen werden (Abb. 2). Wie zu sehen ist, nehmen mit abfallender Sonnenscheindauer die Gehalte an Nitrat überproportional zu. Erfahrungsgemäß fallen gleichzeitig die Knollenerträge stark ab.

Günstige klimatische Wachstumsbedingungen mit hohen Einstrahlungswerten führen demgegenüber zu einer hohen Ertragsbildung. Die Werte an Nitrat bleiben dann relativ niedrig. Das kommt daher, weil das Sonnenlicht über die Photosynthese zu einer hohen Energie- bzw. Kohlenhydratversorgung der Pflanzen führt. Beides ist für die Nitratreduktion und den Aufbau höherstrukturierter organischer N-Verbindungen erforderlich.

Auch eine unterschiedliche Wasserversorgung kann die Nitratwerte der Knollen beeinflussen. Bei Kartoffelknollen ist die Nitrataufnahme im besonderen Maße vom Wasserhaushalt der gesamten Pflanzen abhängig. An sehr warmen Tagen mit hoher Transpiration kann es zu einer stark wechselnden Wasserversorgung der Kartoffelkulturen kommen. Die Knollen schrumpfen dann tagsüber, weil das Wasser aus den Knollen über die Blätter verdunstet wird. In der Nacht quellen die Knollen und gleichen somit das Wasserdefizit wieder aus. Mit der Wasseraufnahme ist dann immer auch eine Aufnahme an Nitrat verbunden.

Weiterhin ist bekannt, daß extremer Wassermangel besonders zur Zeit der Hauptwachstumsphase sowohl zu einer Störung der Nitratreduktion als auch zu einer geringen Ertragsbildung beiträgt. Wird zudem eine solche Trockenphase durch neue Niederschläge beendet, so führt die anschließende rege Mineralisation an Stickstoff im Boden zu einer hohen N-Aufnahme durch die Pflanzen. Hierdurch können sehr hohe Werte an Nitrat in den Kartoffeln erreicht werden, wie dies in den letzten Jahren oft zu beobachten war.

Ausgehend von einer durchschnittlichen Wasserversorgung (z.B. 55 mm Niederschlag je Monat) erfolgt demgegenüber mit zunehmenden Wassergehalten des Bodens eine Abnahme der N-Versorgung der Pflanzen, weil dieser Nährstoff dann in tiefere Bodenschichten verlagert wird. Entsprechend der verringerten Nährstoffversorgung ist auch eine Abnahme der Gehalte an Nitrat in den Kartoffelknollen zu verzeichnen.

Einfluß der Nährstoffversorgung

Als stickstoffhaltige Komponente ist die Konzentration an Nitrat direkt abhängig von der N-Ernährung der Pflanzen (Abb. 3). Ganz niedrig mit Stickstoff versorgte Pflanzen

zen weisen nach diesen Angaben geringfügig höhere Nitratwerte in den geernteten Knollen auf als etwas höher versorgte Pflanzen. Dieses Phänomen ist ein allgemeines Kennzeichen für unzureichende Wachstumsbedingungen bei Mangelernährung. Übrigens verbleiben dann auch höhere Werte an Nitrat nach der Ernte im Boden als bei günstigeren Wachstumsbedingungen bei etwas höherer N-Ernährung.

Insgesamt gesehen verändern sich aber die Nitratgehalte von Kartoffelknollen bei N-Gehalten in den Kartoffeln von bis zu 1.4 % nicht deutlich. Bei weiter ansteigender N-Ernährung steigen die Gehalte an Nitrat dann aber immer überproportional an. Gleichzeitig ist zu erkennen, daß der Ertragszuwachs stetig abnimmt (Abb. 3). Diesen typischen Zusammenhang zwischen dem Verhalten der Erträge und der Entwicklung der Nitratwerte kann bei vielen Kulturarten beobachtet werden und kennzeichnet in charakteristischer Weise das Verhältnis zwischen einer stetig zunehmenden Überversorgung mit dem Nährstoff Stickstoff und den immer knapper werdenden Kohlenhydratreserven der Pflanzen. Hieraus geht hervor, daß eine optimal bemessene N-Düngung, die darauf abzielt Erträge nicht weit unterhalb des Ertragsmaximums zu erzielen, immer auch mit rel. hohen Nitratwerten verbunden ist.

Eine steigende P- und K-Versorgung hat demgegenüber nur eine geringe Bedeutung (Abb. 3). Steigende K-Gehalte führen zu einer gewissen Zunahme, ansteigende P-Gehalte zu einer geringfügigen Abnahme an Nitrat in den Kartoffeln.

Nitrat als Qualitätsindikator

Die folgende Abbildung 4 gibt Auskunft darüber, ob Knollen mit niedrigeren Nitratgehalten qualitativ hochwertiger zu beurteilen sind als Knollen mit hohen Werten. Nach diesen Ergebnissen sind hohe Gehalte an Nitrat jeweils mit rel. hohen Werten an Knollenerträgen, Erträgen an großen Knollen, Knollengewichten sowie hohen Gehalten an Roh- und Reinprotein verbunden. Dagegen werden gleichzeitig rel. niedrige Werte an Trockensubstanz, Stärke, Ascorbinsäure, reduzierende Zucker, Mineralstoffe, Zellwandkomponenten und in der Eiweißqualität vorgefunden.

Zur qualitativen Bewertung einer unterschiedlichen Düngung und Nährstoffversorgung sind aufgrund dieser Ergebnisse die Gehalte an Nitrat geeignet. Knollen von unbestimmter Herkunft, wie dies besonders für Haushaltsware zutrifft, können jedoch unter stark heterogenen Verhältnissen aufgewachsen sein, so daß diese geschilderten Zusammenhänge u. U. nicht mehr nachweisbar sind. Daher kann es durchaus vorkommen, daß große Knollen über niedrigere Nitratwerte verfügen als kleine Knollen. Dies kann z.B. dann der Fall sein, wenn diese Knollen zwar einer gleichen N-Ernährung aber ganz unterschiedlichen klimatischen Wachstumsbedingungen ausgesetzt waren, so daß kleine Knollen im Wachstum zurück geblieben sind und daher am Ende der Vegetation höhere Gehalte an Nitrat aufweisen.

Veränderungen im Verlauf der Lagerung

Auswertungen von vielen Versuchen haben ergeben, daß die Reaktion des Nitratgehaltes in Kartoffelknollen im Verlauf der Lagerung sehr unterschiedlich sein kann. Um hier den Ursachen etwas genauer auf den Grund zu gehen, wurden bei entsprechenden Versuchsergebnissen die eingelagerten Mengen an Nitrat berechnet (Abb. 5). Im Verlauf von 6 Monaten Lagerung ist im Versuchsdurchschnitt eine geringe Abnahme der ursprünglich eingelagerten Mengen an Nitrat zu verzeichnen. Nach hoher

Stickstoffdüngung, die oft zu N-Gehalten von über 2 % i.d. Trs. führte, sind jedoch die berechneten Nitratmengen etwas angestiegen. Diese Ergebnisse konnten sowohl in Gefäß- als auch in Feldversuchen festgestellt werden. Eine Bildung von Nitrat im pflanzlichen Stoffwechsel wird zwar auch von anderer Seite beschrieben, doch sind die physiologischen Ursachen bisher nicht bekannt.

Einfluß küchentechnischer Verarbeitung

Nach dem küchentechnischen Schälen der Knollen weisen die Schalen oft 2 - 3fach höhere Gehalte an Nitrat auf als das Innere der Knollen. Durch haushaltstechnische Aufbereitung und Verarbeitung können daher die Nitratgehalte erheblich reduziert werden:

Pellkartoffeln	5 - 20 %
Handschälen	30 - 40 %
Salzkartoffeln	45 - 55 %
Pommes frites und Trockenkartoffeln	50 - 75 %

Hinweise für die Produktion von Vorzugsware

Die durchschnittlichen Nitratgehalte von Kartoffelknollen sind zwar vergleichsweise niedrig. Dennoch kann bereits 1/4 der täglichen Nitrataufnahme des Menschen mit fester Nahrung aus Kartoffeln stammen, wenn diese z.B. Nitratwerte von 200 mg/kg Frischsubstanz aufweisen. Für die Produktion von besonderer Qualitäts- oder Vorzugsware ist es daher erforderlich, die Nitratbelastung niedrig zu halten. Hierzu nachfolgende Ratschläge.

Ein erheblicher Anteil der Streuung der Nitratgehalte wird von mehr oder weniger natürlichen Bedingungen wie z.B. der Witterung verursacht. Diese Schwankungen können vom Landwirt nicht direkt beeinflusst werden. Eine Ausnahme ist die Wasserversorgung. Wenn die Möglichkeit einer Bewässerung gegeben ist, können ungünstige Einflüsse von Trockenphasen auf die Anreicherung von Nitrat durch gezielte Bewässerungsmaßnahmen verhindert werden.

Da das Nitrat letztlich aus der Bodenmineralisation sowie aus der organischen und mineralischen Düngung stammt, hat natürlich das Ernährungsniveau mit Stickstoff einen ausschlaggebenden Einfluß auf die Wirkung anderer Faktoren wie z.B. der Witterung oder der Sorte. Standorte oder (organische) Böden, die durch eine hohe N-Nachlieferung gekennzeichnet sind, können sich deshalb genauso nachteilig auswirken, wie eine langfristig zu hoch bemessene oder zu spät applizierte mineralische oder organische Düngung.

Im allgemeinen müssen die Nährstoffe für die Kartoffelkulturen relativ früh zur Verfügung stehen. Erfahrungsgemäß wird daher die Düngung in einer Gabe vor dem Auspflanzen der Kartoffeln verabreicht. Nachteile einer Aufteilung der Düngung bestehen deshalb auch darin, daß zunächst die erste N-Gabe (Bemessung nach N_{\min}) rel. niedrig angesetzt werden muß, obwohl die Pflanzen besonders am Anfang des Wachstums die Nährstoffe benötigen. Außerdem ist durch die Aufteilung immer die Gefahr gegeben, daß die Nachdüngung zu spät erfolgt. Dies führt dann erfahrungsgemäß oft zu höheren Restnitratwerten im Boden, hohen Nitratgehalten in den Knollen und zu weiteren nachteiligen Wirkungen auf die Knollenqualitäten. Von einer Auf-

teilung der mineralischen N-Düngung sollte daher Abstand genommen werden auf Böden, die von Natur aus viel Stickstoff nachliefern (schwere Böden, Moorböden, Umbruch von Dauergrünland oder mehrjährigem Leguminosenanbau).

Demgegenüber beruhen Vorteile einer Aufteilung der N-Düngung darauf, daß Unterschiede in der Mineralisation nach der ersten N-Düngung durch einen Nitrat-Stengeltest besser eingeschätzt werden können und es in der Regel zu Einsparungen in der Düngung kommt. Eine Aufteilung der N-Düngung kann deshalb auf leichten Böden sowie in Anbaugebieten Vorteile bringen, in denen gewöhnlich hohe Niederschläge nach dem Auspflanzen (April - Juni) zu erwarten sind, um unerwünschte Nährstoffverluste durch Verlagerung und Auswaschung zu verhindern.

Eine freiwillige Festlegung von Nitrat-Grenzwerten (z.B. 100 oder 250 mg/kg Frs.) können einen gewissen disziplinierenden Einfluß auf Anbauverfahren und speziell auf die Kartoffeldüngung ausüben. Doch ist die Wirkung anderer Einflußgrößen, wie z. B. der Witterung, nicht zu unterschätzen. Deshalb dürften in manchen Anbaujahren Schwierigkeiten bei der Einhaltung von Grenzwerten zu erwarten sein.

Wird die Produktion von Kartoffeln mit ausgesprochen niedrigen Gehalten an Nitrat angestrebt, so muß gleichzeitig auch ein gewisser Ertragsausfall in Kauf genommen werden. Versuche haben ergeben, daß eine 20%ige Verringerung der Stickstoffdüngung (z.B. in Wasserschutzgebieten) auf schweren Böden lediglich eine Reduzierung der Erträge von 2 - 3 % zur Folge hat. Auf leichteren Böden sind jedoch größere Ertragsabnahmen zu beobachten. Gleichzeitig sinken hierdurch nicht nur nach der Ernte die Nitratwerte im Boden ab, sondern die Nitrat-Gehalte in den Kartoffelknollen verringern sich auch um 5 - 10 %.

Es gibt auch Möglichkeiten, hohe Knollenerträge mit rel. niedrigen Nitratwerten zu erzielen. Eine Methode besteht darin, zur Düngung Nitrifikationshemmer einzusetzen. Hierbei erfolgt eine verringerte Nitrat- und gleichzeitig eine erhöhte Ammoniumernährung, was dann nicht zur Nitratanreicherung führt.

Weiterhin können durch Auswahl geeigneter Sorten die Nitratwerte in gewissem Umfang reduziert werden. Eine genetisch bedingt nitratararme Sorte sowie eine konsequent organische Düngung (mit Kompost) wie sie besonders auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben praktiziert wird, sind am besten geeignet, die sehr niedrigen Nitrat-Grenzwerte z.B. für Säuglingsnahrung einhalten zu können. Daher sind z.B. einige Hersteller von Baby-Nahrung dazu übergegangen, die pflanzlichen Gemüse-Rohstoffe im Vertragsanbau auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben zu erzeugen.

Auch Unternehmen der Wasserwirtschaft unterstützen heute die Umstellung auf ökologischen Landbau. Diese Produktionsrichtung ist deshalb besonders umweltschonend, weil der gesamte Nährstoff-Input weniger als halb so hoch ist wie in konventionellen Betrieben. Im Vergleich zur Ertragsleistung sind daher sowohl eine hohe Nährstoffausnutzung als auch nur geringe Nährstoffverluste zu verzeichnen, die dann Umweltschäden verursachen können.

In den Öko-Betrieben ist es ebenfalls wichtig, die Bereitstellung einer rel. hohen Nährstoffversorgung zu Anfang der Vegetation zu gewährleisten. Dies gelingt mit einer blattreichen Gründüngung z.B. mit Kruziferen recht gut, da dieses Material sich im Frühjahr sehr schnell zersetzt. Eine mäßig hoch bemessene Gülledüngung kann

auch im Frühjahr erfolgen. Besser ist es jedoch, nährstoffreichen Mist sowie Gülle bereits zur überwinternden Zwischenfrucht zu geben.

Es ist darauf zu achten, daß Kartoffeln an der richtigen Stelle in die Fruchtfolge eingegliedert werden. Auf fruchtbaren Böden sollten Kartoffeln deshalb nicht direkt im Anschluß an mehrjährige Leguminosen angebaut werden, da hierbei oft eine hohe Mineralisation an Stickstoff zu rel. späten Zeitpunkten im Verlauf der Vegetation erfolgt. Eine Möglichkeit besteht darin, die Leguminosen schon im Vorjahr umzubrechen, eine Gründüngungsfrucht folgen zu lassen und dann Kartoffeln anzubauen.

Treten dennoch erhöhte Nitratwerte im Öko-Kartoffelanbau auf, so kann die Ursache auch in einem verfrühten Absterben des Blattwerks z.B. durch Krautfäule liegen. Hierbei ist zunächst anzuraten, von einem Kartoffelanbau in Problemregionen abzu-
sehen. Im anderen Fall sind indirekte Maßnahmen zur Krankheitsvorsorge zu beachten. Hierzu zählen die Sortenwahl, Anbau von zertifiziertem Pflanzgut, Vorkeimung des Pflanzgutes, Ausrichtung der Dämme in Windrichtung, etc.

Alle Maßnahmen der Pflanzenstärkung und direkten Bekämpfung der Phythophthora z.B. mit Cu-Mitteln sind laut Warndienst termingerecht durchzuführen. Diese Maßnahmen müssen darauf abzielen, zunächst das Blattwerk so früh wie möglich zu etablieren und später so lange wie möglich photosynthetisch aktiv zu halten.

Zusammenfassung

In diesem Artikel sind wichtige Faktoren beschrieben worden, die die Nitratgehalte von Kartoffeln beeinflussen. Nitrat ist ein flexibler Inhaltsstoff, dessen Konzentration sich sehr schnell ändern kann. So ist im Verlauf der Vegetation sowohl im Kraut als auch in den Knollen unter mittleren Ernährungsbedingungen eine Abnahme um bis zu 90 % zu verzeichnen.

Andere untersuchte Faktoren können nach folgender relativer Einflußstärke gegliedert werden:

+ Wetter insgesamt	30 - 40 %
da- von:	
– Temperatur	5 %
– Sonnenscheindauer	10 - 15 %
– Niederschläge	15 - 20 %
+ Düngung insgesamt	35 - 45 %
da- von:	
– Stickstoff	30 - > 40 %
– Phosphor, Kalium	< 5 %
+ Sorte insgesamt	20 - 30 %

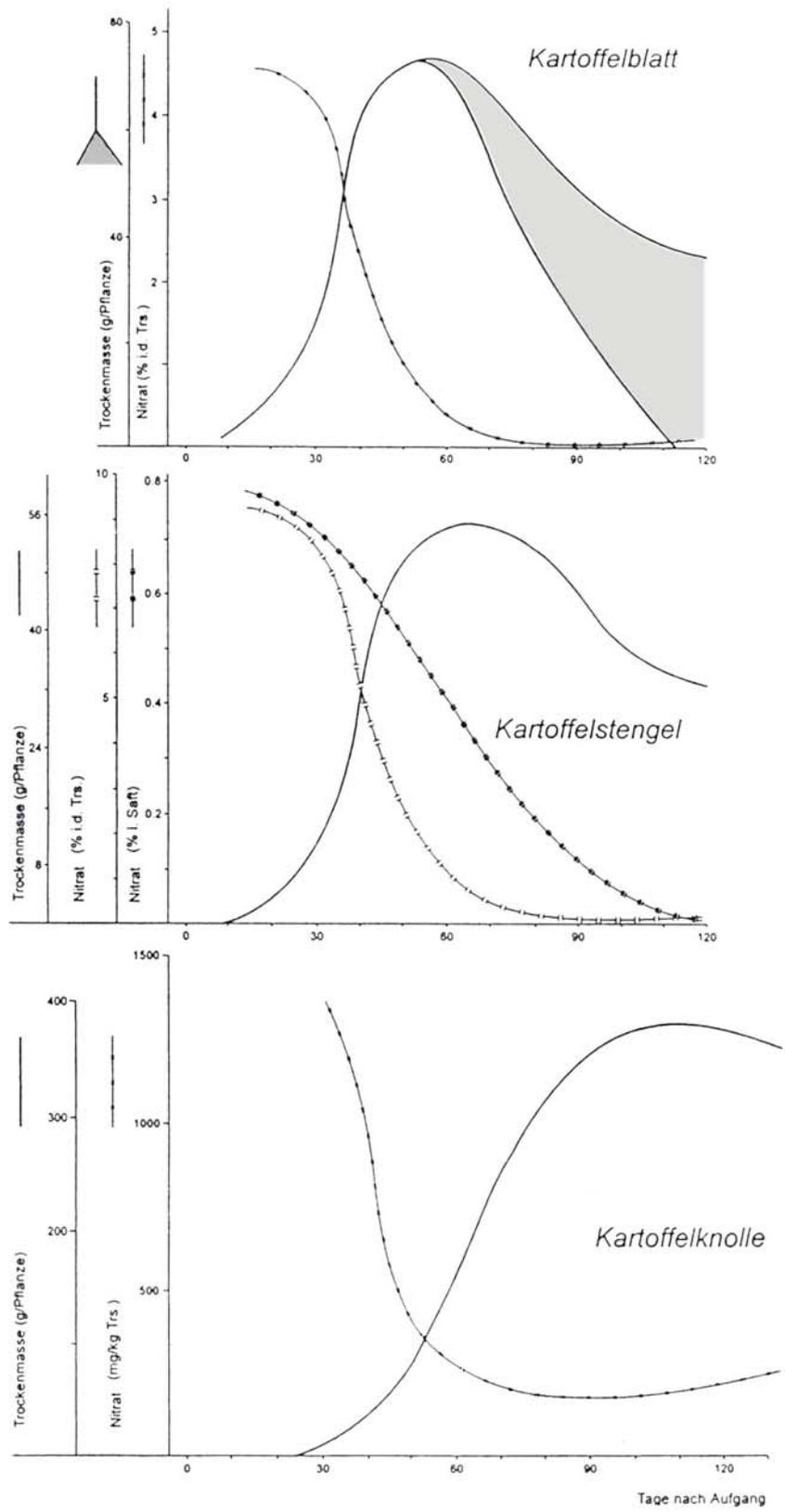


Abb. 1: Entwicklung der Gehalte an Nitrat und der Trockenmasse (Blattgelb = schraffiert) in der Kartoffelpflanze im Verlauf der Vegetation

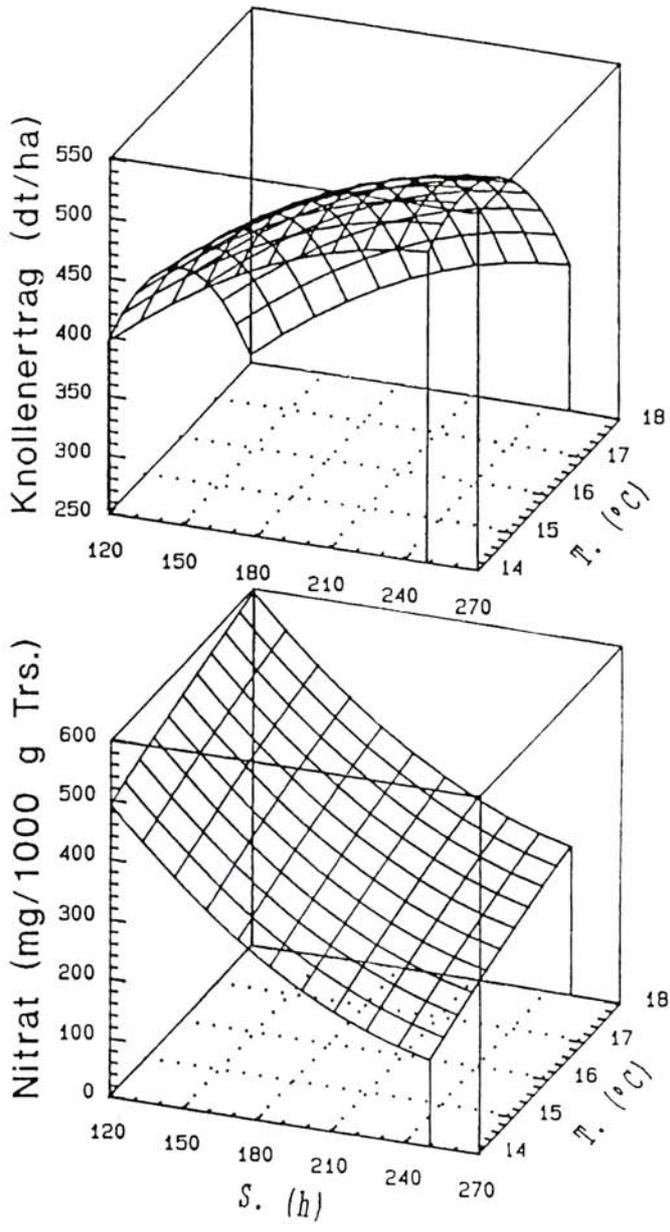


Abb. 2: Einfluß von Sonnenscheindauer (S.) und Temperaturen (T.) in den Monaten Mai bis August auf die Knollenerträge und Gehalte an Nitrat in Kartoffelknollen

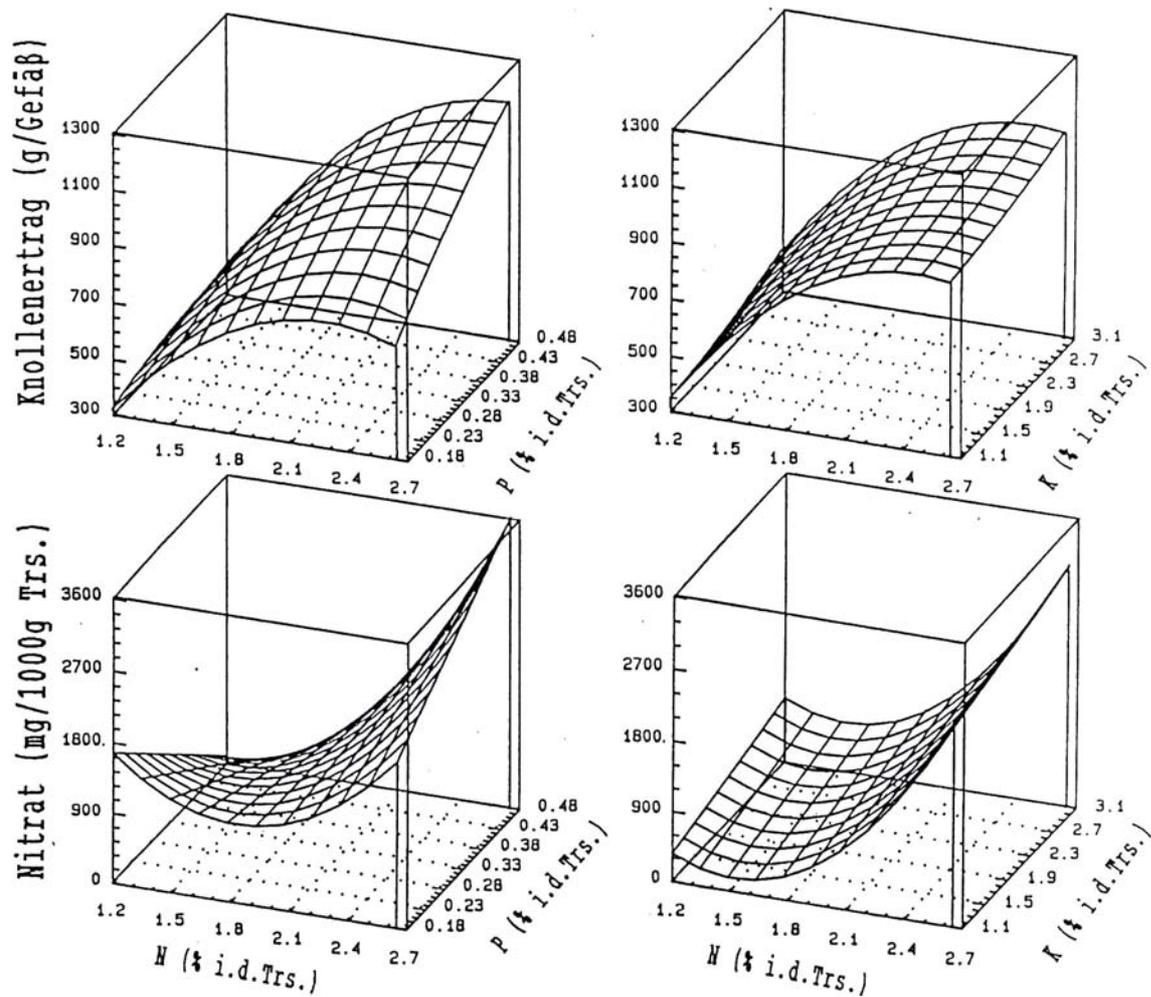
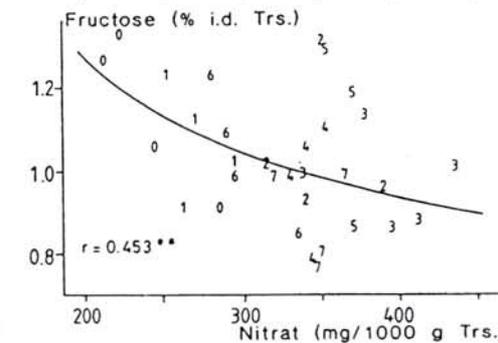
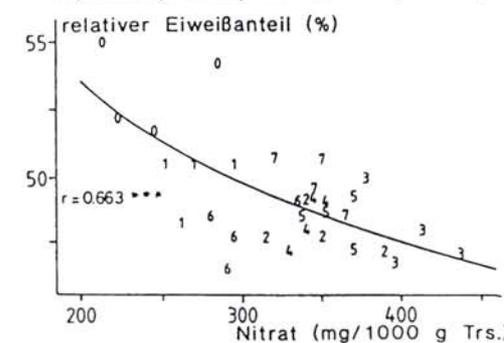
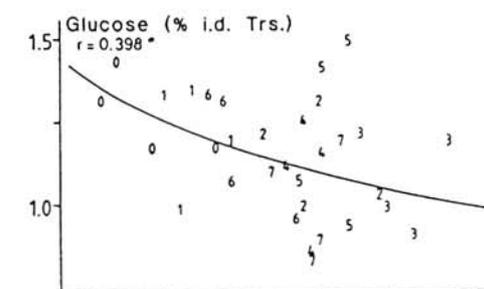
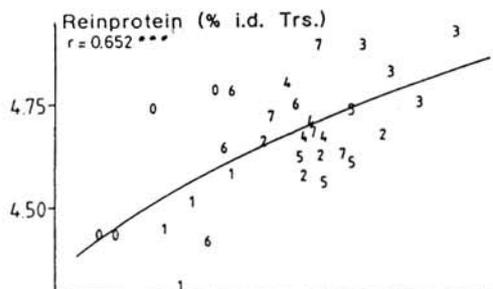
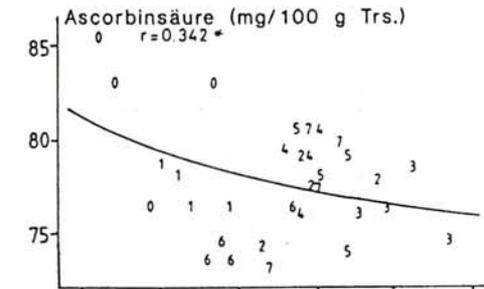
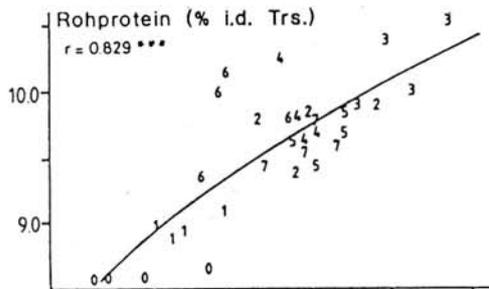
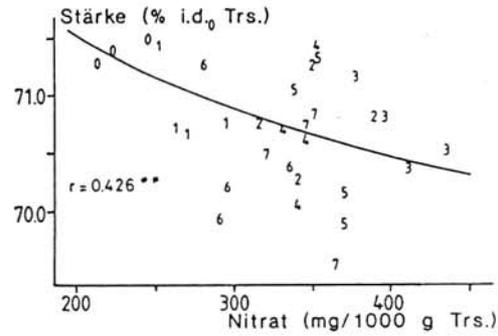
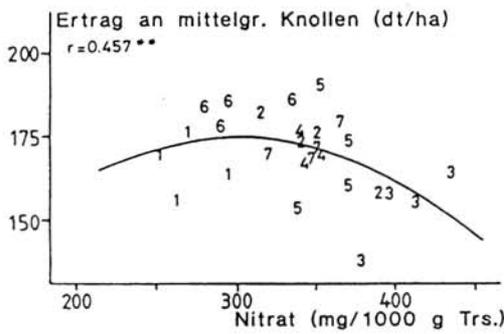
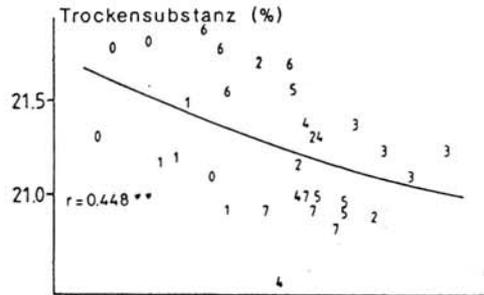
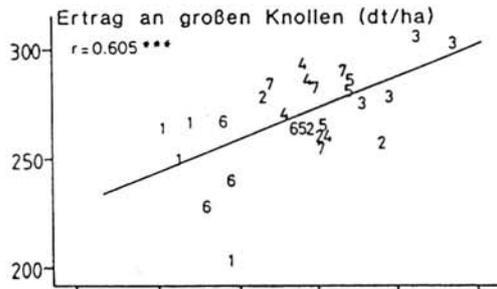
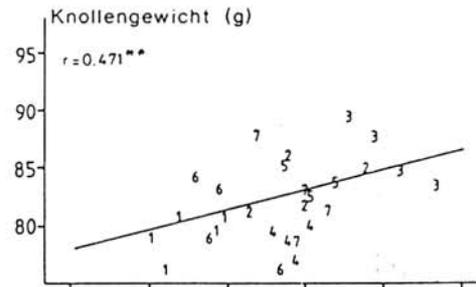
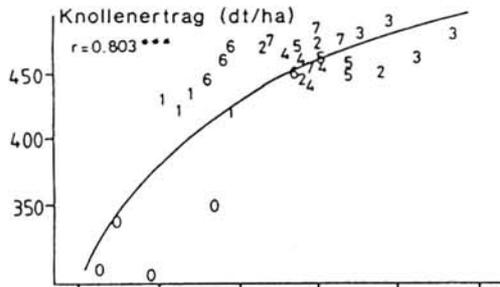
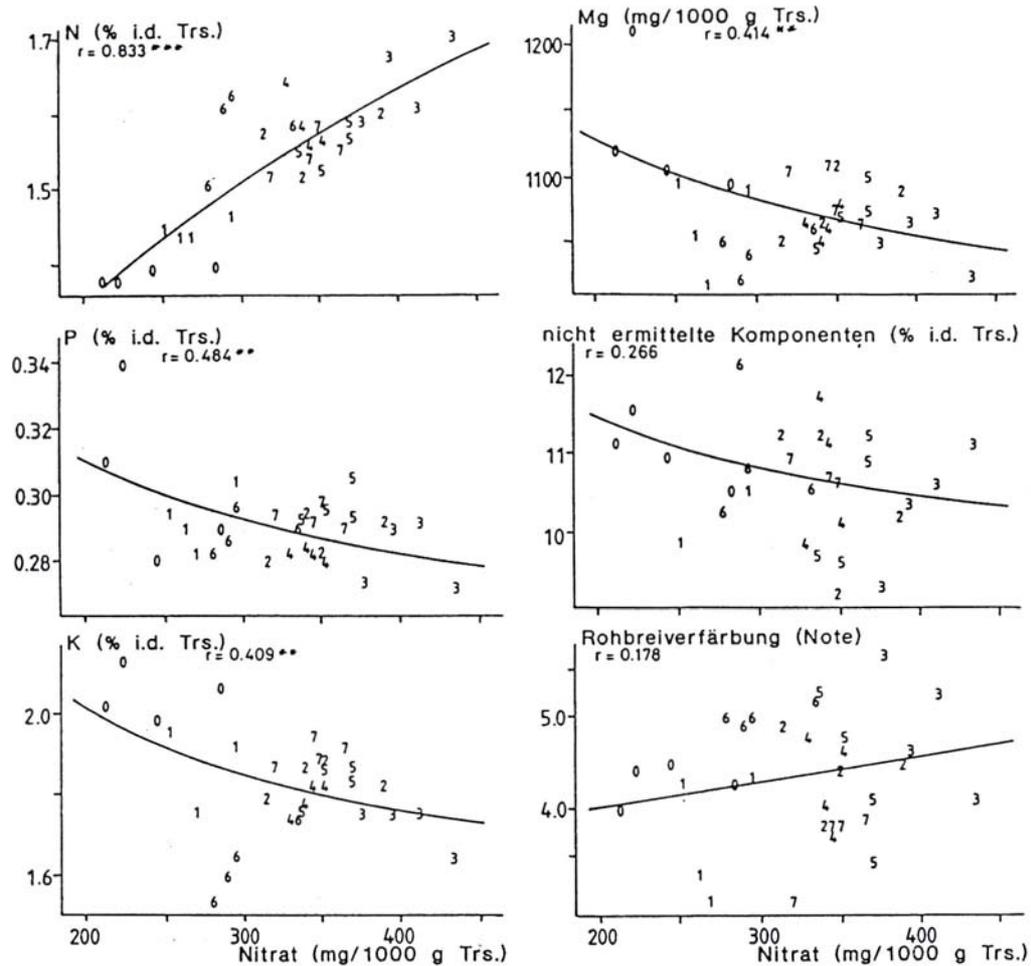


Abb. 3: Einfluß einer steigenden Ernährung mit Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) von Kartoffeln auf die Knollenerträge und Gehalte an Nitrat ermittelt aus Gefäßversuchen (praxisrelevante Bereiche: 1,3 - 2,0 % N; 0,2 - 0,4 % P; 1,5 - 2,8 % K)





Variante	0	1	2	3	4	5	6	7	Düngungsplan (kg/ha)
N	0	80	120	160	120	120	120	120	
P ₂ O ₅	0	120	120	120	80	160	120	120	
K ₂ O	0	200	200	200	200	200	100	300	
MgO	0	50	50	50	50	50	50	50	

Abb. 4: Beziehungen zwischen den Gehalten an Nitrat und Qualitätsmerkmalen der Knollen gewonnen aus Düngungssteigerungsversuchen

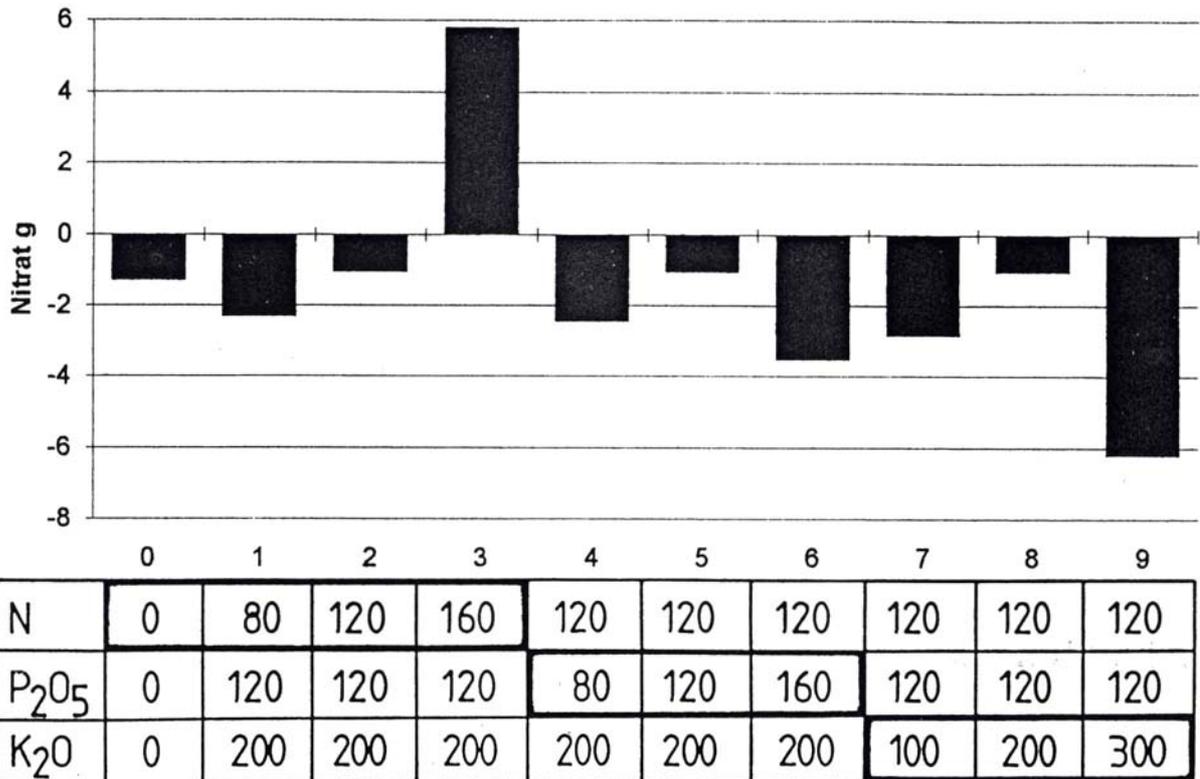


Abb. 5: Einfluß steigender Düngung (kg/ha) auf die Veränderung der Werte an Nitrat in 100 kg Kartoffeln (Trs.) nach einer sechsmonatigen Lagerung (4 °C, ≥ 90 % rel. Luftfeuchte)