

Reaktion neu zugelassener Kartoffelsorten auf unterschiedliche Stickstoffversorgung

Thomas Hebeisen¹, Theodor Ballmer¹, Roger Wüthrich¹ und Brice Dupuis²,

¹Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zürich

²Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil, 1260 Nyon

Auskünfte: Thomas Hebeisen, E-Mail: thomas.hebeisen@art.admin.ch, Tel. +41 44 377 74 50



Übersicht über die Kartoffelversuchsparzelle 2008 in Reckenholz. (Foto: ART)

Einleitung

Dem individuellen Kartoffelbestand eine an die Jahreswitterung, die Standortsbedingungen sowie an den Sortentyp angepasste Stickstoffmenge (N) anzubieten, ist eine grosse Herausforderung auch für die professionellere Produktion. Wegen weitem Reihenabstand und schwach, nicht tief reichendem Wurzelwerk nimmt die Kartoffel bis 60 % des verfügbaren N auf (Vos 1997). Bis zu einer Staudenhöhe von 10 cm ist die N-Aufnahme dank der Versorgung durch die Mutterknolle sehr gering. Anschliessend ist sie während vier bis fünf Wochen sehr hoch (Walther *et al.* 1996). Die Kartoffel reagiert mit ihrer Ertragsleistung vergleichsweise stark auf N-Mangel. Zu hohes N-Angebot bewirkt ein zu üppiges Krautwachstum. Als Konsequenz sind die Knollenentwicklung und damit die Abreife der Pflanzen verzögert. Nicht von den Wurzeln aufgenommener N kann durch Lachgasverluste oder Nitratauswaschung verloren gehen, was Luft und Wasser belastet. Nitrat-Richtlinie in den EU-Ländern (1991) oder die Einfüh-

rung der Suisse-Bilanz als Nachweis über die betrieblichen Mengen an N und Phosphor im Rahmen des ökologischen Leistungsausweis sind seit einiger Zeit zum Schutz der natürlichen Ressourcen eingeführt worden. Verbesserungen sind in vielen Ländern nachgewiesen worden. Landwirtschaftliche Dünger tragen zum Nährstoffeintrag in Oberflächengewässer und ins Grundwasser bei. Produzentinnen und Produzenten sind sich ihrer Verantwortung heutzutage bewusst. Sie optimieren ihre Produktion möglichst kosten- und qualitätsbewusst. Die Nährstoffversorgung ist von einigen nicht oder nur beschränkt beeinflussbaren Faktoren abhängig. Bedeutende Einflussfaktoren sind zum Beispiel die Jahreswitterung, die Bodenart, die Nachlieferung aus dem Abbau von organischer Substanz, die Bewirtschaftungsmassnahmen (Anbautechnik, Bewässerung) sowie Kenntnisse zum N-Bedarf der angebauten Sorte.

Viele Untersuchungen und Modellansätze haben das Verständnis der N-Umsetzung im Boden auch bei Kartoffeln verbessert (Haverkort und MacKerron 2000).

Vos und MacKerron (2000) zeigten, dass die N-Ausnutzungseffizienz durch eine Aufteilung der N-Gaben sowie durch zusätzliche Boden- (z. B. Nmin) und verschiedene Pflanzenanalysen verbessert werden kann. Damit soll die immer wieder auftretende Variabilität im N-Angebot gepuffert werden. Die Qualitätsbeeinflussung durch die applizierte N-Düngung ist in vielen Untersuchungen nachgewiesen worden. Ein N-Überschuss kann Zwiewuchs, Hohlherzigkeit und die Beschädigungsanfälligkeit fördern (zum Beispiel Kolbe 2001).

Ziel der N-Bedarfsversuche der Agroscope Forschungsanstalten ist es, den sortentypischen N-Bedarf von neuen Speise- und Verarbeitungssorten zu ermitteln. Eine Übernahme von Angaben ausländischer Züchter oder Forschungsinstituten in die Schweiz ist wegen unterschiedlicher Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse, Standorts- (z. B. Bodenart) und Bewirtschaftungspraktiken nicht möglich (zum Beispiel van Loon 1994). Unterschiedliche agrarpolitische Rahmenbedingungen zum Beispiel zum Schutz der natürlichen Ressourcen sind mit zu berücksichtigen.

Material und Methoden

2008 und 2009 wurden auf den Versuchsbetrieben Changins-Nyon (Cgi, VD) und Reckenholz (Re, ZH) N-Bedarfsversuche mit neuen Speisekartoffelsorten durchgeführt. Die Versuchsstandorte wiesen vergleichbare Bodenarten auf. In Changins wurden Phosphor (80–100 kg P_2O_5), Kalium (300–400 kg K_2O) und Magnesium (25–30 kg Mg) im Herbst in Form von Handelsdüngern gemäss den GRUDAF-Normen (Flisch *et al.* 2009) zugeführt. Im Reckenholz wurde im Herbst jeweils 25 t Kompost als Grunddüngung ausgebracht. Die Böden der beiden Standorte sind mit P und K als genügend gut versorgt zu betrachten. Die pH-Werte waren in den Versuchspartellen im schwach-alkalischen Bereich. Die Böden sind bezüglich Stickstoffdynamik als «ausreichend/normal» zu bezeichnen (Flisch *et al.* 2009).

Im 2008 wurde in Changins am 28. April beziehungsweise im Reckenholz am 5. Mai gepflanzt. Im 2009 wurde die beiden Versuche am 6. und 7. April gepflanzt. Von jeder Sorte wurde in vier Wiederholungen eine Versuchsfläche mit 50 Knollen (Cgi) sowie von 100 Knollen (Re) ausgepflanzt. Der Pflanzabstand betrug 33 cm (400 Pflanzen pro Are).

Folgende N-Verfahren wurden unterschieden:

N_0 = keine N-Düngung // $N_{B_{80}}$ = 80 kg Biorga Quick (12 % organischer N) // N_{80} = 80 kg N, N_{120} = 120 kg N, N_{160} = 160 kg; N_{200} = 200 kg N als Ammoniumnitrat (27,5 % N). Die Teilmengen wurden bereits vor oder

Zusammenfassung

2008 und 2009 untersuchten die beiden Forschungsanstalten Agroscope Changins-Wädenswil ACW und Agroscope Reckenholz-Tänikon ART in Feldversuchen an den Standorten Changins-Nyon (VD) und in Zürich-Reckenholz den sortenspezifischen Stickstoff (N)-Bedarf von Gourmandine, Jelly, Laura sowie Lady Jo (nur in Changins). Die N-Verfahren variierten von 0 bis 200 kg N pro Hektare. Alle Sorten reagierten auf die zunehmende N-Versorgung mit einem höheren Roh- und Marktwarenertrag. Ab einer N-Gabe von 120 kg/ha konnten jedoch keine signifikanten Mehrerträge nachgewiesen werden. Die Sorte Gourmandine erbrachte signifikant höhere Roh- und Marktwarenerträge als Jelly und Laura. Je höher die N-Versorgung, desto niedriger waren die Stärkegehalte in den Knollen. Knollen von N gedüngten Pflanzen wiesen tendenziell eine leicht höhere Beschädigungsanfälligkeit auf als Knollen aus den ungedüngten Verfahren. Die Backfarben von Pommes Chips hergestellt aus Knollen von ungedüngten Pflanzen waren leicht heller als von Knollen der gedüngten Pflanzen. Die Sorten Gourmandine, Jelly und Laura erbringen bei mittleren N-Gaben von 100 bis 120 kg N/ha hohe Marktwarenerträge. Diese Versuche bestätigten den hohen Einfluss der Jahreswitterung und der Standortsbedingungen auf die Ertragsleistung der Kartoffel.

direkt nach der Pflanzung (40 kg N), bei einer Pflanzhöhe von 10 cm (fausthoch) sowie in kurzem Zeitabstand vor dem Bestandesschluss ausgebracht.

Witterungsbedingungen und Wasserversorgung 2008 und 2009

Im 2008 verzögerte sich die Aussaat vor allem wegen dem niederschlagsreichen April bis in die erste Dekade Mai. In Changins ist der Versuch zu Beginn Juli mit 30 mm bewässert worden. Die Niederschlagsverteilung im Reckenholz war günstiger.

Im 2009 konnte wegen des niederschlagsarmen Aprils sehr früh gepflanzt werden. Die Monate April bis September waren alle überdurchschnittlich warm. Der Jahresniederschlag war in Zürich sehr günstig verteilt, während in Changins ab Ende Mai fünfmal mit jeweils 30 mm bewässert werden mussten.

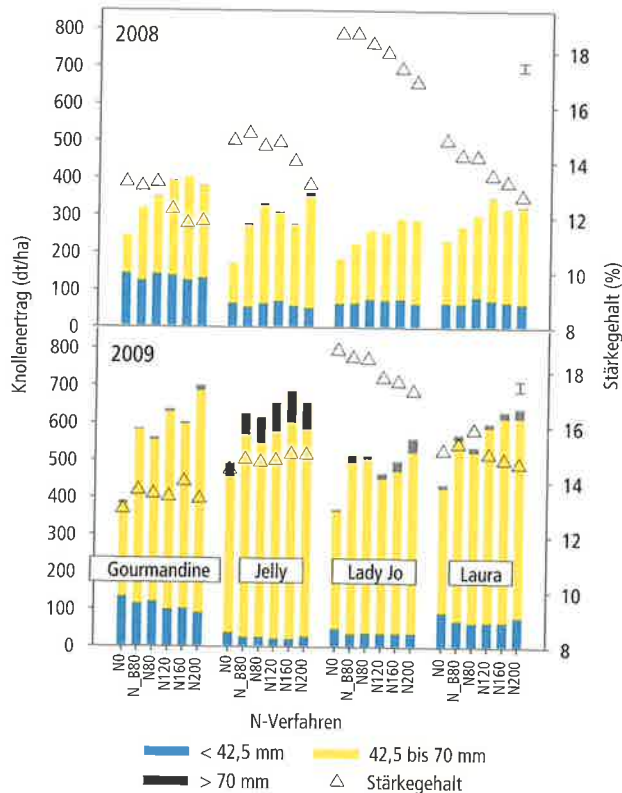


Abb. 1a | Rohrertrag und Stärkegehalt verschiedener Kartoffelsorten in Abhängigkeit von der gedüngten N-Menge; Standort Changins; Versuchsjahre 2008 und 2009.

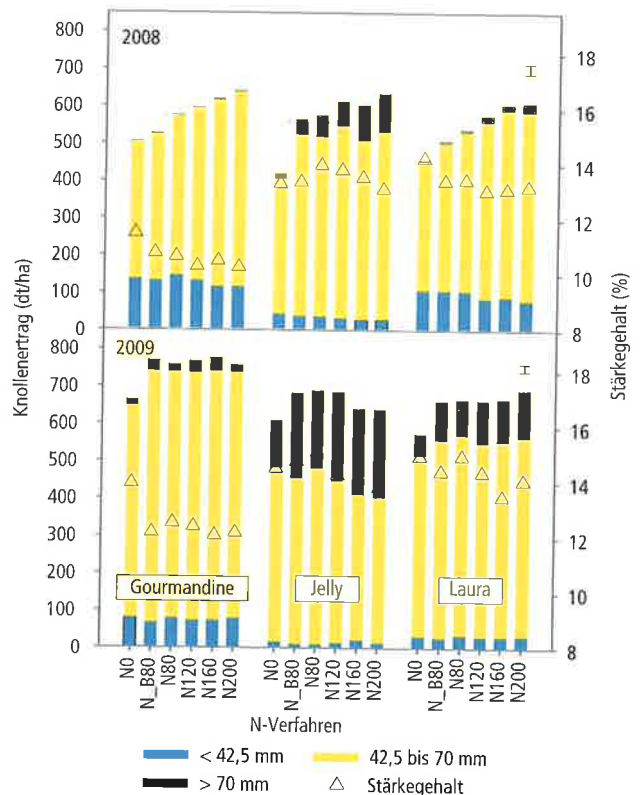


Abb. 1b | Rohrertrag und Stärkegehalt verschiedener Kartoffelsorten in Abhängigkeit von der gedüngten N-Menge, Standort Reckenholz, Versuchsjahre 2008 und 2009.

Standorte unterscheiden sich in ihren N_{min}-Gehalten deutlich

Analysen von jeweils im April gezogenen Bodenproben zeigten, dass in Changins niedrige N_{min}-Gehalte (0–60 cm Bodentiefe) von 20 (2008) beziehungsweise von 35 kg N/ha (2009) vorhanden waren. Im Reckenholz lagen die N_{min}-Gehalte im Mai bei 88 (2008) beziehungsweise bei sehr hohen 169 kg N/ha (2009). Die Bedingungen für die Mineralisation des Bodenstickstoffs waren optimal. Wegen der niederschlagsarmen Monate März und April war vermutlich auch die N-Auswaschung niedrig.

Sortenspektrum und untersuchte Parameter

Die sortenspezifische Reaktion auf unterschiedliche N-Gaben der Speisekartoffelsorten Gourmandine, Jelly und Laura wurde untersucht. Alle drei Sorten zeichnen sich durch eine hohe Ertragsleistung, eine gute Speisequalität sowie eine gute Lagerungseignung aus. Sie sind alle eher mittelspät bis mittelfrüh abreifend. Die für die Pommes Chips Herstellung geeignete Sorte Lady Jo stand nur in den Versuchen in Changins. Sie ist mittelfrüh abreifend.

Neben agronomischen Beurteilungen im Feld wurde in Cgi auch der Chlorophyllgehalt (Hydro-N-Tester) indirekt durch die Grünfärbung der Blätter gemessen

(eine Messung pro Vegetationsperiode). Die chemische Krautvernichtung wurde in Changins in der letzten Dekade Juli; im Reckenholz in der ersten Dekade August chemisch durchgeführt. Das Erntematerial wurde in Marktwarenertrag (Kaliber 42,5–70 mm), Unter- (< 42,5 mm) beziehungsweise Übergrößen (> 70 mm) aufgeteilt. Anhand von Mischproben über die N-Verfahren wurden der Stärkegehalt und die Beschädigungsanfälligkeit mit dem Schütteltest gemessen. Der Blauflecken-Index berechnet sich aus dem Produkt der Beschädigungshäufigkeit mit der Beschädigungsstärke der geschälten Knollen (4 × 50 Knollen pro N-Verfahren). Ein Knollenmischmuster von jedem Verfahren wurde jeweils während 135 Tagen (Talenton als Keimhemmungsmittel) eingelagert. Die Lagerungseignung wurde benotet und die Gewichtsverluste gewogen.

Mit Frittierversuchen wurde die Rohstoffqualität von 8° C gelagerten Knollen anhand der Backfarbe von Pommes Chips (3 Min. bei 170 °C) unter Verwendung der Wageninger Farbtafeln beurteilt. Eine Backfarbe von Note 1 entspricht einem dunkelschwarzen beziehungsweise eine Note von 9 einem sehr hellen Pommes Chips.

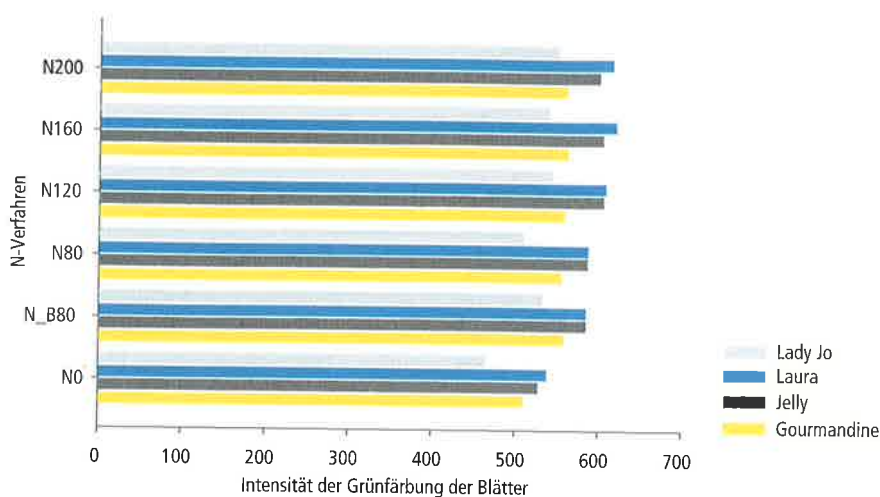


Abb. 2 | Intensität der Grünfärbung der Blätter verschiedener Kartoffelsorten in Abhängigkeit von der gedüngten N-Menge; Standorte Changins, Mittelwert aus jeweils einer Messung pro Vegetationsperiode mit dem N-Hydro-Tester.

Statistische Auswertungen

Alle Daten wurden gemeinsam statistisch ausgewertet, da insbesondere allfällige Wechselwirkungen zwischen den Sorten und der gedüngten N-Menge der beiden Versuchsjahre und Standorte interessant sind. In den Grafiken sind die Ergebnisse getrennt dargestellt, damit vor allem jahres- und standortsbedingte Unterschiede in der Wasserverfügbarkeit und in der Stickstoffnachlieferung besser ersichtlich sind. Die Varianz der Daten wurde auf Normalverteilung (SAS) geprüft. Als Signifikanzniveau wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % angenommen.

Resultate und Diskussion

Einfluss der N-Verfahren auf Gesamt- und Marktwarenenertrag

Im Durchschnitt der verschiedenen Sorten und N-Verfahren waren die Roherträge im 2008 um 45 % niedriger als im 2009. Dies lässt sich wahrscheinlich durch die späte Pflanzung und die nicht optimalen Bodenbedingungen vor und nach der Pflanzung erklären. Über beide Jahre erzielten die Sorten im Durchschnitt am Standort Changins einen um 38 % niedrigeren Rohertrag als im Reckenholz. Dies erklärt sich vor allem durch die deutlich niedrigeren Knollenerträge im 2008 in Changins (Abb. 1). Gemittelt über die N-Verfahren und alle Sorten bewirkte eine N-Gabe von nur gerade 80 kg N einen Mehrertrag von 25 % im Roh- beziehungsweise von 28 % im Marktwarenenertrag im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle. Die Steigerung der N-Gabe von 80 kg auf 200 kg bewirkte einen Mehrertrag von weiteren 8 % im Roh- beziehungsweise

weise von 9 % im Marktwarenenertrag. Der abnehmende Ertragszuwachs mit steigender N-Zufuhr wurde deutlich sichtbar (Abb. 1). Mit 80 kg/ha Biorga Quick gedüngte Pflanzen erbrachten absolut vergleichbare Roh- und Marktwarenenerträge wie die mit derselben Menge an mineralischem N gedüngten Pflanzen. Die Sorte Gourmandine war signifikant ertragsstärker als die beiden anderen Sorten Jelly und Laura. Die relativen Unterschiede zwischen den beiden Standorten im Roh- beziehungsweise im Marktwarenenertrag waren vor allem bei der Kontrolle ohne N-Düngung mit 63 % respektive 87 % sehr gross. In den mit N gedüngten Parzellen schwankten sie zwischen 25 und 30 %. Dies ist vermutlich durch das höhere Nmin-Angebot und das ausgeglichener Wasserangebot in beiden Versuchsjahren am Standort Re zurückzuführen.

Im Durchschnitt der beiden Versuchsjahre und Standorte betrug der relative Marktwarenanteil am Rohertrag ohne N-Düngung 73,6 %, während er bei einer Gabe von 80 kg N auf 78 % anstieg. Bei zunehmender N-Versorgung hätten wir einen höheren Anteil an übergrossen Knollen erwartet wie wir es in den Düngungsversuchen 2005 bis 2007 beobachtet hatten (Dupuis *et al.* 2009). Dies war aber nur am Standort Reckenholz ersichtlich. An beiden Standorten wurden maximale Roherträge bereits bei niedrigerem N-Niveau erreicht. Der zusätzliche N konnte sich gar nicht mehr auswirken (Abb. 1a, b).

Ungedüngte Pflanzen hatten hellere Blätter

Nicht mit N gedüngte Pflanzen wiesen im Durchschnitt der vier Sorten in beiden Jahren niedrigere Messwerte «Chlorophyllgehalte» (\bar{x} 502) auf als die gedüngten >

Pflanzen (\emptyset 589). Eine relative Unterversorgung mit N war damit erkennbar. Die Intensität der Grünfärbung der Blätter wurde aber auch durch den Genotyp beeinflusst. Die beiden Sorten Lady Jo und Gourmandine wiesen unabhängig von der gedüngten N-Menge immer hellere Blätter auf (Abb. 2). Zwischen den beiden Jahren wurde ein geringer Unterschied in der Grünfärbung beobachtet (2008: \emptyset 563; 2009: \emptyset 559). Mit nur einer Punktmessung im Wachstumsverlauf konnten die Unterschiede in den gedüngten Verfahren ab einer Versorgung von 120 kg N nicht deutlich erkannt werden. Goffart *et al.* (2008) berichtete, dass eine Differenzierung wegen dem Luxuskonsum der Pflanzen von Nitrat nicht nachgewiesen werden kann. Allfällige Unterschiede im N-Versorgungsgrad wären erst gegen Ende des Wachstumsverlaufs deutlicher erkennbar. Verschiedene Einflussfaktoren wie Standorts-, Witterungs- und Bewirtschaftungsbedingungen sind bekannt, die diese Messwerte beeinflussen können.

N-Verfahren beeinflussten die Beschädigungsanfälligkeit geringfügig

Knollen der ungedüngten Pflanzen wiesen mit einem durchschnittlichen Index von 25 die geringste Beschädigungsanfälligkeit auf. Die insgesamt geringen Unterschiede waren jedoch nur zwischen ungedüngt (\emptyset 25) und gedüngt (\emptyset 32) zu erkennen. Innerhalb der Knollen der gedüngten Verfahren traten im Durchschnitt der Sorten keine Unterschiede auf. Diese Indexwerte liegen im unteren Bereich der Kategorie «mittlere Beschädigungsanfälligkeit» und bestätigten, dass die Knollen der untersuchten Sorten insgesamt wenig beschädigungsanfällig sind. Diese Ergebnisse bestätigten ihre Einstufung in der Sortenliste (Hebeisen *et al.* 2011).

Lagerungseignung wurde durch N-Verfahren nicht beeinflusst

Im Durchschnitt der vier Sorten wiesen die Knollen des ungedüngten Verfahrens eine Lagerungsnote von 3,5 und einen Gewichtsverlust von 5,9% nach einer jeweils 135-tägigen Lagerungszeit auf. Knollen aus den mit 200 kg N gedüngten Verfahren lagerten sich tendenziell eher besser (3,1) und verloren 5,8 Gewichtsprozente während der Lagerung.

Sortenspezifische Unterschiede in der Lagerungseignung und Auswirkungen der Jahreswitterung sind bedeutender als die Effekte, die durch eine zu hohe N-Versorgung verursacht werden.

Knollen der Sorten Laura (\emptyset 6,8%) und Jelly (\emptyset 6,1%) zeigten höhere Gewichtsverluste am Lager als diejenigen von Lady Jo (\emptyset 5,7%) beziehungsweise von Gourmandine (\emptyset 4,9%).

Hellste Pommes Chips aus Rohstoff von ungedüngten Pflanzen

In beiden Versuchsjahren wiesen die Pommes Chips hergestellt aus den Knollen der ungedüngten Verfahren mit einer Backfarbe von Note 5,4 die beste Verarbeitungseignung auf. Mit zunehmender N-Versorgung verschlechterte sich die Backfarbe im Durchschnitt der drei Speisekartoffelsorten von Note 5,3 (80 kg N) auf Note 5 (200 kg N). Diese Verschlechterung der Pommes Chips-Backfarbe war mit dem Knollenmaterial der beiden Standorte festzustellen. Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu den Untersuchungen von Walther und Maag (1990) mit den Sorten Bintje und Eba. Sie konnten weder einen Einfluss der N-Menge noch des Zeitpunktes der Applikation auf die Pommes Chips-Backfarbe feststellen.

Schlussfolgerungen

In den GRUDAF 2009 richten sich die N-Düngungsnormen am ökonomischen Optimum aus. Dieses berücksichtigt Zielkonflikte wie Ertrags-, Qualitätssicherung und Minimierung der N-Verluste am besten. Der Ertrag bei Nopt ist damit immer niedriger als der Maximalertrag. Steigerungen bis zur Nopt-Menge verhindern, dass nach der Ernte noch hohe Restmengen an N vorhanden und damit ein Auswaschungsrisiko besteht (Richner *et al.* 2010).

Unsere Versuche bestätigen, dass die Ertragsleistung von Kartoffeln stark durch die jahres- und standortsbedingte Variabilität in der N-Nachlieferung aus der organischen Substanz beeinflusst wird. Die Speisekartoffelsorten Gourmandine, Jelly, Laura sowie die Verarbeitungssorte Lady Jo setzen die gedüngten Nährstoffe gut um. Sie erzielen hohe Marktwarenerträge bereits ab einer N-Gabe von 100 kg bis 120 kg N.

Aus ökologischen und ökonomischen Gründen ist es sinnvoll, die vorgesehene N-Menge möglichst in Teilmengen aufzuteilen. Mögliche Anpassungen an die jahres- und standortspezifische N-Mineralisation können für die weiteren N-Gaben berücksichtigt werden.

Die N-Düngung der Sorten Gourmandine, Jelly, Laura und Lady Jo ist nach der Formel 160 kg minus Nmin-Gehalt (0–60 cm) zu bemessen. Die Standorte, die heute für den Kartoffelbau genutzt werden, weisen in Jahren mit günstigen Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen ein hohes N-Nachlieferungspotenzial auf. Bereits mit geringen N-Mengen können hohe Marktwarenerträge mit guter Speise- und Verarbeitungsqualität gesichert werden. In Jahren mit hoher Nitratauswaschung in den Wintermonaten und einer späten Pflanzung in wenig erwärmte Böden kann eine erhöhte N-Düngung gerechtfertigt sein. ■