

# Kartoffeln im Ökolandbau

Informationen für Praxis und Beratung



# Kartoffeln im Ökolandbau

## Informationen für Praxis und Beratung

Hartmut Kolbe, Wolfgang Karalus, Martina Schuster, Martin Hänsel, Annette Schaeff, Birgit Pölitz

1	Einleitung .....	4
2	Botanik und Entwicklungsstadien.....	5
3	Standortansprüche .....	7
4	Nährstoffversorgung und Düngung .....	9
5	Fruchtfolgestellung und Zwischenfruchtanbau .....	16
6	Sortenwahl.....	18
7	Anbautechnik und Pflegemaßnahmen.....	22
8	Krankheiten und Schädlinge.....	30
9	Ernte.....	36
10	Lagerung .....	38
11	Aufbereitung.....	42
12	Wirtschaftliche Bewertung.....	48
13	Pflanzguterzeugung.....	53
	Weiterführende Literatur .....	55

# 1 Einleitung

Die ökologisch erzeugte Kartoffel erfreut sich großer Beliebtheit und Akzeptanz beim Verbraucher und eignet sich hervorragend für die Direktvermarktung. In den letzten Jahren werden Ökokartoffeln auch zunehmend über Discounter vermarktet. Daher ist der Anbau von Speisekartoffeln für viele ökologisch wirtschaftende Betriebe ein bedeutender Produktionszweig. Er trägt zu einem wesentlichen Teil zum Betriebseinkommen bei. Unter den besonders umweltschonenden Produktionsbedingungen des Ökolandbaus werden erheblich niedrigere Durchschnittserträge erzielt als in der konventionellen Landwirtschaft, die jedoch durch deutlich höhere Erzeugerpreise ausgeglichen werden können.

Allerdings stellt der ökologische Anbau von Speisekartoffeln hohe Anforderungen an Wissen und Können der Erzeuger. Probleme bereiten insbesondere ein ungenügendes Stickstoffangebot im Frühjahr, ein hoher Krankheits- und Schädlingsbefall sowie die oft starke Spätverunkrautung der Bestände. Grundsätzlich steht ein breites Spektrum bodenverbessernder und pflanzenstärkender Maßnahmen wie Fruchtfolgegestaltung, organische Düngung, Einsatz biologischer Pflanzenschutzmittel sowie Beregnung zur Verfügung.

Die vorliegende Broschüre soll in kurzer Form unter Berücksichtigung aktueller Forschungsergebnisse die spezifischen Anforderungen an eine ökologische Erzeugung, Lagerung und Aufbereitung von Speisekartoffeln aufzeigen und somit eine Hilfe für Praxis und Beratung sein. Für einen tieferen Einblick zum Anbau von Kartoffeln sei auf das Handbuch von MÖLLER et al. (2003) verwiesen.

## 2 Botanik und Entwicklungsstadien

Die Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum* L.) stammt aus Südamerika und weist unter kühlen Bedingungen der gemäßigten Breiten, ausreichender Wasserversorgung und hoher Einstrahlung ihre höchste Leistungsfähigkeit auf. Ihr Wachstumsverlauf ist gekennzeichnet durch das Auspflanzen von Pflanzknollen, vegetatives Wachstum, Knollenanlage und –wachstum sowie Blütenbildung und Absterben der Krautmasse (Abb. 1 – 4).

Die Kartoffelknolle besteht zu 75 % aus Wasser und die Trockensubstanz setzt sich zu 21 % aus Kohlehydraten, 2 % Rohweiß, 1,3 % Mineralstoffe (besonders viel K) und 0,7 % Rohfaser zusammen. Der Gehalt an Vitamin C ist verhältnismäßig hoch.

Kartoffeln können als Speisekartoffeln zum Direktverzehr angebaut werden, wofür meistens zu einem geringeren Umfang Frühkartoffeln und hauptsächlich mittelfrühe Kartoffelsorten verwendet werden. Der Anbau von Speisefrischkartoffeln steht in dieser Broschüre im Mittelpunkt. Darüber hinaus werden Kartoffeln zur industriellen Weiterverarbeitung zu Pommes Frites oder Chips sowie als Wirtschaftskartoffeln bei Nutzung von meistens später abreifenden Sorten für die Herstellung von Stärke, Alkohol und vielen weiteren Produkten angebaut.



**Abbildungen 1 - 3: Kartoffelpflanze nach dem Austrieb, Stadium der Blüte und Kartoffelprobe vor der Ernte**

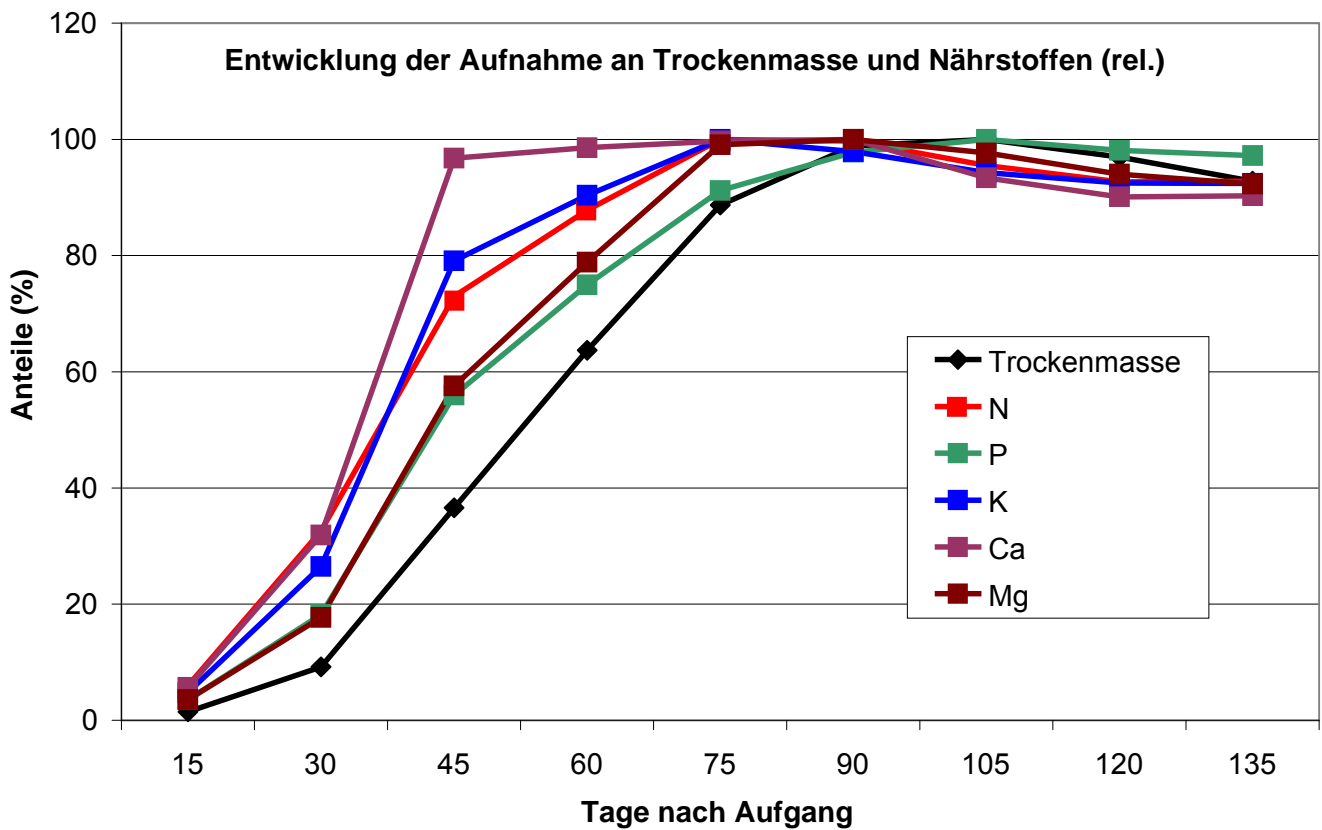
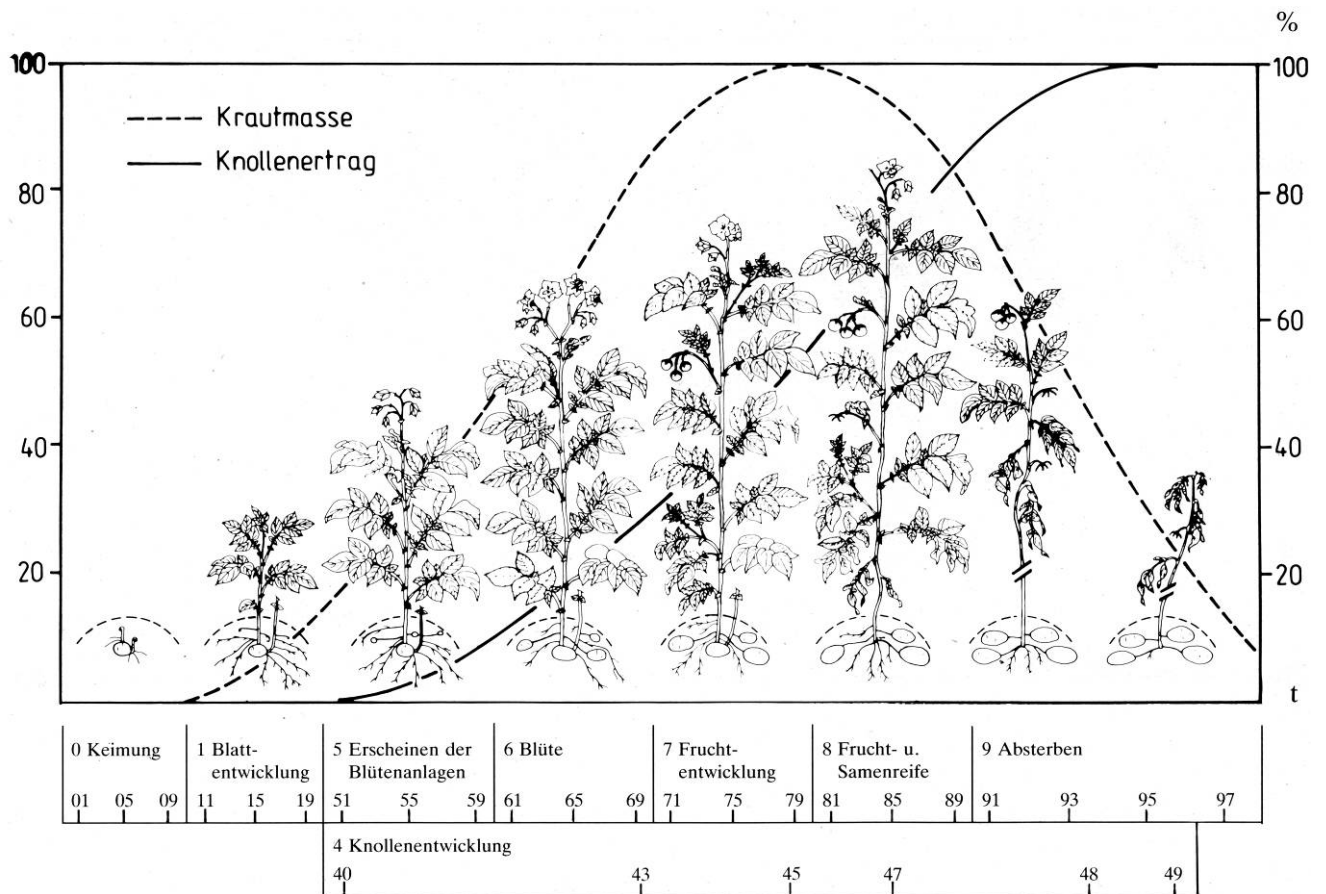


Abbildung 4: Vegetationsstadien, Entwicklung und Nährstoffaufnahme der Kartoffel (Quelle: Vegetationsstadien nach HACK et al., 1993)

# 3 Standortansprüche

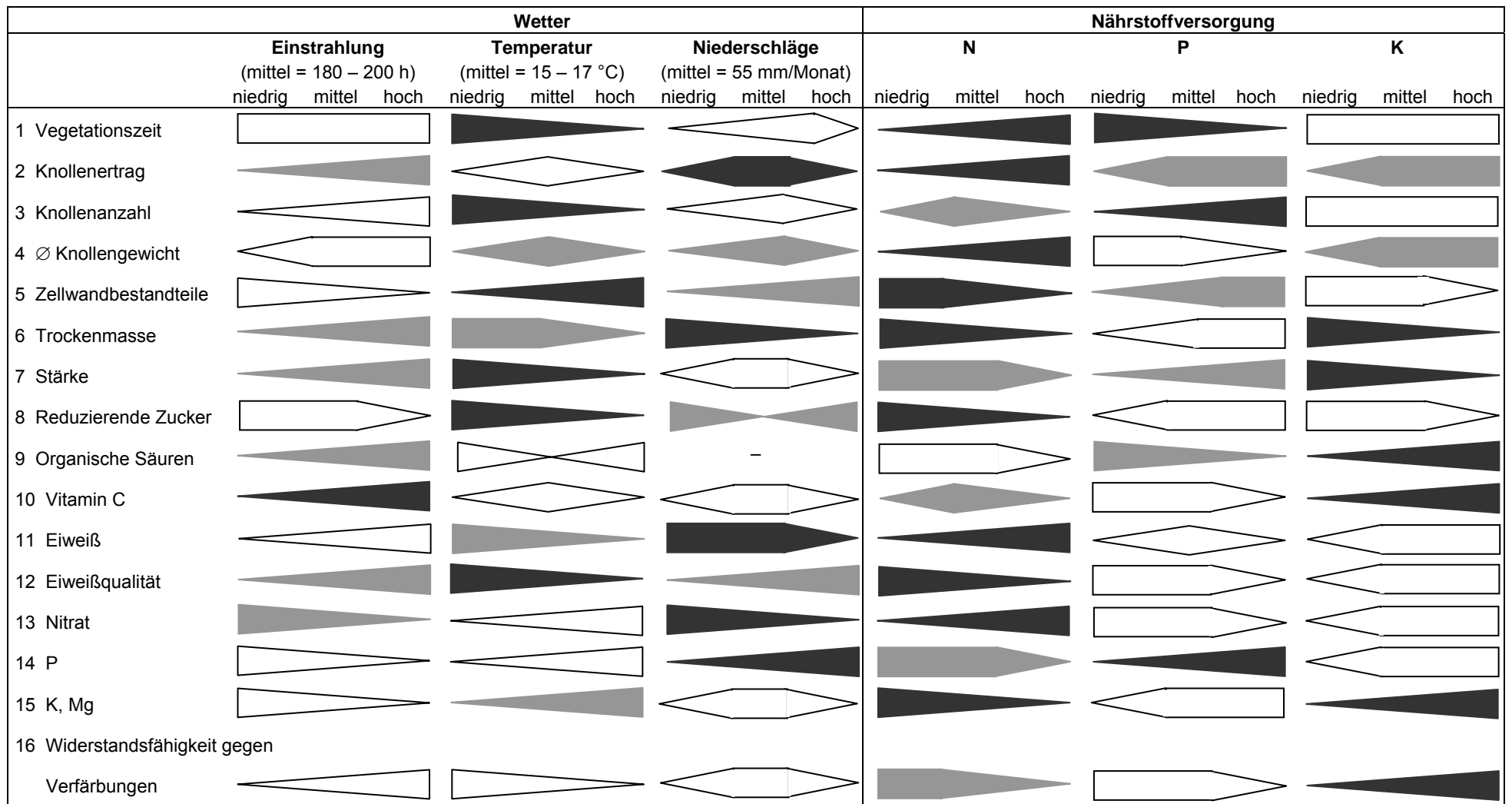
Kartoffeln zeichnen sich durch eine gute Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Böden aus und gedeihen daher auf den meisten Standorten Deutschlands. Im Vergleich zu anderen Früchten haben sie auf leichten Böden ihre höchste wirtschaftliche Konkurrenzkraft. Das liegt daran, weil Kartoffeln sowohl auf leichten, mittleren und schwereren Böden mit ähnlich hohen Erträgen reagieren, während viele andere Fruchtarten die höchsten Erträge auf schwereren Böden erzielen. Gut geeignet sind daher leichte bis mittelschwere Böden, humose lehmige Sande und Lehmböden (Abb. 5). Bei ausreichender Wasserversorgung bieten diese Standorte in der Regel eine gute Erwärmbarkeit, eine lockere Struktur und neigen weniger zur Klutenbildung. Auf schweren, bindigen oder sehr leichten Böden mit geringer Wasserhaltefähigkeit ist mit Ertrags- und Qualitätseinbußen zu rechnen. Auch steinreiche bzw. zur Klutenbildung neigende Böden sind negativ zu bewerten, weil hier die Knollen bei der mechanisierten Ernte und Sortierung häufiger beschädigt werden. Ein zusammenfassender Überblick über den Einfluss der Witterung und Nährstoffversorgung auf Ertrag und Qualität der Kartoffeln kann aus Abbildung 6 entnommen werden.

Das Ertragsniveau liegt um 200 dt/ha und beträgt 50 – 60 % des Niveaus im konventionellen Anbau. Die Ertragsschwankungen sind in der Regel größer als im Getreideanbau. Deshalb sollte die Standortwahl im Ökolandbau eine höhere Beachtung finden, da viele ungünstige Einflüsse auf Wachstum, Entwicklung und Qualität auch auf Standortunterschiede (Bodenart, Witterung, Nährstoffversorgung, Krankheits- und Schädlingsbefall) zurückgeführt werden können (Abb. 6 und Kap. 8).

Je höher die Hürden zur Anwendung bestimmter Pflanzenschutz- und Düngemittel z.B. durch Verbandsregelungen gestellt sind, umso wichtiger ist die Auswahl der Anbauflächen auf den Betrieben anzusehen. Daher sollten Kartoffeln in Problemregionen bzw. auf ungeeigneten Flächen (ungünstige Böden, hohes Schaderreger- und Krankheitsaufkommen auf Grund ungünstiger klimatischer Verhältnisse, etc.) möglichst nicht mehr angebaut werden.



**Abbildung 5: Kartoffeldamm im Querschnitt auf einem Boden mit einer lockeren und krümeligen Struktur**



Einfluss: □ gering    ■ mittel    ■ hoch

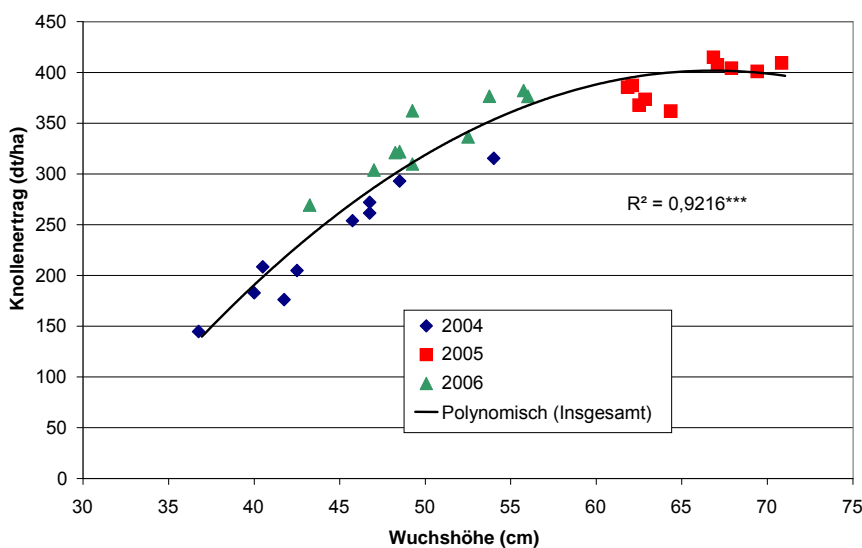
Abbildung 6: Einfluss des Wetters und der Nährstoffversorgung auf Knollenerträge und Inhaltsstoffe von Kartoffeln



# 4 Nährstoffversorgung und Düngung

Die Aufnahme wichtiger Nährstoffe läuft der Trockensubstanzbildung und dem Massezuwachs der Knollen zeitlich voraus (s. Abb. 7). Bereits 45 Tage nach Aufgang hat die Pflanze je nach Nährelement schon über 50 % (P, Mg) bzw. über 70 % (N, K, Ca) der insgesamt benötigten Nährstoffe aufgenommen. Damit die Kartoffelknollen optimal wachsen können, müssen die benötigten Nährstoffe im Boden daher frühzeitig zur Verfügung stehen.

Tritt in der Phase der Krautentwicklung, also insbesondere in den Monaten Mai und Juni eine unzureichende Nährstoffbereitstellung auf, so schlägt sich das über eine verringerte Blattmasse- und Photosyntheseleistung letztendlich in Ertragseinbußen nieder (Abb. 7). Mit zunehmender Wuchshöhe bzw. zunehmendem Kraut-Bedeckungsgrad steigen die Knollenerträge stark an. Wird der Reihenschluss nicht erreicht, kann das auch ein Hinweis auf Mängel in der Bodenstruktur sein. Hierdurch wird sowohl die Wurzelentwicklung als auch die Nährstoffbereitstellung durch die Mineralisation eingeschränkt. Besonders auf schwereren Böden können diese negativen Auswirkungen auch durch Zufuhr fester organischer Düngemittel (Stalldung, Kompost, Gründüngung) vor dem Anbau von Kartoffeln behoben werden (Abb. 8).



**Abbildung 7: Einfluss der Wuchshöhe des Kartoffelkrautes auf die Knollenerträge (Ökofeld Roda in Sachsen, 68 Bodenpunkte)**

Werden Nährstoffe dagegen zu spät bereitgestellt, sind zwar hohe Erträge, aber meistens auch abnehmende Knollenqualitäten (hohe Nitratgehalte) die Folge. Dies kann z.B. bei einem Anbau von Kartoffeln auf fruchtbaren Böden direkt nach mehrjährigen Leguminosen der Fall sein. Aber auch eine zu späte Düngung kann denselben Effekt bewirken, wenn z.B. eine zu hohe Menge an ungenügend verrottetem Dung erst im Frühjahr eingearbeitet wird. Unter bestimmten Witterungsbedingungen setzt die Mineralisierung verzögert ein, so dass der Stickstoff zu spät pflanzenverfügbar wird. Wenn die Pflanzen den Stickstoff zu diesem Zeitpunkt nicht mehr verwerten können, erhöht sich das Risiko der Auswaschung.

Untersuchungen in ökologisch wirtschaftenden Betrieben haben gezeigt, dass häufig nicht der Befall durch Krautfäule der ertragslimitierende Faktor ist, sondern eine zu niedrige N-Versorgung (FINCK et al., 2006). Fruchtfolgegestaltung und Düngung sind daher entsprechend den speziellen Bedingungen des ökologischen Kartoffelanbaus auszurichten.



**Abbildung 8: Nur mit weitgehend geschlossenen Krautbeständen sind angemessen hohe Erträge zu realisieren: ohne Düngung (links); mit Stalldung (rechts; Ökofeld Roda, 68 Bodenpunkte)**

### ► Grundelemente des Nährstoffmanagements im Ökobetrieb

Zur Dokumentation der Anbauabfolge des gesamten Betriebes sind flächenbezogene Aufzeichnungen des Pflanzenbaus (Schlagkartei) und der Tierhaltung (Stallbuch) zu führen. Diese Aufzeichnungen dienen sowohl als Grundlage für die Ökokontrolle, für die Teilnahme an einem Qualitätssicherungssystem (QM-Kartoffel) als auch für die hier aufgeführten Berechnungen und Kalkulationen. Die im Rahmen von Düngungsmaßnahmen veranschlagten Zukaufdüngemittel müssen zudem aus einer Liste erlaubter Betriebsmittel ausgewählt werden (Internet: <https://www.betriebsmittel.org/>→Betriebsmittelliste).

Die Düngedürftigkeit mit bestimmten Zukaufdüngemitteln muss genau dokumentiert, ggf. auch durch den Anbauverband in dem der Betrieb Mitglied ist genehmigt werden. Der Nachweis der Düngedürftigkeit sowie weitere Berechnungen zum Nährstoffmanagement können heute auch mit Hilfe des PC-Programms BEFU erstellt werden, dessen jeweils neueste Version aus dem Internet herunter geladen werden kann (<http://www.landwirtschaft.sachsen.de/befu/>).

Das routinemäßige Programm zur Bodenuntersuchung und zum Nährstoffmanagement kann einer Broschüre von KOLBE & SCHUSTER (2011) entnommen werden. Separat für jeden Schlag sollten folgende Merkmale herangezogen werden:

- Grundnährstoffe und Spurenelemente
- Kalk
- Humus
- Stickstoff.

### ► Versorgung des Bodens mit Grundnährstoffen und Spurenelementen

Eine optimale Phosphor- und Kaliumversorgung ist die Voraussetzung für einen guten Anbauerfolg. In der Regel reicht die Bodengehaltsklasse B als anzustrebende Versorgungsstufe im ökologischen Landbau aus (3,5 bis 5,9 mg P; 4 bis 12 mg K; 2,1 bis 10,0 mg Mg je 100 g Boden). Diese Nährstoffgehalte sollten im Boden nicht unterschritten werden, weil es sonst bei allen Kulturen aufgrund einer unzulänglichen Jugendentwicklung zu deutlichen Ertragsausfällen kommen kann. Das trifft besonders auf Hackfrüchte wie den Kartoffeln zu. In Absprache mit dem Anbauverband kann bei besonderen Anbauverhältnissen, wie einem intensiven Gemüseanbau oder einem hohen Anteil von empfindlichen Hackfrüchten in der Fruchtfolge, auch die Gehaltsklasse C angestrebt werden.

Bestehen z. B. bestimmte Probleme bei den Knollenqualitäten (Verfärbungsneigung, Lagerfähigkeit, s. Abb. 6), so ist zunächst die Auswahl von Flächen mit günstigen Gehalten an Grundnährstoffen wichtig (Bodenuntersuchung). Grundsätzlich ist offenbar

der Nährstofftransfer vom Boden in die Knollen auf schweren Böden schlechter. Auch wenn deutlich höhere Gehalte an pflanzenverfügbaren Nährstoffen vorliegen, steigen die Gehalte in den Knollen dann nicht proportional an. Dagegen kann auf leichteren Böden durch Düngungsmaßnahmen sowohl ein schnellerer Anstieg der Bodengehalte als auch eine deutliche Erhöhung der Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen erreicht werden. Die Wirkung der Düngung auf die Gehalte in der Pflanze und auf die Qualität ist auf leichten Böden damit stärker als auf schweren Böden.

Für die Düngeplanung kann die Erstellung fruchtfolgeabhängiger Nährstoffbilanzen hilfreich sein, in die die Nährstoffentzüge der jeweiligen Fruchtarten eingehen. Aus Tabelle 1 ist der Entzug an Grundnährstoffen durch Kartoffeln zu entnehmen. Besonders hackfrucht- und gemüseriche Fruchtfolgen zeichnen sich durch hohe Nährstoffentzüge aus. Weisen die Bodengehalte an Nährstoffen auf die Versorgungsstufe A, so ist in jedem Fall eine Düngung anzuraten. Die Zufuhr dieser Nährstoffe sollte dann im Verlauf der Fruchtfolge am besten zu Leguminosen erfolgen, um deren Stickstofffixierungsleistung zu erhöhen. Bestehen jedoch besondere Probleme bei den Knollenqualitäten (Neigung zu Rohverfärbung, Kochdunklung, Blaufleckigkeit und Beschädigungen), so sollte eine K-Düngung direkt vor Kartoffeln erfolgen. Das gleiche gilt für eine P-Gabe, wenn die Knollen erfahrungsgemäß sehr schlecht lagerfähig sind.

**Tabelle 1: Nährstoffentzüge von Kartoffelknollen**

	<b>N (kg/dt FM)</b>	<b>P (kg/dt FM)</b>	<b>K (kg/dt FM)</b>	<b>Mg (kg/dt FM)</b>
Frühkartoffeln	0,39	0,07	0,60	0,02
mittelfrühe Kartoffeln	0,31	0,06	0,50	0,02
Spätkartoffeln	0,31	0,06	0,50	0,02
Nährstoffbedarf, bezogen auf Knollenertrag (Knollen : Kraut = 1 : 0,3)	0,43	0,08	0,65	0,06

Für die Versorgung mit Grundnährstoffen sind organische Düngemittel (Stallmist, Kompost) geeignet. In Versuchen auf schweren Böden hat sich gezeigt, dass sie zu einer genau so hohen oder sogar zu einer besseren Nährstoffbereitstellung führen können als eine vergleichbare mineralische Düngung. Die Düngung mit zugelassenen mineralischen Düngemitteln wie Rohphosphaten und chlorarmen Kaliumdüngern sollte nach vorheriger Bodenanalyse und Absprache mit dem Anbauverband erfolgen. Gleiches gilt für die Zufuhr von Spurennährstoffen. Die Notwendigkeit der Verwendung der jeweiligen Mittel muss genau dokumentiert werden.

#### ► pH-Wert

Im ökologischen Landbau wird ein optimaler pH-Wert angestrebt (Bodenversorgungsstufe C). Kartoffeln wachsen aber besser bei pH-Werten zwischen 5,0 und 6,0. In diesem pH-Bereich kommt es außerdem zu einer geringeren Schorfbildung. Weil andere Früchte wie z.B. Getreide, Gerste und Erbsen höhere pH-Werte bevorzugen, muss bei der pH-Einstellung des Bodens ein der Fruchtfolge entsprechender Kompromiss gefunden werden. Anstehende Kalkungen sollten erst nach Kartoffeln erfolgen.

#### ► Humusbilanzierung und organische Düngung

Als Kontrollinstrument zur Überprüfung der Anbauabfolge der Kulturen sind schlagbezogene Humusbilanzen geeignet. Dazu ist mindestens eine Fruchtfolgerotation zu berechnen, die möglichst mit einer standortangepassten Methode bilanziert wird. Die Bewertung erfolgt nach VDLUFA-Einstufung:

A = ≤ -200

B = -200 bis -76

C = -75 bis +400

D = +401 bis +600

E = ≥ +600 kg Humus-C/ha u. Jahr.

Die Betriebe sollten sich mindestens an der Versorgungsgruppe C ausrichten und darauf achten, dass diese Gruppe nicht unterschritten wird. Sonst können ein standort- und bewirtschaftungstypischer Humusgehalt sowie die Bodenfruchtbarkeit langfris-

tig nicht erhalten werden. Darüber hinaus sollte die Versorgungsstufe D nicht überschritten werden, da auch negative Auswirkungen auf die Umwelt auf Grund einer erhöhten N-Freisetzung entstehen können.

Durch die geringen Ernte- und Wurzelrückstände und die intensive Bodenbewegung bei Pflanzung, Dammaufbau und Ernte weisen Kartoffeln fruchtartspezifisch deutlich negative Humuswerte auf (Tab. 2). Dies ist sowohl bei der Fruchtfolgeplanung als auch bei der Auswahl und Höhe der Düngung zu berücksichtigen. Je nach Standortbedingungen kann diese negative Humuswirkung z. B. durch Ackerfutter als Vorkultur (Szenario 1) oder flüssige und feste organische Düngemittel (Szenario 2 und 3) weitgehend ausgeglichen werden.

**Tabelle 2: Humusbilanzierung im Kartoffelbau (standortangepasste Methode)**

Szenario	Anbaukonzept (kg/dt FM)	Humusbilanz (HÄQ in kg C/ha u. Jahr)		
		Fruchtart	Organische Materialien	Saldo
<b>Szenario 1</b>				
1. Jahr Ackerfutter	Kleegras (einjähr.) 400 dt/ha Abfuhr	+260 bis +650		
2. Jahr Kartoffel	Kartoffeln 250 dt/ha	-900 bis -510		
Mittelwert 2 Jahre				<u>-640 bis +140</u>
<b>Szenario 2</b>				
Kartoffeln	Kartoffeln 250 dt/ha	-900 bis -510		
+ Gülle	+ 30 m <sup>3</sup> /ha Rindergülle (7 % TM)		+243	
+ Zwischenfrucht	+ Zwischenfrucht (als Untersaat)	-60 bis +330		
	+ Gründüngung 10 t/ha		+55	
				<u>-662 bis +118</u>
<b>Szenario 3</b>				
Kartoffeln	Kartoffeln 250 dt/ha	-900 bis -510		
+ Stalldung	+ 30 t/ha Stalldung (25 % TM)		+720	
				<u>-180 bis +210</u>

Werden Kartoffeln nicht direkt nach einer Leguminosen-Hauptfrucht, sondern erst später z.B. nach Getreide in die Fruchtfolge eingegliedert, so ist oft eine organische Düngung erforderlich. Die Düngemittel sind allerdings unterschiedlich gut geeignet (Tab. 3). Besonders durch feste Düngemittel wie Stallmist oder Kompost können günstige physikalische Bodeneigenschaften (Lockerung, Wasserhaushalt) für das Wachstum der Kartoffeln geschaffen werden, die auf bindigen Böden über eine erhöhte Mineralisation zu einer Verbesserung der Wachstumsbedingungen führen.

**Tabelle 3: Empfehlungen zum direkten Einsatz von organischen Düngemitteln zu Kartoffeln**

	Geflügel- mist	Frischmist Rind	Schwein	Rottemist Rind	Schwein	Kompost	Gülle	Jauche	Handels- dünger
<b>Ackerland</b>									
Kartoffeln	-	+	++	+++	+++	++	++	+	++

Eignung: +++ = sehr gut; ++ = gut; + = weniger gut; - = nicht geeignet

Je nach Nährstoffgehalt des Bodens sind Stallmist- und Kompostgaben zwischen 150 dt und 350 dt/ha geeignet (Abb. 9). Gut verrotteter Stallmist sollte nach Möglichkeit im Herbst vor Kartoffeln eingearbeitet bzw. bereits zur Vorfrucht oder danach zur Zwischenfrucht ausgebracht werden. Unverrotteter Mist erschwert eine gleichmäßige Ablage der Knollen und kann zu Auflauf- und Entwicklungsverzögerungen führen. Mittlere Gaben an Gülle sowie Handelsdüngemitteln können ebenfalls ausgebracht werden. Tabelle 4 informiert über optimale Aufwandmengen an organischen Düngemitteln direkt vor dem Anbau und die zu

erwartenden Mehrerträge im Ökokartoffelanbau. Bei einmaliger Anwendung zu Kartoffeln werden durch Komposte nur geringe Mehrerträge und durch Gülle und verschiedene Handelsprodukte die höchsten Mehrerträge erzielt.

Erfolgt eine regelmäßige organische Düngung des Bodens, so kommt es zu einer Anhebung der Humusgehalte und der Bodenfruchtbarkeit. Die Humusgehalte steigen nach Kompostdüngung stärker an als nach dauerhafter Gölledüngung. Da die Knollenerträge sich ebenso unterschiedlich erhöhen, kann bei Daueranwendung schließlich mit allen Düngemitteln eine ähnlich hohe Ertragsanhebung zwischen 40 – 65 dt/ha erreicht werden.

**Tabelle 4: Aufwandmengen an organischen Düngemitteln und Mehrerträge an Kartoffelknollen**

Düngemittel	Optimale Aufwandmenge	Mehrertrag (einmalige Anwendung vor Kartoffeln)
Kompost	150 – 300 dt/ha	15 – 40 dt/ha
Stalldung	150 – 300 dt/ha	20 – 45 dt/ha
Gülle	15 – 35 m <sup>3</sup> /ha	30 – 55 dt/ha
Handelsdünger	50 – 100 kg N/ha	25 – 60 dt/ha

Quelle: KOLBE (2007)



**Abbildung 9: Stallmistausbringung zur Sicherung der Nährstoffversorgung**

### ► Bemessung der N-Versorgung

#### ■ Auswahl der Anbaufläche

Bei der Auswertung einer Reihe von Dauerversuchen konnte herausgearbeitet werden, dass zwischen den Humusgehalten und den Knollenerträgen nur relativ geringe positive Beziehungen bestehen. Vielmehr werden mit steigenden Humusgehalten gleichzeitig oft die C/N-Verhältnisse der Böden weiter. Neben Unterschieden im Ertragspotenzial sind Böden mit relativ engen C/N-Verhältnissen um 10 im Vergleich zu weiteren C/N-Verhältnissen von über 15 durch eine höhere N-Verfügbarkeit gekennzeichnet. Dies führt dann oft zu höheren N-Gehalten in den Knollen, was Rückschlüsse auf bestimmte Merkmale der Knollenqualitäten erlaubt (s. Abb. 6). Durch eine erhöhte Humusreproduktion, wie sie oft nach der Umstellung auf Ökolandbau angestrebt wird, ist unter bestimmten Standortbedingungen über viele Jahre mit einer Erweiterung der C/N-Verhältnisse des Bodens zu rechnen. Auf Grund der dann verringerten Mineralisation an bestimmten Nährstoffen (N, P, S), kann es zu einer Stagnation oder sogar zu einer Abnahme der Ertragsfähigkeit dieser Standorte kommen.

### ■ Kalkulation des Stickstoffbedarfs

Ein befriedigendes Ertragsniveau ist nur über eine ausreichende Nährstoffversorgung erreichbar. Besonders im Frühjahr müssen die Nährstoffe in pflanzenverfügbarer Form rechtzeitig zur Verfügung stehen (s. Abb. 4). Dies trifft besonders für den Nährstoff Stickstoff zu, der in vielen Fällen im Wesentlichen als ertragsbegrenzender Faktor anzusehen ist. Daher eignet sich dieser Nährstoff auch im Ökolandbau für die Düngungsbemessung. Auf der zum Kartoffelanbau ausgesuchten Fläche stehen prinzipiell folgende Stickstoffquellen zur Verfügung:

- N-Nachlieferung aus dem Humus,
- N- Freisetzung aus Gründüngung und Ernterückständen und
- N-Freisetzung aus Wirtschafts- und organischen Handelsdüngern.

Eine überschlagsmäßige Kalkulation der Nährstoffmenge an Stickstoff kann nach dem Schema in Tabelle 5 erfolgen. Der N-Bedarf wird für einen Zielertrag ermittelt und der Nährstoffbereitstellung über die Vorkultur, die Bodenart und die organische Düngung vor Aussaat gegenübergestellt. Die mögliche Nachlieferung an Stickstoff aus der Vorfrucht wird in Abhängigkeit von der Stellung nach dem Leguminosenanbau berücksichtigt (Tab. 6). Die Tabellenwerte stehen auf der Grundlage von langjährigen Durchschnittswerten. Auch Orientierungswerte für die  $N_{min}$ -Analysen können dieser Tabelle entnommen werden oder es erfolgt eine  $N_{min}$ -Probenahme im Frühjahr (0 – 60 cm Tiefe) mit anschließender Laboruntersuchung. Ein  $N_{min}$ -Herbstwert von ca. 30 kg ist hierbei abzuziehen oder es werden nur ca. 50 % der Frühjahrswerte angerechnet. Aus dem Beispiel ist zu ersehen, dass der Zielertrag von 250 dt/ha Knollen durch die anvisierte Nährstoffbereitstellung aus Fruchtfolgestellung und Düngung abgedeckt werden kann.

**Tabelle 5: Kalkulation des N-Bedarfs in Abhängigkeit von einem anvisierten Ertragsziel für Kartoffeln**

1. Kalkulationsglieder		
<b>Nährstoffbedarf</b> für Ertragsziel ergibt sich aus Ertragserwartung · N-Bedarfsfaktor (Knollen + Kraut, s. Tab. 1)		
<b><math>N_{min}</math>-Gehalt</b> Frühjahr (0 – 60 cm Tiefe) (minus $N_{min}$ -Gehalt im Herbst)(s. Tab. 6)		
<b>N-Nachlieferung</b> während der Vegetationszeit in Abhängigkeit von Fruchtfolgestellung nach Leguminosen mit 100 % Anrechnung (Grundlage Tab. 6)		
<b>N-Bereitstellung</b> aus (zusätzlich zu leistender) organischer Düngung vor der Aussaat, im Herbst oder Frühjahr (Grundlage Tab. 7)		
2. Anbaubeispiel		
Mittelfrühe Kartoffeln, Ertragsziel 250 dt/ha Knollen, Aussaat nach Getreide im 2. NBJ nach Leguminosen, mittlerer Boden, Düngung 30 t/ha Stallung auf Stoppel d. Vorfrucht		
3. Berechnung der Nährstoffbereitstellung aus Vorfrucht und Düngung des Nährstoffbedarfes für den Zielertrag		
Stallung 30 t/ha (15 % Wirkung):	$30 \text{ t} \cdot 5 \text{ kg N} \cdot 0,15$	→ 23 kg N/ha
$N_{min}$ Frühjahr (minus $N_{min}$ -Herbst):	2. NBJ n. Klee gras (- 30 kg bzw. 50 % Anrechnung)	→ 35 kg N/ha
N-Bereitstellung Vorfrucht/Boden:	2. NBJ n. Klee gras (100 % Anrechnung)	→ 65 kg N/ha
<b>N-Bereitstellung gesamt:</b>		<u>→ 123 kg N/ha</u>
<b>Nährstoffbedarf</b> für 250 dt/ha Knollen + Kraut:	$250 \text{ dt} \cdot 0,43 \text{ kg N}$	<u>→ 108 kg N/ha</u>

NBJ = Nachbaujahr nach (mehrjährigen) Futterleguminosen bzw. Körnerleguminosen

**Tabelle 6: Durchschnittliche  $N_{min}$ -Richtwerte (Frühjahr) bzw. N-Bereitstellungsmengen in Abhängigkeit von der Fruchtfolgestellung der Leguminosen (in kg N/ha)**

Bodenart		Anbaujahr*	1. Nachbaujahr**	2. Nachbaujahr**	3. und weitere NBJ**
leicht	S, SI	15	50	30	20
mittel	IS, SL, sL	20	70	65	35
schwer	L, IT	20	80	85	50

Anbaujahre Leguminosen bzw. Leguminosengras; \*\* Nachbaujahre (NBJ) mit Nichtleguminosen

**Tabelle 7: Mittlere Nährstoffgehalte und N-Verfügbarkeit im Anwendungsjahr in Wirtschafts- und anderen organischen Düngern**

Gruppe	Tierart	TM (%)	N (kg/t)	N-Verfügbarkeit (% Ges.-N)	P (kg/t)	K (kg/t)	Mg (kg/t)
Stallmist	Rind	25	5,00	5 – 18	1,20	6,60	0,80
	Schwein	25	6,10	5 – 20	2,50	5,00	1,20
	Rind, Schwein	25	5,50	5 – 18	1,80	5,80	1,00
Geflügelkot	Hühnertrockenkot	45	20,90	35 – 45	8,64	3,40	3,42
Bioabfallkompost		60	7,70	0 – 15	1,90	6,20	3,40
Gründüngung (Zwischenfrucht)		15	4,30	10 – 25	0,50	4,30	0,40
		(%)	(kg/m <sup>3</sup> )	(% Ges.-N)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )
Jauche	Rind	2	1,70	50 – 65	0,10	4,60	0,10
	Schwein	2	2,30	55 – 65	0,40	3,00	0,10
	Rind, Schwein	2	2,00	50 – 65	0,25	3,80	0,10
Gülle normal	Rind	8	3,00	20 – 30	0,50	3,10	0,40
	Schwein	8	4,60	30 – 40	1,20	1,60	0,50
	Rind, Schwein	8	3,80	25 – 35	0,80	2,40	0,45
Geflügelkot	Hühnerfrischkot	12	7,40	40 – 55	4,30	2,80	0,70
		(%)	(kg/dt)	(% Ges.-N)	(kg/dt)	(kg/dt)	(kg/dt)
Ackerbohnschrot		86	4,20	20 – 30	0,47	1,13	0,16
Erbsenschrot		86	3,50	20 – 30	0,43	1,06	0,13
Hormmehl		98	13,00	30 – 45	0,47	0,42	0,26
Haar- u. Federmehl		98	13,50	30 – 45	0,40	0,16	0,10
Fleischknochenmehl		95	7,00	35 – 50	6,50	0,30	0,26

Quelle: KÖHLER & KOLBE (2007)

# 5 Fruchtfolgegestaltung und Zwischenfruchtanbau

## ► Fruchtfolgegestaltung und N-Versorgung

Die Fruchtfolgegestaltung hat im ökologischen Landbau einen sehr hohen Stellenwert, da über den Anbau von Leguminosen der überwiegende Teil des benötigten Stickstoffs bereitgestellt werden muss. Weiterhin werden der Kulturzustand des Bodens, sein phytosanitäres Potential und der Beikrautbesatz durch die zeitliche Abfolge und das Miteinander der Kulturarten entscheidend beeinflusst. In Abbildung 10 werden einige Fruchtfolgebeispiele mit Kartoffeln aufgezeigt. Beispiel A demonstriert einen reinen Ackerbaubetrieb ohne Viehhaltung. Die anderen Fruchtfolgen beinhalten verschieden hohe Anteile an Viehhaltung. Hierbei fallen organische Dünger in unterschiedlicher Höhe an, die je nach Bedarf gezielt zu bestimmten Kulturen gegeben werden können. In den Beispielen B – F wird die Kartoffel auch an verschiedenen Stellen nach Leguminosen-Hauptfrüchten eingegliedert. Jeder Betrieb sollte daher mögliche Fruchtfolgegestaltungen ausprobieren, um je nach klimatischer Lage, Bodenart und Nährstoffversorgung die optimale Position ausfindig zu machen.

Grundsätzlich gilt, dass Kartoffeln für eine reichliche Versorgung mit organischer Substanz dankbar sind und mit hohen Erträgen reagieren. Daher werden die höchsten Erträge oft nach mehrjährigem Leguminosengras und Ackerfutter vorgefunden. Hierbei ist aber zu bedenken, dass bei sehr hohem Stickstoffangebot die Gefahr der N-Auswaschung steigt und die Knollenqualität sinken kann. Letzteres betrifft insbesondere nährstoffreiche und schwere Standorte, während die Auswaschungsgefahr auf Sandböden höher ist. Hinzu kommt, dass N-bedürftige Kulturarten, wie z.B. Backweizen, mit Kartoffeln um den 1. Platz nach Leguminosen konkurrieren. Außerdem sind Wechselwirkungen zwischen Nährstoffversorgung und Pflanzenschutz zu beachten. So können nach mehrjährigem Klee gras verstärkt Drahtwürmer auftreten und Rhizoctonia wird ebenfalls durch hohe Mengen an organischen Materialien gefördert (s. Kap. 8).

## ► Zwischenfruchtanbau

Die Kartoffel benötigt einen sehr gut strukturierten Boden mit möglichst hohen Anteilen an verrotteter organischer Substanz. Dies ist auch bei der Wahl der vorausgehenden Früchte oder Zwischenfrüchte zu beachten. Der Anbau von Winterzwischenfrüchten ist wegen der Verminderung der N-Auswaschungsgefahr vor allem auf leichten und mittleren Böden sinnvoll. Wirtspflanzen des Stoppelwurzelälchens (Überträger des Rattle-Virus) wie die meisten Senf- und Rapssorten und Rüben eignen sich jedoch nicht als Vorfrüchte. Günstiger sind Leguminosen, Ölrettich oder nematodenresistente Raps- und Senfsorten. Ist die Befahrbarkeit des Bodens mindestens einen Monat vor der Kartoffelpflanzung gegeben, so kann die Zwischenfrucht noch im Frühjahr eingearbeitet werden. Dafür wird vorausgesetzt, dass die Zwischenfrucht lediglich ein Entwicklungsstadium erreicht hat, zu dem noch keine Verholzung von Pflanzenteilen erfolgt ist, da es sonst auch zu Ertragsdepressionen kommen kann. Beim Anbau von Kruziferen als Zwischenfrucht kann daher ein Mulchen des Pflanzenbestandes vor Winter notwendig werden. Auf schweren Böden kommen in der Regel nur Zwischenfrüchte mit Herbstumbruch in Frage (Abb. 11).

Im Vergleich zu einer Getreidevorfrucht können die Wirkungen von alternativen Vorfrüchten und Zwischenfrüchten auf die Knollemehrerträge wie folgt zusammengefasst werden (MÖLLER et al., 2003):

■ nicht legume Zwischenfrüchte:	-10 bis +30 dt/ha
■ legume Zwischenfrüchte:	+10 bis +40 dt/ha
■ Hackfrüchte als Feldgemüse:	+10 bis +50 dt/ha
■ Klee gras (ein- bis mehrjährig):	+20 bis +70 dt/ha
■ Körnerleguminosen:	+20 bis +100 dt/ha.

## ► Vorfruchtwert und Selbstfolgeabstand

Kartoffeln hinterlassen den Boden in garem Zustand mit relativ hohem Reststickstoffgehalt im Herbst. Um diesen Stickstoff auszunutzen, sollten Sommerungen nur dann folgen, wenn der Anbau einer Zwischenfrucht möglich ist. Günstige Nachfrüchte sind alle Winterungen wie Weizen und Roggen, soweit die Aussaat zeitlich noch optimal erfolgen kann. Zeichnet sich der Schlag durch ein geringes Unkrautpotential aus, besitzt die Kartoffel auch für Feldgemüse einen guten Vorfruchtwert. Um den Befall mit Nematoden auszuschließen, muss der Selbstfolgeabstand der Kartoffel mindestens 4 Jahre betragen und der Anteil von Kartoffeln in der Fruchtfolge darf 25 % nicht überschreiten. Günstige Vorfrucht- und Nachfrucht kombinationen können über ein Schaudiagramm ermittelt werden: <http://orgprints.org/15100/>



Fruchtfolge		A	B	C	D	E	F
1	Hauptfrucht	Kleegras	Ackerbohne / Erbse / Lupine	Rotklee	Rotklee	Rotklee	Klee / Luzerne
	Zwischenfrucht	(abfrierende Zw.-frucht)					
2	Hauptfrucht	<i>Kartoffeln</i>	W.-Weizen / W.-Roggen	Hafer / W.-Roggen	W.-Weizen	Hafer	Klee / Luzerne
	Zwischenfrucht	Erbsen / Wicken	Ölrettich / Wicken*	Lupinen / Wicken*	Erbsen / Wicken*		
3	Hauptfrucht	W.-Weizen	<i>Kartoffeln</i>	<i>Kartoffeln</i>	<i>Kartoffeln</i>	W.-Roggen	W.-Weizen*
	Zwischenfrucht					Lupinen*	
4	Hauptfrucht	W.-Roggen	W.-Roggen	W.-Roggen	Triticale	<i>Kartoffeln</i>	Silomais
	Zwischenfrucht	Kleegrassaat	Leguminosen				
5	Hauptfrucht		Hafer / So.- Gerste	W.-Gerste*	Sonnenblume	W.-Roggen	<i>Kartoffeln</i>
	Zwischenfrucht			Rotkleesaat		Serradella	
6	Hauptfrucht				Rotkleesaat	S.-Gerste	W.-Roggen
	Zwischenfrucht					Rotkleesaat	Leguminosen
7	Hauptfrucht						S.-Gerste
	Zwischenfrucht						Klee-Luzerne- Saat

\* Vorschlag: Düngung mit Stallmist oder Mistkompost 200 – 350 dt/ha oder 20 – 40 m³/ha Gülle möglich

Abbildung 10: Möglichkeiten der Einordnung der Kartoffeln in die Fruchtfolge



Abbildung 11: Zwischenfruchtmi-  
schung aus Phacelia und Sommerwi-  
cken

# 6 Sortenwahl

## ► Bedeutung der Sortenwahl und Vorgehensweise

Mit der Sortenwahl wird eine wichtige Entscheidung im Hinblick auf die Vermarktungsfähigkeit der angebauten Kartoffeln und damit auch auf den wirtschaftlichen Erfolg des Produktionszweiges getroffen. Um eine gezielte Sortenwahl vornehmen zu können, sollten zunächst folgende Fragen geklärt werden:

- Welche Verwertung ist vorgesehen (Speisekartoffeln für Direktverzehr, Verarbeitungskartoffeln)?
- Welche Kundenwünsche sind zu erfüllen (Großhandel, Verarbeiter, Kunden beim Direktabsatz)?
- Wann und wie lange sollen die Kartoffeln vermarktet werden?
- Wie sind die Standortbedingungen für den Kartoffelbau (Klima, Boden)?
- Welche betrieblichen Möglichkeiten bestehen im Hinblick auf qualitätssichernde Maßnahmen (Bodenseparierung, Be-  
regnung, Lagerbedingungen) und eine Knollen schonende Behandlung (Erntetechnik, Aufbereitung)?

Die Erfüllung der von den Kunden gewünschten Qualitätsanforderungen hat eine höhere Priorität als das Ertragsvermögen einer Sorte. So kann es aus vermarktungstaktischen Gründen sinnvoll sein, eine Sorte anzubauen, die zwar aufgrund einer höheren Anfälligkeit für die Krautfäule weniger ertragsstabil ist, die aber aufgrund bestimmter Qualitätseigenschaften nachgefragt wird. Als Beispiel wäre hier die Sorte Adretta zu nennen. Der Anbauumfang solcher Sorten sollte aber im Betrieb begrenzt bleiben.

Der Erzeuger kann mit einer Stärken-Schwächen-Analyse klären, ob bei den Standortbedingungen und im Anbauverfahren Schwachpunkte vorliegen, die bei der Wahl der Sorten zumindest teilweise kompensiert werden müssen. Beispielsweise sollten auf leichteren Böden mit höherem pH-Wert unbedingt schorftolerante Sorten angebaut werden. Ist eine die Knollen schonende Behandlung nicht gewährleistet, kommen nur Sorten mit geringer Beschädigungsempfindlichkeit und geringer Neigung zu Schwarzfleckigkeit in Frage.

Unabhängig von den zuvor genannten Aspekten sollten immer mehrere Sorten mit dem Ziel einer Risikominderung angebaut werden. Nicht vorhersehbare Witterungseinflüsse, auf die einzelne Kartoffelsorten mitunter stark reagieren, können dadurch zum Teil ausgeglichen werden. Der Anbau mehrerer Sorten ist außerdem ratsam, um den Bezug verschiedener Pflanzgutherkünfte zu ermöglichen. Eine unzureichende Qualität bei einer Pflanzgutherkunft würde somit nicht die gesamte Kartoffelerzeugung des Betriebes beeinträchtigen.

## ► Kriterien bei der Sortenwahl

### • Qualitätseigenschaften

#### ■ Kochtyp und Geschmack

Bei Speisekartoffeln für den Direktverzehr ist der Kochtyp der Sorten das erste Auswahlkriterium. Der Kochtyp wird bei der vom Bundessortenamt durchgeführten Sortenzulassung anhand der Merkmale Konsistenz, Struktur, Mehligkeit und Feuchtigkeit festgelegt. Es wird zwischen fest kochenden, vorwiegend fest kochenden und mehlig kochenden Sorten unterschieden. Eine weitere Differenzierung der Kochtypen ermöglicht die Einstufung mit den Großbuchstaben A bis D, die im Rahmen der Europäischen Gesellschaft für Kartoffelforschung (EAPR) vereinbart wurde.

Der Kochtyp ist zwar eine sortenspezifische Eigenschaft, kann aber deutlich durch Boden, Witterung und Anbaumaßnahmen beeinflusst werden, so dass die tatsächlichen Kocheigenschaften einer Partie von der in der Beschreibenden Sortenliste angegebenen Einordnung abweichen kann. Im direkt vermarktenden Betrieb sollten alle drei Kochtypen angeboten werden. Beim Absatz über den Großhandel wird der gewünschte Kochtyp in der Regel vorgegeben bzw. es werden häufig sogar bestimmte Sorten verlangt. In den letzten Jahren wurden vor allem fest kochende Sorten über den Großhandel verkauft.

Die ausgewählten Sorten sollten im Geschmack einwandfrei sein. Wie beim Kochtyp sind hierbei regionale Neigungen und Vorlieben zu berücksichtigen. Einige Sorten sind im Geschmack recht stabil, bei anderen treten stärkere Schwankungen von Jahr zu Jahr oder von Standort zu Standort auf. Darüber hinaus kann sich der Geschmack mit der Lagerdauer verändern.

### ■ Beschädigungsempfindlichkeit, Schwarzfleckigkeit

Besonderes Augenmerk ist auf die Eigenschaften Beschädigungsempfindlichkeit und Neigung zu Schwarzfleckigkeit zu richten, wenn bei Ernte, Lagerung und Aufbereitung keine optimalen Bedingungen zur Vermeidung von mechanischen Belastungen vorliegen. Gleiches gilt sinngemäß für die Neigung zu Zwiewuchs und Wachstumsrissen. Nur für Betriebe, die mit Hilfe der Berechnung eine weitgehend gleichmäßige Wasserversorgung der Kartoffeln absichern können, kommen Sorten in Frage, die bei diesen beiden Merkmalen zu Mängeln tendieren.

### ■ Äußere Beschaffenheit

Formschönheit, Schalenbeschaffenheit und Augentiefe spielen vor allem bei Speisekartoffeln eine wichtige Rolle, die über den Lebensmitteleinzelhandel verkauft werden. Eine gleichmäßige Knollenform, glatte Schale und geringe Augentiefe wird auch bei ökologisch erzeugten Kartoffeln verlangt. In Deutschland bevorzugen die meisten Verbraucher eine gelbe oder tiefgelbe Fleischfarbe. Insbesondere beim Direktabsatz kann durch zusätzlich ein oder zwei rotschalige Sorten die Attraktivität des Angebotes erhöht werden. Kartoffeln zur Weiterverarbeitung in einem Schälbetrieb sollten eine geringe Augentiefe aufweisen, um Schälabfälle beim maschinellen Schälen möglichst gering zu halten und um ein Nachschälen von Hand zu vermeiden.

### ■ Stärkegehalt

Bei Speisekartoffeln ist der Stärkegehalt kein Kriterium, das für oder gegen eine Sorte spricht. Der Kartoffelanbauer sollte aber über die sortentypische Höhe dieses Inhaltsstoffes informiert sein, um gegebenenfalls mit einer termingerechten Krautminde- rung den Stärkegehalt zu begrenzen.

### ■ Verarbeitungseignung

Ist für die Kartoffeln eine Verarbeitung zu Pommes frites, Chips oder Trockenkartoffeln vorgesehen, kommen nur Sorten mit entsprechender Verarbeitungseignung in Frage. In der Regel findet in dieser Verwertungsrichtung ein Vertragsanbau statt, bei dem der Verarbeiter die Sorte vorgibt. Die Sorte Agria ist im ökologischen Kartoffelbau nach wie vor die wichtigste Sorte zur Herstellung von Pommes und Chips. Kartoffelsorten, die für die Verarbeitung vorgesehen sind, sollten eine geringe Neigung zur Rohverfärbung aufweisen. Hersteller von Babynahrung legen großen Wert auf einen geringen Nitratgehalt der Kartoffeln. Bei diesem unerwünschten Inhaltsstoff unterscheiden sich Kartoffelsorten sehr deutlich. Auch hier hat die Sorte Agria einen besonderen Stellenwert, da sich mit ihr sicher nitratarme Kartoffeln erzeugen lassen.

## • Agronomische Eigenschaften

### ■ Reifezeit

In Deutschland zugelassene Kartoffelsorten sind einer von vier Reifegruppen zugeordnet (Abb. 12), die aus den unterschiedlichen Reifezeiten abgeleitet werden (Tab. 8). Bei ungestörtem Wachstum und ausgeglichener Wasserversorgung nimmt mit einer Verlängerung der Reifezeit das Ertragsvermögen der Sorten zu und die Lagereignung verbessert sich. Da im ökologischen Landbau das Krautwachstum frühzeitig durch *Phytophthora*-Befall beendet sein kann, sind nicht in jedem Fall die späteren Sorten den früheren im Ertrag überlegen. In Jahren mit frühem Auftreten der Krautfäule erzielen frühe Sorten gleiche oder sogar höhere Erträge als mittelfrühe Sorten, da sie aufgrund ihrer zügigeren Entwicklung die krautfäulefreie Zeit besser ausnutzen konnten.

In der Praxis spielen die frühen und mittelfrühen Sorten die wichtigste Rolle. Mit frühen Sorten lassen sich bereits im August qualitativ hochwertige Kartoffeln erzeugen, die in der Regel bis Dezember gut lagerfähig sind. Im September gerodete mittelfrühe Sorten mit geringer Keimfreudigkeit können bei guten Lagerbedingungen bis April oder Mai des Folgejahres vermarktet werden. Mittelspäte bis sehr späte Sorten sind im ökologischen Landbau kaum verbreitet, da eine lange Gesunderhaltung des Krautes nicht oder nur mit großem Aufwand möglich ist. Gegen diese Reifegruppe spricht auch, dass die zum Teil späte Ernte im Oktober häufig bei nicht mehr optimalen Bedingungen stattfinden kann. Sofern es möglich ist, sollten Sorten verschiedener Reifegruppen nicht auf dem gleichen Schlag angebaut werden, um ein rasches Übergreifen der Krautfäule von frühen auf spätere Sorten zu vermeiden.

**Tabelle 8: Reifegruppen von Kartoffelsorten**

Reifezeit	Reifegruppe	Normale Erntezeit	Ertragsvermögen	Lagereignung *
1 - 2	I sehr früh	Juni - Juli	gering bis mittel	gering
3	II früh	August	mittel bis hoch	mittel bis gut
4 - 5	III mittelfrüh	September	hoch	gut
6 - 9	IV mittelspät bis sehr spät	Sept. - Oktober	hoch	gut

\* mit deutlichen Sortenunterschieden innerhalb der Reifegruppe

### ■ Krautentwicklung und Wuchsform

Kartoffelsorten unterscheiden sich in der Zügigkeit der Krautentwicklung und der gebildeten Krautmasse. Allerdings werden diese Unterschiede deutlich von anderen Einflussfaktoren, wie dem physiologischen Alter der Pflanzknollen, der Witterung und der Nährstoffversorgung, überlagert. Bei der Sortenwahl kann daher das Merkmal Krautentwicklung in den Hintergrund gestellt werden.

Bei der Wuchsform der Stauden wird zwischen Stängel-, Blatt- und Zwischentypen differenziert. Blatt- und Zwischentypen mit breitwüchsiger Form vermögen zwar über eine intensivere Beschattung des Bodens Unkräuter besser zu unterdrücken, allerdings muss bei diesen Typen die mechanische Unkrautregulierung und Pflege auch früher abgeschlossen werden, um nicht beim letzten Häufelgang zu viele Blätter im unteren Staudenbereich zuzuschütten. Demnach können auch bei der Wuchsform keine eindeutigen Empfehlungen für die Sortenwahl getroffen werden.

### ■ Knollenansatzzeit und Knollenzahl

Sorten der gleichen Reifegruppe können sich bei der Knollenansatzzeit unterscheiden. Vorteilhaft sind Sorten, bei denen die Knollen vergleichsweise früh angelegt werden, da sie die Zeit bis zum Auftreten der Krautfäule besser zum Ertragsaufbau nutzen. Die Ansatzzeit der Knollen ist aber nur bis zum Jahr 1997 in der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes angegeben. Für später zugelassene Sorten liegt diese Information nur vor, sofern die Ansatzzeit in weiteren Sortenversuchen außerhalb des Zulassungsverfahrens erfasst wurde.

Bei Kartoffelsorten mit hoher Knollenzahl besteht unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus die Gefahr, dass bei einem frühzeitigen Absterben des Krautes ein hoher Anteil der Ernteknollen eine vermarktungsfähige Größe nicht erreicht. Unter dem Aspekt der Sicherung eines hohen Marktwareertrages sind daher Sorten mit geringerer bis mittlerer Knollenzahl zu bevorzugen. Besonders bei Sorten mit geringer Knollenzahl sollte aber auf der anderen Seite durch Proberodungen während der Vegetationszeit immer geprüft werden, wie sich der Anteil an Übergrößen entwickelt. Gegebenenfalls muss mit einer mechanischen Krautminderung das Knollenwachstum beendet werden.

### ■ Anfälligkeit für Krankheiten

Die Kartoffelsorten unterscheiden sich zum Teil deutlich in der Anfälligkeit für Krautfäule. Daraus kann aber nicht abgeleitet werden, dass im ökologischen Anbau die relativ toleranten Sorten in jedem Fall ertragsstärker sind. Wichtiger für das Ertragsvermögen sind die Eigenschaften Knollenansatzzeit und Knollenzahl. So kann eine anfälligerer Sorte mit frühem Knollenansatz durchaus gleiche oder sogar höhere Erträge erzielen als eine vergleichsweise tolerante Sorte, die aber die Knollen erst spät ansetzt.

Unbedingt beachtenswert ist die Anfälligkeit der Sorten für Eisenfleckigkeit und Kartoffelschorf. In der Beschreibenden Sortenliste ist auch die Anfälligkeit für Rhizoctonia-Wipfelroller und Schwarzbeinigkeit angegeben. Bei beiden Krankheiten hat der Befall des Pflanzgutes aber eine wesentlich größere Bedeutung für das Auftreten der Schaderreger im Feld als genetisch bedingte Resistenzunterschiede, die daher bei der Sortenwahl keine große Relevanz haben.

### ■ Knollenertrag, Sortierung und Marktwareertrag

Ziel ist es, einen möglichst hohen Ertrag in der gewünschten Sortierung, d. h. Marktwareertrag, zu erreichen. Der Gesamtertrag hat demzufolge bei der Bewertung einer Kartoffelsorte nur eine untergeordnete Bedeutung. Da beim Anteil an Unter- und Übergrößen sehr große Sortenunterschiede bestehen, wird mit der Sortenwahl gleichsam der Grundstein für die Höhe des Marktwareertrags gelegt. Die Anforderungen können in Abhängigkeit von der Verwertungsrichtung und den Absatzmöglichkeiten dabei deutlich variieren. Während zum Beispiel bei langovalen Kartoffeln, die in Kleinpackungen unter 5 kg verkauft werden sollen, ein möglichst hoher Anteil in der Sortierung 30 – 60 mm angestrebt wird, kommt für die Verwertung als Pommes-Kartoffeln vor allem die Fraktion über 55 mm in Frage. Bei der Festlegung der Sortiergrenzen wird in der Regel die Knollenform berücksichtigt. So gelten bei Sorten mit runder oder rundovaler Form Knollen < 35 mm und bei Sorten mit langovaler und langer Form Knollen < 30 mm als Untergrößen.

### • Lagereignung

Die Lagereignung von Kartoffelsorten hängt maßgeblich von deren Keimfreudigkeit ab, die bei den in Deutschland zugelassenen Sorten zwischen sehr gering bis gering und hoch variiert. Tendenziell nimmt mit zunehmender Reifezeit die Keimfreudigkeit ab, d. h. die früheren Sorten sind keimfreudiger als die späteren (siehe Tab. 8). Aber auch innerhalb der Reifegruppen bestehen zum Teil deutliche Sortenunterschiede bei der Keimfreudigkeit. Eine Langzeitlagerung bis April oder Mai des Folgejahres ist nur möglich, wenn neben optimalen Lagerbedingungen die Sorten zumindest als gering keimfreudig eingestuft sind.

### • Informationsquellen zu Kartoffelsorten

Ertragsfähigkeit und Qualität von Kartoffelsorten werden von den Länderdienststellen im Rahmen von regionalen Sortenversuchen auch unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus geprüft und bewertet. In jährlich herausgegebenen Sortenempfehlungen werden die Ergebnisse veröffentlicht.

- Sortenversuche in Sachsen und benachbarten Bundesländern: <http://www.smul.sachsen.de/lfulg>
- Verfügbarkeit von Pflanzgut verschiedener Sorten: <http://www.organicxseeds.de>
- Beschreibende Sortenliste des Bundessortenamtes: <http://www.bundessortenamt.de>



Abbildung 12: Präsentation verschiedener Kartoffelsorten

# 7 Anbautechnik und Pflegemaßnahmen

## ► Pflanzgutvorbereitung

Im ökologischen Kartoffelbau stellt das Vorkeimen der Pflanzkartoffeln eine entscheidende Maßnahme zur Ertragssicherung dar. Zum Anbau von Frühkartoffeln ist dies unentbehrlich. Durch Vorkeimung kann ein Wachstumsvorsprung von 10 – 14 Tagen erreicht werden. Dies ist insbesondere in Jahren mitzeitigem Krautfäulebefall interessant, da dann beim Absterben des Krautes bereits ein befriedigender Ertrag gebildet worden ist. In Untersuchungen in Sachsen erbrachte das Vorkeimen im Durchschnitt von 3 Jahren und 2 Standorten einen Mehrertrag von ca. 20 %. Daher wird das Vorkeimen auch für den Anbau von mittelfrühen Kartoffeln empfohlen. Weiterhin sollen folgende Ziele durch das Vorkeimen des Pflanzgutes erreicht werden:

- eine Knollenauslese vor dem Pflanzen ermöglicht Feldaufgang mit weniger Fehlstellen,
- zügiges und gleichmäßiges Auflaufen,
- verminderter Befall mit *Rhizoctonia solani* (Wurzeltöter- oder Pockenkrankheit),
- bessere Ausnutzung der Bodenfeuchte im Frühjahr,
- höhere Konkurrenzkraft gegen Beikräuter,
- Verringerung der Zahl angesetzter Knollen durch Förderung der Apikaldominanz bei der Keimung,
- Vorverlegung des Erntetermins (wichtig bei Frühkartoffeln),
- früherer Beginn von Reinigungsarbeiten in Pflanzkartoffelbeständen,
- Vorverlegung der Altersresistenz gegen Viruskrankheiten,
- geringere Nitratgehalte,
- Verlegung des Rodetermins bei Spätkartoffeln in Zeiträume mit günstigeren Rodebedingungen.

## VORKEIMEN - WIE WIRD'S GEMACHT?

Zum Vorkeimen werden die Pflanzkartoffeln ca. 4 – 6 Wochen vor dem geplanten Legetermin in Vorkeimkisten oder -säcke eingefüllt. In den ersten beiden Tagen der Vorkeimphase sollen die Pflanzknollen einen „Wärmestoß“ erhalten (Temperatur 15° – 20° C), wodurch die Keimung eingeleitet wird. Im weiteren Verlauf der Vorkeimung soll die Temperatur zwischen 8° und 15° C liegen. Um kurze, dunkle und kräftige Keime zu erzeugen, müssen die Knollen pro Tag mindestens 8 – 10 Stunden belichtet werden. Ist der ungehinderte Einfall von Tageslicht nicht gewährleistet, kann Kunstlicht (pro ha Pflanzgut 5 Warmton-Neonröhren) eingesetzt werden. Jede Bewegung der Knollen fördert den Keimprozess. Wem das Vorkeimen zu arbeits- und kostenintensiv ist, sollte seine Pflanzknollen wenigstens in Keimstimmung bringen. Hierzu werden die Knollen in loser Schüttung 2 bis 3 Wochen vor dem Auspflanzen in hellen Räumen bei ca. 10° C gelagert.

## ► Bodenbearbeitung

Mit der Grundbodenbearbeitung und der Pflanzbettvorbereitung im Kartoffelanbau wird das Ziel verfolgt, einen möglichst hohen vermarktbaren Anteil an Knollen zu erzeugen, eine effektive Unkrautregulierung zu ermöglichen und einen siebfähigen Boden für eine störungsfreie Ernte herzustellen. Dem technischen Aufwand sind dabei fast keine finanziellen Grenzen gesetzt, wenn es gelingt, dadurch den Marktwarenanteil auch nur um wenige Prozente anzuheben. Es kann mit 10 – 20 % höheren Erträgen gerechnet werden, wenn die Bodenstruktur in Ordnung ist.

Im Wesentlichen muss ein klutenfreier lockerer Boden hergestellt werden. Daraus werden voluminöse Dämme geformt, in denen die heranwachsenden Kartoffelknollen vor Licht und damit vor dem Ergrünen geschützt sind. Der lockere Boden ermöglicht den schwachen Kartoffelwurzeln ein ungehindertes Wachstum und später eine zügige und schonende Knollenernte.

Die Grundbodenbearbeitung erfolgt im Ökologischen Landbau üblicherweise mit dem Pflug. Auf mittleren und schweren Böden wird die Herbstfurche die hohen Ansprüche des Kartoffelanbaus an die Pflanzbettstruktur besser erfüllen als die Frühjahrsfurche. Auf leichten und mittleren Böden bietet die Frühjahrsfurche Vorteile hinsichtlich des Umfangs der Nährstoffauswaschung über den Winter und für die Bodenstruktur, so dass mit höheren Knollenerträgen gegenüber der Herbstfurche gerechnet werden kann. Eine Rückverfestigung des gelockerten Bodens über Pflug-Packer-Arbeitsgangkombinationen im Frühjahr ist auch für das präzise Befahren bei späteren Arbeitsgängen wichtig. Bodenschollen werden dabei außerdem ohne zusätzlichen Arbeitsgang zerkleinert bevor sie an der Bodenoberfläche austrocknen und hart werden. Die Rückverfestigung sollte jedoch durch leichtere Packer auf die oberflächennahen Bodenschichten begrenzt bleiben.

Die Bodenbearbeitung im Kartoffelanbau wird auch unter dem Aspekt des Drahtwurmbefalls diskutiert. Allerdings konnte bisher noch keine zuverlässige Bekämpfungsstrategie ausgearbeitet werden. Erfolge gegen den Drahtwurm konnten offenbar eher mit intensiver als mit extensiver Bodenbearbeitung erzielt werden. Die Ergebnisse sind aber bisher nicht immer eindeutig.

Unter dem Gesichtspunkt des Bodenschutzes ist einer möglichst extensiven Bodenbearbeitung der Vorzug zu geben. Dabei schützt vor allem ein Bewuchs oder eine Mulchschicht ab etwa 30 % Bedeckungsgrad die Bodenoberfläche wirksam vor Erosion. Ein Verzicht auf den Pflug ist im ökologischen Landbau unter günstigen Bedingungen auch im Kartoffelanbau möglich. Auf einem anlehmgigen Standort mit 544 mm Niederschlag im Jahresmittel wurden sogar Mehrerträge bei langjähriger pflugloser Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau im Feldversuch nachgewiesen (DITTMANN & HANFF, 2008). Um eine mechanische Unkrautregulierung zu ermöglichen, darf die Mulchaufgabe dabei nur aus kurzen Pflanzenresten bestehen. Die Tiefe der Bodenlockerung muss auch ohne Pflug den klutenfreien Aufbau der Kartoffeldämme gewährleisten, etwa 20 cm Bearbeitungstiefe sind dafür erforderlich. Bei schweren Böden kann mit dem Einsatz einer Reihenfräse der Boden im Damm siebfähig aufbereitet werden.

### ► Pflanzbettbereitung und Pflanzung

Zur Pflanzbettvorbereitung wird die Pflugfurche möglichst in einem Arbeitsgang eingeebnet. Je nach Bodenstruktur wird der Boden dazu bis 15 cm tief durchgearbeitet. Die Maschinenteknik für diesen Arbeitsgang kann unterschiedlich ausfallen. Grubber, Kreiseleggen, Fräsen oder gezogene Saatbettkombinationen sind dafür grundsätzlich geeignet.

Bei schweren Böden mit geringer Gefahr der N-Auswaschung sollte die positive Wirkung der Frostgare ausgenutzt werden. Auf diesen Böden bestehen gute Erfahrungen mit der Herbstdammvorformung zur Verhinderung der Klutenbildung. Direkt nach der Herbstfurche erfolgt hierbei eine Dammvorformung mit dem Häufelgerät. Die zusätzliche Ansaat einer abfrierenden Zwischenfrucht zum Erosionsschutz ist möglich. Im Frühjahr werden die Pflanzknollen dann direkt in die vorgeformten Dämme abgelegt.

Die Kopplung der Arbeitsgänge zum Legen der Kartoffeln zu einem Arbeitsgang (All-In-One oder kombiniertes Verfahren) ist konzipiert, um Arbeitszeit einzusparen. Kombiniert werden die Pflanzbettbereitung, das Legen und das Formen des hohen Enddammes. Verbunden sind damit weniger Überfahrten des Bodens. Im Ökologischen Landbau stellt jedoch der umgehende Aufbau des Enddammes einen kritischen Punkt in der Produktionstechnik dar. Die Kartoffelkeime müssen sich bei hohen Dämmen eine lange Strecke durch den Boden schieben, bevor sie in den Genuss von Licht und Wärme kommen. Das beansprucht die Triebkraft der Pflanzknollen stärker als ein Dammaufbau in Stufen bis zur endgültigen Höhe über mehrere Arbeitsgänge. Für die kombinierte Verfahrenstechnik eignen sich besonders gesunde und triebkräftige Mutterknollen. Schwächere Parteien, z. B. nach einer Abkeimung zwischen Auslagern und Legen bergen insofern ein erhöhtes Ertragsrisiko (PETERS, 2009).



**Abbildung 13: Separierung des Bodens und Legen der Kartoffeln in aufeinander abfolgenden Arbeitsgängen**

Für steinige und zur Klutenbildung neigende Böden stellt die Beetseparierung eine technische Lösung dar, um Knollenverletzungen zu minimieren und um die Ernte zu erleichtern (Abb. 13). Aus der Sicht des Ökologischen Landbaus müssen bei dieser Anbaumethode folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Die äußerst intensive Bodenbearbeitung lässt einen hohen Humusabbau erwarten. Gegebenenfalls sollte die Zufuhr an organischer Substanz erhöht werden. Die Ausformung des hohen Enddammes erfolgt in einem Arbeitsgang mit dem Legen, so dass bei keim schwachem Pflanzgut mit erhöhtem Fehlstellenanteil beim Auflaufen gerechnet werden muss.
- Die intensive Bodenbearbeitung führt erfahrungsgemäß zu einem starken Auflaufen von Unkraut auch aus größeren Bodentiefen. Damit muss mit einer erhöhten Zahl von Arbeitsgängen zur Unkrautregulierung gerechnet werden.
- Die Dammform und -höhe sollte soweit wie möglich bei der Unkrautregulierung erhalten bleiben, dazu sind nur spezielle Striegel-, Hack- und Häufelmaschinen geeignet.

Die Verwendung von zertifiziertem Pflanzgut ist aufgrund der geringen Virusbelastung anzuraten. Bei der Verwendung von eigenem Nachbau muss mit einer Ertragsdepression von 20 – 30 % pro Jahr gerechnet werden (siehe Kap. 8).

#### ☞ WICHTIG!

Für zertifiziertes Pflanzgut ist keine Befallsfreiheit durch *Rhizoctonia solani* vorgeschrieben. Deshalb muss beim Pflanzgutkauf darauf geachtet werden, dass die Knollen nicht befallen sind, weil spätere Regressforderungen kaum Erfolg versprechend sind.

Der optimale Pflanzzeitpunkt ist von der Witterung und der Bodenart abhängig. Anfang bis Mitte April kann auf leichten Standorten i.d.R. bereits gepflanzt werden. Auf schweren Böden, die längere Zeit zum Abtrocknen brauchen, verzögert sich dieser Termin um etwa 2 Wochen. Die Bodentemperatur sollte 8° – 10° C erreicht haben. Früh gelegte Bestände entwickeln meist ein starkes Wurzelwerk, auch bei oberirdisch vorerst nicht feststellbarer Entwicklung und haben somit gute Voraussetzungen für eine rasche Bestandsbildung. Einen Anhaltspunkt bei der Bestimmung des optimalen Legezeitpunktes bieten die Blüte der Traubenkirsche bzw. der Blühbeginn des Winterrapses.

Mit gutem Erfolg werden Kartoffeln mit einem Reihenabstand von 75 cm und einem Pflanzabstand von 33 cm angebaut (40.000 Pflanzen pro ha). Sorten mit einer ausgeprägten Neigung zu Übergrößen sollten etwas enger gelegt werden. Auch wenn bei großfallenden Sorten (z. B. *Agria*) eine Vorkeimung vorgesehen ist, sind engere Pflanzabstände zu wählen (50.000 Pflanzen/ha), um keinen erhöhten Anteil an Übergrößen zu erzeugen.

Gepflanzt werden Kartoffeln mit Hilfe von 2- oder 4-reihigen Legegeräten. Für die vollmechanisierte Pflanzung vorgekeimter Knollen stehen Spezialgeräte mit Vibrations- oder Rollboden zur Verfügung, bei denen die Gefahr des Abbrechens von Keimen stark reduziert ist. Allerdings ist der Anschaffungspreis dieser Geräte um ca. 80 % höher als der herkömmlicher Legemaschinen. Bei der Verwendung von Vorkeimsäcken kann auch das Befüllen der Legebunker mechanisiert erfolgen.

#### ► Unkrautregulierung

Bis zum Bestandesschluss toleriert die Kartoffel nur wenig Konkurrenz durch Unkräuter in Bezug auf die Ertragsbildung. Das heißt, es muss Unkrautfreiheit angestrebt werden. Die direkte Bekämpfung der Unkräuter erfolgt in den jungen Kartoffeln bei ökologischer Bewirtschaftung in der Regel mit mechanischen Verfahren. Thermische Verfahren mit Abflamngeräten werden nur bei Dammvorformung eingesetzt. Weitere wichtige Elemente im gesamten Unkrautmanagement sind die Bodenbearbeitung, die Wahl konkurrenzkräftiger Sorten mit zügiger Jugendentwicklung und starker Krautbildung (siehe Kap. 6) und die Fruchtfolgegestaltung. Besonders wirksam gegen Unkraut erweist sich darunter der Anbau von Klee gras oder Luzerne mit häufiger Schnittnutzung und die intensive Stoppelbearbeitung nach früh das Feld räumenden Kulturpflanzen.

Die Kartoffel bietet durch ihren am Anfang zögerlichen Vegetationsverlauf und ihren Anbau als Dammkultur über eine relativ lange Zeitspanne gute Möglichkeiten zur Unkrautregulierung (Abb. 14). Diese Pflegearbeiten können mit hohen Wirkungsgraden ausgeführt werden, so dass eine Handhacke unterbleiben kann und trotzdem keine Ertragsminderungen eintreten. Zeitpunkt und Häufigkeit der mechanischen Pflegearbeiten müssen sich nach Unkrautentwicklung, Witterung und Bodenart richten. Mechanische Pflegearbeiten sollten allerdings stets bei ausreichend abgetrocknetem Boden durchgeführt werden. Traditionell erfolgt die Kartoffelpflege durch Anhäufeln und Abeggen der Kartoffeldämme. Zum Abeggen hat die Netzegge immer noch Bedeutung. Striegel leisten nur befriedigende Arbeit wenn sie eine vollständige Anpassung der Zinken an die Dammform gewährleisten, d. h. vom Kamm bis zur Basis müssen die Dämme gleichmäßig bearbeitet werden (z.B. „Treffler“-Striegel). Dabei



dürfen die Zinken auch seitlich an den Dammlanken nicht abgleiten, um eine lückenlose Unkrautregulierung zu gewährleisten. Für das Striegeln eignen sich besonders auch Kombigeräte in Form eines Häufelstriegels (siehe Abb. 15). Die umfangreiche Bodenbewegung beim Abstriegeln und Aufhäufeln der Dämme lässt auch gegenüber älteren Entwicklungsstadien der Unkräuter noch gute Wirkungsgrade erwarten.

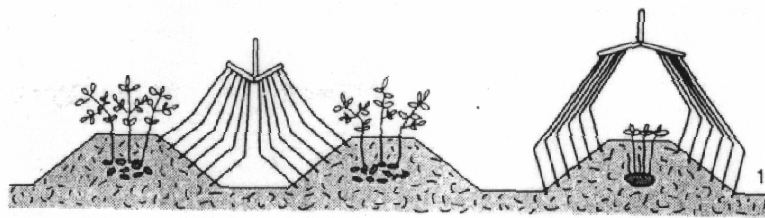
Den Aufbau voluminöser und stabiler Dämme sichern Dammbformbleche, die bei herausnehmbaren Firstblechen auch noch im Pflanzenbestand eingesetzt werden können. Mit Formblechen aufgebaute Dämme müssen mit speziellen Kombinationen aus Striegeln und Hackelementen, die auch an den Dammlanken in der Bearbeitungstiefe geführt werden, gegen Unkraut bearbeitet werden. Über integrierte Dammbformbleche wird in demselben Arbeitsgang die alte Dammbform wieder hergestellt. Bei dieser kombinierten Arbeit wird relativ wenig Boden bewegt, so dass schon in frühen Entwicklungsstadien der Unkräuter gearbeitet werden muss. Die Dammschultern stellen dabei erfahrungsgemäß eine schwierig zu pflegende Zone dar. Durch Einsatz des „Ecoridgers“ wird schonend Erde von den Seiten auf die Dammkrone gefördert. Mit diesem Gerät kann bis Reihenschluss gearbeitet werden.

Beim traditionellen Verfahren der Unkrautregulierung besteht der erste Arbeitsgang im Hochhäufeln des flachen Pflanzdammes einige Tage nach dem Pflanzen mit dem Häufelpflug. Wenige Tage später kann der Damm wieder leicht abgestriegelt werden. Je nach Unkrautbesatz werden nun im Wechsel Häufel und Striegel bzw. Hackgeräte eingesetzt, bis kurz vor Reihenschluss als letzter Arbeitsgang ein möglichst hoher Damm mit großem Volumen erzeugt wird. Diese Maßnahme dient zum einen der ausreichenden Bedeckung der wachsenden Knollen (Verhinderung von Ergrünungen), zum anderen wird die Gefahr der Knolleninfektion durch *Phytophthora infestans* (Braunfäule) gemindert. Der Damm wirkt als Filter für infektiöse Sporen.

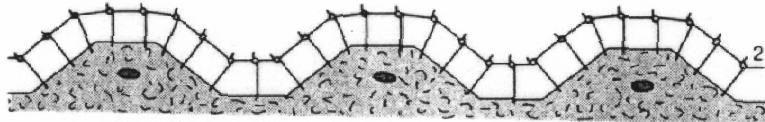
Die Arbeiten mit Häuflern und Striegeln können durch den Einsatz einer Maschinenhacke sinnvoll ergänzt werden. Die Hacke sollte dazu drei Hackscharen aufweisen, von denen die mittlere Schar in der Furche tiefer gestellt wird und die Seitenscharen den Dammlanken angepasst werden. Gut geeignet zum Häufeln ist auch eine Sternrollhacke, deren Wirkung durch die Kombination mit Hackscharen verbessert werden kann. Die Sternrollhacke ist in der Lage, bindigen Boden beim Anhäufeln fein zu krümeln.



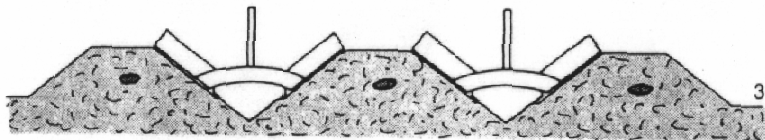
**Abbildung 14: Einsatz des Häufelstriegels in Kartoffeln**



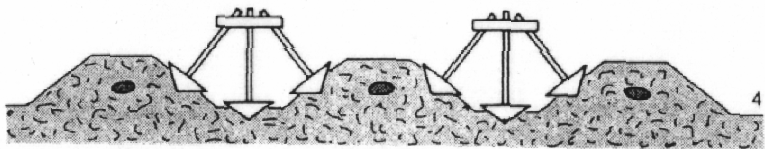
1 Reihensriegel  
(links Furchenstriegel, rechts Dammstriegel)



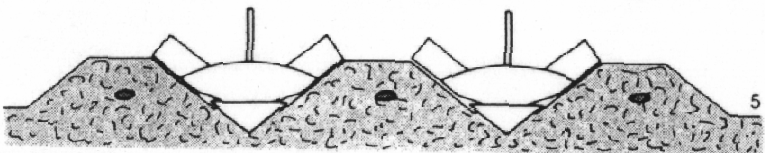
2 Netzege



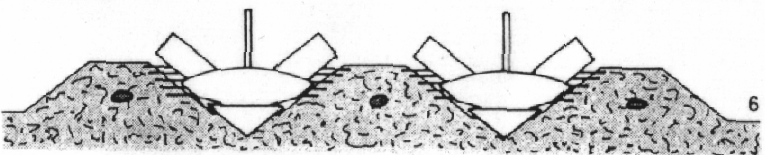
3 Häufelkörper



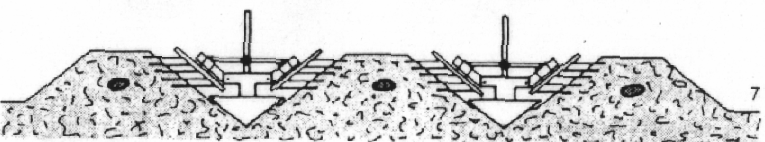
4 Hackwerkzeuge



5 Häufelstriegel  
Ausrüstung „Häufeln“



6 Häufelstriegel  
Ausrüstung „Häufeln + Striegeln“



7 Häufelstriegel  
Ausrüstung „Striegeln“

**Abbildung 15: Arbeitsgänge und -werkzeuge für die mechanische Kartoffelpflege (Quelle: DREYER, 1992)**

Zum Zeitpunkt des Auflaufens der Kartoffeln sollte der Einsatz des Striegels nur im Notfall erfolgen, da die frischen Triebe noch leicht abbrechen. Früher oder später kann diese Arbeit mit geringerem Schadensrisiko ausgeführt werden bis die Pflanzen etwa 20 cm hoch sind. Besonders wirksam erweisen sich die Pflegemaßnahmen, wenn die Unkräuter im Keimblattstadium erfasst werden. Die Verletzung von Feinwurzeln und Stolonen der Kartoffelpflanzen durch die Pflegegeräte muss durch genaue Einstellung und exakte Fahrweise weitgehend ausgeschlossen werden, da erhebliche Ertragseinbußen die Folge dieser Verletzungen sein können.

Ab Reihenschluss unterdrücken die Kartoffelpflanzen selbst das Unkraut relativ stark. Später, insbesondere bei frühen bis mittelfrühen Sorten bzw. beizeitigem Absterben des Krautes durch Krautfäulebefall, muss jedoch trotz guter Pflege mit einer Spätverunkrautung gerechnet werden. Um letztlich die Erntearbeiten ungehindert durchführen zu können, ist der Einsatz von Krautschlägern oder Abflammergeräten erforderlich. Effektiv und schonend arbeiten Schlegelgeräte, deren Arbeitswerkzeuge dem Relief der Dämme angepasst sind.

Von den zahlreichen Unkrautarten steht häufig die Acker-Kratzdistel im Fokus des Öko-Ackerbaus. Diese ausdauernde Unkrautart wird erfahrungsgemäß im Kartoffelanbau trotz intensiver Pflegearbeiten eher vermehrt als bekämpft. Die Ausbreitung der Distel lässt sich über den Lichtzutritt nach dem Absterben des Kartoffelkrautes bis zur Ernte und die hohe Restnährstoffverfügbarkeit auf den Kartoffeläckern erklären. Der Kartoffelanbau stellt somit keine Sanierungsmaßnahme in Bezug auf Acker-Kratzdisteln dar.

#### ► **Untersaaten zur Unkrautunterdrückung**

Der späte Unkrautwuchs in abreifenden Kartoffelbeständen kann zu erheblichen Erntebehinderungen führen. Neben längeren Rodezeiten werden gleichzeitig die Krautabtrennorgane der Erntemaschinen zum Teil extrem belastet und damit schneller verschlissen. Es gibt sowohl Versuchsergebnisse zur breitwürfigen Ansaat von Zwischenfrüchten als auch zur Reihensaat genau in die Furchen mit Sonnenblumen und Mais. Mit einer verbesserten Unkrautunterdrückung und Nitratspeicherung kann bei beiden Verfahren gerechnet werden. Die Furchensaat ist jedoch technisch noch nicht ausgereift, so dass eine Anwendung noch nicht in Frage kommt. Breit gestreute Untersaaten können frühestens beim letzten Häufeln ausgebracht werden. Auch Saattermine nach dem Absterben des Krautes mit Gelbsef oder Phacelia sind möglich. Die Unkrautunterdrückung gelingt jedoch bei den späten Terminen schlechter. Durch Untersaaten und Unkrautmasse können Nitratreste im Boden in vergleichbarer Höhe konserviert werden (HAAS, 2003).

Eine gleichmäßige Keimung der Untersaaten erfolgt nur bei ausreichender Bodenfeuchte und deren Sprosswachstum wird bei früh abreifenden Kartoffelsorten oder bei frühem Krautfäulebefall gefördert. Besonders Ölrettich wirkt auf das Unkraut verdrängend, auch auf Weißen Gänsefuß. Ansaaten von Senf, Buchweizen und Sonnenblumen sind ähnlich effektiv.

Ein negativer Einfluss von Untersaaten auf Ertrag, Krankheiten und Schädlinge konnte nicht nachgewiesen werden. Bei Ölrettich ist jedoch mit der Bildung von kräftigen Wurzelrüben zu rechnen, die unter Umständen auf dem Verlesetisch des Roders aussortiert werden müssen (STUMM & KÖPKE, 2008). Bei Ölrettich besteht auch die Gefahr, dass sich reife Samen entwickeln oder eingepflügte Wurzeln in den Folgekulturen wieder austreiben, wodurch diese Kulturpflanze dann selbst zum Unkraut werden kann.

#### ► **Beregnung von Kartoffeln**

Die hohen Markterlöse von Kartoffeln lassen eine Beregnung auch im Ökologischen Landbau trotz niedriger Ernteerträge wirtschaftlich aussichtsreich erscheinen (Abb. 16). Besondere Anforderungen an die Beregnung von Kulturen sind durch die EG-Öko-Verordnung nicht gegeben, so dass die üblichen Verfahren eingesetzt werden können und das Niveau der Beregnungskosten, dem des konventionellen Landbaus gleich zu setzen ist. Größtenteils fehlen bisher Untersuchungen zur Beregnung von Öko-Kartoffeln, so dass im Wesentlichen eine Orientierung an konventionellen Ergebnissen erfolgen muss.

Im konventionellen Landbau kann mit 20 – 35 % Mehrertrag durch 65 – 150 mm Beregnungswasser, verregnet unter Berücksichtigung der klimatischen Wasserbilanz, bei Kartoffeln gerechnet werden. Die Ertragssteigerungen hängen neben der natürlichen Wasserversorgung stark von der Bodenart und dem Abreifezeitpunkt der Kartoffeln ab. Je mm Beregnungswasser lag die Ertragswirkung auf einem anlehmigen Sandboden mit der Ackerzahl 35 in Brandenburg (Güterfelde) bei verschiedenen Sorten in den Jahren 1996 – 2000 im Durchschnitt bei 1,7 dt/ha (DITTMANN, 2001).

In Thüringen (Versuchsstandort Staußfurt) wurden in den Jahren 1994 – 2006 im Durchschnitt 1,4 dt/ha Mehrertrag je mm Zusatzwasser auf einem Schwarzerdeboden aus Ton mit 80 mm nutzbarer Wasserkapazität bis 60 cm Tiefe erzielt (PFLEGER, 2007). Auf die Qualität der Knollen, außer auf die Größensortierung und Form, hatte die Beregnung in diesen mehrjährigen Versuchen eher einen geringen Einfluss. Auch die Neigung zur Schwarzfleckigkeit konnte dadurch nicht verringert werden.



**Abbildung 16: Beregnung in Kartoffeln**

In einem Versuch zum Ökologischen Landbau wurden im besonders trockenen Jahr 2003 auf einem Standort mit 28 Bodenpunkten bei Hamburg durch 4 Wassergaben von zusammen 120 mm zwischen 16 % und 21 % Mehrertrag im Durchschnitt der beiden Kartoffelsorten Agria und Marlen erzielt (Ertragsniveau 380 dt/ha ohne Düngung und Beregnung). Schon bei einer Düngung von 80 kg N/ha über Stallmist wurde das Ertragsmaximum mit 510 dt/ha unter Beregnung erreicht. Dabei wurden auch sekundäre Effekte der organischen Düngung, zum Beispiel die Verbesserung der Bodenstruktur, als ertragswirksam angesehen. Ohne Beregnung blieben dagegen alle Stallmistgaben wirkungslos. Die Wirtschaftlichkeitsschwelle der Beregnungsmaßnahmen wurde durch die Mehrerträge von bis zu 130 dt/ha bei kalkulierten Erlösen von 13 €/dt (Verarbeitungskartoffeln) weit überschritten (KRAUSE et al., 2005). In Erhebungsuntersuchungen auf Praxisbetrieben von BÖHM et al. (2011) wird von Mehrerträgen durch Beregnung von 25 % berichtet.

Die Kartoffel hat ab dem Beginn des Knollenansatzes, dabei werden die ersten Blütenansätze sichtbar, einen hohen Wasseranspruch. Die Beregnungsbedürftigkeit setzt also schon relativ früh ein. Insbesondere zum Knollenwachstum wirkt sich Zusatzwasser auf die Ertragsbildung stark positiv aus.

Die Entscheidung zur Beregnung kann über die nutzbare Feldkapazität (nfK) des Standortes (Tab. 9), die Wasserbilanz und die Durchwurzelungstiefe genauer bestimmt werden. Die Wasserzufuhr sollte dann bei 40 – 50 % der nfK beginnen und den Boden bis auf 80 % der nfK aufsättigen, um Luftdefizite im Boden oder eine Auswaschung von Nährstoffen zu vermeiden. Die Bilanzrechnung (Verdunstung der Kulturfläche abzüglich Niederschläge) zum pflanzenverfügbaren Bodenwasser beginnt zu einem Startpunkt im Frühjahr in der Regel bei maximaler nfK (Wassersättigung) und wird jedes Mal zum Zeitpunkt der Wassergabe neu berechnet. In der Folgezeit wird der Wassergehalt des Bodens täglich berechnet und fortgeschrieben, die Salden summiert und bei entsprechendem Defizit über die Beregnungsanlage wieder ausgeglichen. Die regionalen Verdunstungswerte stellt der Deutsche Wetterdienst inklusive eines interaktiven Rechenprogramms nach der „Geisenheimer Methode“ für den Zeitpunkt der Beregnungsgabe kostenpflichtig über den DWD-Wettershop zur Verfügung (<http://www.dwd-shop.de>).

Der zunehmende Tiefgang der Wurzeln erfordert im Wachstumsverlauf der Kartoffeln steigende Wassermengen. Die Wurzeln der Kartoffeln gelangen im Laufe der Vegetationszeit bis in 60 cm Tiefe. Dieser Wachstumsverlauf lässt sich mit dem Spaten kontrollieren. Je nach Bodenart betragen dann die Wasserzufuhren 20 – 30 mm je Gabe. Dabei werden die Höhen der Gaben noch durch die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens beeinflusst. Diese steigt zum Beispiel mit zunehmendem Humusgehalt und mit abnehmender Bodendichte. Die Infiltrationsleistung des Bodens verbessert sich vor allem mit zunehmender Bodenbedeckung über Mulchmaterial oder ein Blätterdach, weil die Bodenoberfläche dann weniger schnell verschlämmt.

**Tabelle 9: Nutzbare Feldkapazität nach Bodenarten (< 4 % Humus, ohne Grundwassereinfluss)**

Bodenart	Abkürzung	nfK (mm/dm Bodenschicht)
Sand	(S)	9
Anlehmiger Sand	(SI)	13
Lehmiger Sand	(IS)	15
Stark lehmiger Sand	(SL)	19
Sandiger Lehm	(sL)	20
Lehm	(L)	23
Schwerer Lehm	(LT)	17
Ton	(T)	15
Schluff	(U)	26

Quellen: VORDERBRÜGGE et al. (2004); BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2005)

Im ökologischen Landbau werden keine speziellen Techniken zur Beregnung eingesetzt. Als Besonderheit muss für viele be-  
regnungsbedürftige Kulturen in der Jugendentwicklung bis zum Bestandesschluss die Befahr- und Bearbeitbarkeit der Fläche  
zur mechanischen Unkrautregulierung gewährleistet sein. Schläuche oder Rohre im Arbeitsbereich der Geräte müssen dem-  
nach häufig umgesetzt werden. Ein wichtiger Vorteil der Rohr-Schlauch-Beregnungstechnik ist das feine Tropfenspektrum und  
der nur mäßige Druckbedarf an den Regnern. Rohr-Schlauch-Anlagen eignen sich für kleine Flächen, bei denen sich Investitio-  
nen in Rohrtrommelanlagen nicht rechnen.

Im Rahmen einer ausgewogenen Pflanzenernährung kommt im Ökologischen Landbau eine gleichmäßige Durchfeuchtung des  
durchwurzelbaren Bodens eine größere Bedeutung zu als im konventionellen Landbau, weil hauptsächlich die mikrobielle Um-  
setzung der organischen Substanz zur Ernährung der Pflanzen vor allem mit Stickstoff beiträgt. Somit sind die Beregnungsan-  
lagen relativ dicht mit Tropfschläuchen zu bestücken, was zu einem höheren Materialaufwand führen kann.

Auf Schlägen mit mehreren Hektar Fläche wird der Einsatz von Rohrtrommelmaschinen wirtschaftlich interessant. Das Warten,  
Umsetzen, Einstellen und Kontrollieren dieser kompakten und mobilen Anlagen erfordert technisch versierte und erfahrene  
Mitarbeiter. Für das Umsetzen wird jedoch nur eine Person benötigt. Wenn Regnerkanonen verwendet werden sind sowohl der  
hohe Druckbedarf als auch die hohe kinetische Energie der überwiegend großen Wassertropfen beim Aufprall auf den Boden  
als ungünstig anzusehen. Wechselnde und starke Winde können zudem die präzise Wasserverteilung auf der Fläche erheblich  
erschweren. Diesen Nachteil kann ein Düsenwagen als Wasserverteilsystem an der Rohrtrommelmaschine jedoch abmildern.

Linear- und Kreisberegnungsmaschinen kommen erst ab etwa 25 ha zusammenhängender Fläche in Betracht. Diese Technik  
zeichnet sich durch einen geringen Arbeitszeitbedarf und eine hohes Automatisierungspotenzial aus.

# 8 Krankheiten und Schädlinge

Das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen kann zu erheblichen Einbußen hinsichtlich der Ertragshöhe führen. Aber auch Qualitätsmängel verschlechtern die Vermarktungschancen der Kartoffeln deutlich. So können stark mit *Rhizoctonia*, Silberschorf und mit Drahtwurm befallene Knollen nicht mehr vermarktet werden. Die Symptome wichtiger Krankheiten und Schädlinge und mögliche Gegenmaßnahmen sind in Tabelle 10 aufgeführt worden.

## ► *Rhizoctonia* und Silberschorf

Im ökologischen Landbau müssen alle vorbeugenden Maßnahmen ergriffen werden, die den Pflanzen ein gutes und kräftiges Wachstum ermöglichen. Dadurch kann in einem gewissen Umfang Vorsorge betrieben werden. Ein sehr wichtiger Faktor ist dabei die Qualität des Pflanzgutes, denn einige Krankheiten wie die Wurzeltöterkrankheit (*Rhizoctonia solani*) und der Silberschorf (*Helminthosporium solani*) werden auch mit dem Pflanzgut verbreitet. Nach Untersuchungen von KARALUS (2005) hat der *Rhizoctonia*-Befall der Pflanzknollen einen direkten Einfluss auf den Befall der Ernteknollen. Waren keine Sklerotien am Pflanzgut vorhanden, lag der Anteil Ernteknollen mit Befall unter 10 %. Bereits bei geringem Befall des Pflanzgutes wiesen 20 – 30 % der geernteten Knollen Befallssymptome auf. Der Befall an den Knollen zeigt sich in Form von schwarzen Pocken, Löchern und Einschnürungen (Abb. 17, Tab. 10).



**Abbildung 17: Symptome von *Rhizoctonia solani***

Bei einem hohen Befall mit Silberschorf werden die Augen der Knollen vom Pilz überwachsen und es bilden sich gar keine Keime oder keine gesunden Keime aus. Ein Silberschorfbefall ist angezeigt, wenn die Knolle teilweise den Prallzustand verloren hat und mindestens ein Auge betroffen ist (PEINE, 2008). Von einigen Züchtern und Vermehrern werden Untersuchungen zum Besatz des Pflanzgutes mit *Rhizoctonia* und Silberschorf-Dauersporen vorgenommen und die Einführung eines Grenzwertes für Pflanzgutpartien wird diskutiert. Der *Rhizoctonia*-Pockenbesatz bei Pflanzgut sollte 20 % befallene Knollen, unabhängig von der Befallshöhe, nicht überschreiten.

Einen Einfluss auf den Besatz mit *Rhizoctonia*-Pocken zeigte sich bei einem Anbau der Kartoffeln nach Winterweizen und der Zwischenfrucht Ölettrich, wo nach Zwischenfrucht 11 – 20 % Pocken auftraten gegenüber ohne Zwischenfrucht mit 34 % (BERENDONK, 2011). Andere Versuche zum Einfluss der organischen Substanz auf den *Rhizoctonia*-befall zeigen allerdings oft kein eindeutiges Ergebnis. Wird Kompost direkt in die Pflanzrinne eingebracht, so reduzierte sich der Sklerotienbefall um 30 – 60 %. Eine praktische technische Umsetzung für so ein Verfahren steht bisher noch nicht zur Verfügung. Eine breitflächige Ausbringung des Kompostes hatte dagegen keine Wirkung (BRUNS et al., 2009)

### ► Kraut- und Knollenfäule sowie Nassfäule

Eine Ausbreitung von Krankheiten kann aber auch über den nicht sichtbaren (latenten) Befall von Pflanzgut erfolgen wie bei der Nassfäule (*Pectobacterium atrosepticum*) sowie der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*), der bislang wichtigsten Krankheit im ökologischen Kartoffelbau. So zeigen molekularbiologische Untersuchungen bei 17 zufällig ausgewählten Partien von zertifiziertem Kartoffel-Pflanzgut in den Jahren 2007 – 2009, dass durchschnittlich 11 % des Pflanzgutes latent mit *Phytophthora infestans* infiziert war. Die höchste Infektionsrate einer Partie lag bei 38 % (ZELLNER et al., 2011).

Als vorbeugende Maßnahme gegen den primären Stängelbefall und die Schwarzbeinigkeit besteht die Möglichkeit das Pflanzgut mit 80 – 120 g/ha Kupfer zu beizen. Dies kann bei der Aufbereitung des Pflanzgutes im Frühjahr mit stationären Geräten im Lagerhaus oder beim Legen der Kartoffeln in der Legemaschine erfolgen. An stationären Einrichtungen gibt es Sprühgeräte mit Rotationsdüsen (z. B. Firma Mantis, ULV-Verfahren = Ultra Low Volume). Die Wirkungsgrade der Beizung betragen annähernd 50 % und durch die Verminderung des Stängelbefalls wurde auch der sekundäre Blattbefall reduziert (KEIL & ZELLNER, 2009).

Zur Regulierung der Kraut- und Knollenfäule darf Kupfer gegen den sekundären Blattbefall eingesetzt werden. Dadurch soll das vorzeitige Absterben der Pflanzen und der Knollenbefall verhindert werden (Abb. 18). Die Anwendung kann einen vorhandenen Phytophthora-Befall nicht stoppen, so dass rechtzeitig vorbeugend behandelt werden muss. Erfolgt die Kupferbehandlung kurz vor bzw. zum Befallsbeginn, so zeigt sich die größte Wirkung. Die Kupfer-Ionen blockieren dann Enzym-Reaktionen, was zum Absterben der Pilzsporen führt. Der Abstand zwischen den einzelnen Spritzungen zum Schutz des Blattzuwachses liegt bei 8 – 14 Tagen. Durch Niederschlagsereignisse verkürzt sich dieser Abstand. Sehr wichtig für eine Behandlung ist der Beginn des Befalls. Nach Untersuchungen von BRUNS et al. (2008) schwankte der Befallsbeginn in den Jahren 2002 - 2007 zwischen dem 18. Juni und dem 18. Juli und verlief im Mittel über einen Zeitraum von 4 - 6 Wochen. Bei einem sehr frühen Befallsbeginn sichert eine Kupferspritzung die Ertragsbildung ab, während bei einem späten Befallsbeginn der größte Teil der Hauptertragsbildung erreicht war. Eine Kupferbehandlung führte durchschnittlich zu einer Befallsminderung von 58 %. Die Wirkung auf den Ertrag betrug in den Jahren mit einem mittleren bis späten Befallsbeginn 8 – 26 %, in dem Jahr mit dem sehr frühen Befallsbeginn sogar 96 %.



**Abbildung 18: Symptome der Kraut- und Knollenfäule**

Es sind Mittel mit den Wirkstoffen Kupferoxychlorid, Kupferhydroxid und Kupferoktanoat zugelassen (siehe Kap. 12). Die jeweils aktuelle Liste der zugelassenen Pflanzenschutzmittel kann unter <http://www.oekolandbau.de> eingesehen werden. Da sich Kupfer als Schwermetall im Boden anreichert, einen negativen Einfluss auf Bodenlebewesen hat und zu einer Veränderung der mikrobiellen Zusammensetzung des Bodens führt, steht der Einsatz unter einem kritischen Focus. Die Anbauverbände haben die maximale Einsatzmenge auf 3 kg Cu/ha und Jahr im Kartoffelbau begrenzt und vor der Anwendung muss von den Betrieben eine Ausnahmegenehmigung beantragt werden. Der Verband Demeter schließt den Einsatz generell aus.

In den letzten Jahren wurde intensiv an Strategien zur Minimierung der Aufwandmengen gearbeitet. Neben den vorbeugenden Maßnahmen, wie optimale Nährstoffversorgung, Vorkeimen der Pflanzkartoffeln, Saatgutbeizung und Sortenwahl, gehören hierzu auch die Weiterentwicklung von Prognosemodellen und die Untersuchung des Einsatzes von variablen Einzelspritzmengen in Abhängigkeit vom Infektionsdruck.

Das entwickelte Modell ÖKO-SIMPHYT erweist sich als zuverlässiges Hilfsmittel bei der Krautfäulebekämpfung. Der Zugang zum Modell ist über das Internet möglich: <http://www.isip.de>. Der Behandlungsbeginn sowie die Spritzabstände für einzelne Kartoffelschläge kann z. B. in folgender Weise erfolgen: 0,3 – 0,5 kg/ha Reinkupfer in 400 l Wasser, erste Anwendung laut Warnmeldung, je nach Befallsdruck max. 5 weitere Anwendungen. Beim Programm wird von einer Gesamtaufwandmenge von 3 kg/ha Reinkupfer pro Jahr und der Kupferformulierung Cuprozin flüssig ausgegangen, da das Mittel in Versuchen die beste Regenbeständigkeit zeigte. Weitere Informationen im Internet: <http://orgprints.org/11008/>; <http://orgprints.org/13182/>.

Alternativ zum Einsatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel können auch Pflanzenstärkungsmittel eingesetzt werden. Dazu liegen einige, teilweise sich widersprechende Versuchsergebnisse vor. Deshalb können keine speziellen Empfehlungen gegeben werden. Auch bei der Wurzeltötterkrankheit ist ein Einsatz von Pflanzenstärkungsmitteln in Form von Trocken- und Flüssigbeizmitteln auf der Basis von *Bacillus subtilis* und *Pseudomonas praxidix* möglich, wobei auch hier unterschiedliche Ergebnisse zur Wirksamkeit vorliegen.

#### ► Kartoffelkäfer

Gegen die Larven des Kartoffelkäfers (Abb. 19) in den Stadien L1 – L2 ist der Einsatz des Wirkstoffs Azadirachtin (NeemAzal T/S; 2,5 l/ha in 300 – 500 l Wasser) möglich. Der Wirkstoff muss über den Fraß der Blätter aufgenommen werden. Eine starke Sonneneinstrahlung und Niederschläge verringern die Wirksamkeit, so dass eine Anwendung besonders in den Abendstunden vor einer trockenen Nacht erfolgen sollte. Die effektive Wirkungsdauer auf die Kartoffelkäferlarven beträgt etwa eine Woche und meistens ist eine Behandlung als ausreichend anzusehen. Das Mittel Spintor (Wirkstoff: Spinosad), Stoffwechselprodukt eines Bodenbakteriums, ist nach der EU-Öko-Verordnung zugelassen. Wegen der Gefährlichkeit gegenüber Bienen lehnen die meisten Anbauverbände den Einsatz jedoch ab. Pyrethrine mit Rapsöl können ebenfalls eingesetzt werden. Das natürliche Pyrethrum besitzt aber den gleichen Wirkmechanismus wie synthetische Pyrethroide, gegen die die Käfer bereits resistent sind. Daher kann eine Anwendung nicht empfohlen werden.



Abbildung 19: Kartoffelkäferlarven

#### ► Ernte und Lagerung

Während der Erntearbeiten und der Zeit der Lagerung kann es zur Übertragung einiger Krankheiten kommen. Dazu gehören die Trocken- und Nassfäulen sowie der Silberschorf. Daher ist besonders auf eine schonende Ernte möglichst ohne Beschädigungen und Verletzungen der Knollen zu achten. Schnelle Bewegungen des Erntegutes sollten vermieden, geringe Fallhöhen und kurze Förderwege eingehalten und elastische Materialien bei Sortiereinrichtungen und Förderbändern eingesetzt werden. Es darf nur trockenes Material eingelagert werden und kranke Knollen sind auszusortieren. Weitere Hinweise zu Ernte und Lagerung sind in den Kapiteln 9 und 10 enthalten.



**Tabelle 10: Wichtige Krankheiten und Schädlinge von Kartoffeln**

Speisekartoffeln Schaderreger	Schadbild/Verbreitung	Bedeutung und Gegenmaßnahmen
Kartoffelschorf ( <i>Streptomyces</i> spp.)	nur Symptome an der Knolle, an der Schale bilden sich braune, rissige Flecken; stirbt nur oberflächliches Gewebe ab, spricht man von Flach- oder Netzschorf; tiefere Dellen oder Vertiefungen bezeichnet man als Tiefenschorf; beim Buckelschorf bildet sich neues Gewebe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wahl von Sorten mit geringer oder sehr geringer Anfälligkeit</li> <li>• Luzerne bzw. Wicken-Roggen-Gemenge fördern <i>Bacillus subtilis</i> als Antagonist</li> <li>• Keine Kalkung direkt vor Kartoffeln, pH-Werte &gt; 6 begünstigen den Befall</li> <li>• Beregnung verringert Befall (ab 3. Woche nach Auflauf über 6 – 8 Wochen)</li> </ul>
Nassfäule und Schwarzbeinigkeit ( <i>Pectobacterium atrosepticum</i> )	latenter Befall des Pflanzgutes führt in feuchten Jahren zur Verbreitung; Schwarzfärbung der Stängelbasis; Infektion der Knollen über Mutterknolle bzw. Wunden und Kontakt mit faulen Knollen, Knollenfleisch wird in eine breiige, wässrige Masse verwandelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrolle der Bestände: Entfernen kranker Pflanzen vor der Knollenbildung</li> <li>• Ernte nach Erreichen der Schalenfestigkeit bei trockenem Boden, Bodentemperaturen mind. 10 °C; Verletzungen vermeiden</li> <li>• Auslesen fauler Knollen bei Ernte und zu Beginn der Einlagerung</li> <li>• Belüftung des Lagers</li> <li>• Cu-Beizung der Pflanzkartoffeln möglich</li> </ul>
Kraut- und Knollenfäule ( <i>Phytophthora infestans</i> )	Entstehung von Primärherden im Bestand aus latent befallenen Knollen, ausschließlich Stängelbefall bei hoher Bodenfeuchte; auf Blättern Anfangssymptome vorwiegend an Blattrand oder Blattspitze, Herausbildung gelblicher bis grüner unregelmäßiger Flecke, später dunkelbraune Verfärbung; Blattunterseite am Rand der Flecke zum Teil weißer Pilzrasen, bei trockener Witterung Stillstand der Ausbreitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• regelmäßige Kontrolle der Bestände</li> <li>• Vermeidung von Infektionen durch Abfallhaufen</li> <li>• Schläge in offenen Lagen (gute Abtrocknung)</li> <li>• Sortenwahl und gesundes Pflanzgut</li> <li>• Vorkeimen (schnellere Jugendentwicklung)</li> <li>• Cu-Beizung der Pflanzkartoffeln zur Verhinderung des primären Stängelbefalls</li> <li>• Erste befallene Pflanzen vernichten</li> <li>• Cu-Spritzung nach Infektionsgefahr, max. 3 kg Cu/ha/a</li> <li>• Pflanzenstärkungsmittel</li> <li>• Krautschlagen 3 – 5 Wochen vor Ernte</li> <li>• schonende Ernte und Einlagerung und optimale Lagerbedingungen schaffen</li> </ul>
Wurzeltöterkrankheit ( <i>Rhizoctonia solani</i> )	viele Ausbildungsformen; verzögerter Auflauf der Bestände mit geringer Triebbildung und Fehlstellen; später Bildung weißer Kragen an Stängelbasis (Weißhohigkeit) bei hoher Luftfeuchte oder Wipfelrollen der Blätter; an Knollen „dry-core“- Symptome (Ähnlichkeit mit Drahtwurmböhrlochern) oder Deformation; auf Knollenschale schwarze Pocken (Sklerotien)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflanzgut soll frei von Rhizoctonia-Pocken sein bzw. nur gering belastet</li> <li>• Anbaupausen von 4 – 5 Jahren</li> <li>• Vermeiden von Kartoffeldurchwuchs</li> <li>• Pflanzgut vorkeimen bzw. Keimstimmen</li> <li>• Pflanzen in erwärmte Böden ab 10 °C</li> <li>• für eine schnellere Umsetzung organische Dünger, Gründüngung und Stroh gut in den Boden einarbeiten, direkte Stallmistdüngung im Frühjahr vermeiden</li> <li>• hoher Unkrautbesatz fördert Befall</li> <li>• Saatgutbeizung mit biologischen Mitteln möglich</li> <li>• Ernte der Kartoffeln bald nach Erreichen der Schalenfestigkeit</li> <li>• Wartezeit zwischen Krautschlagen und Ernte der Kartoffeln &lt; 20 Tage</li> </ul>

Tabelle 10: (Fortsetzung)

Speisekartoffeln Schaderreger	Schadbild/Verbreitung	Bedeutung und Gegenmaßnahmen
Dürrfleckenkrankheit ( <i>Alternaria</i> spp.)	Graubraune Flecken mit schwarzen, konzentrischen Ringen auf den Blättern; an den Knollen bilden sich dunkle, eingesunkene Flecke (Trockenfäule)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verwendung gering anfälliger Sorten</li> <li>• gesundes Pflanzgut</li> <li>• eine Cu-Spritzung gegen die Krautfäule erfasst auch die <i>Alternaria</i>-Pilze</li> <li>• schonende Ernte und Einlagerung und optimale Lagerbedingungen schaffen</li> </ul>
Silberschorf ( <i>Helminthosporium solani</i> )	der Pilz führt zum Absterben von Zellen der Korkschicht, die sich vom Zellgewebe ablöst, dadurch bilden sich silbrig-graue Flecke; die Knollen neigen zu höheren Wasserverlusten und zum Schrumpfen, Symptome zeigen sich erst im Lager	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gesundes Pflanzgut</li> <li>• frühzeitige Ernte</li> <li>• gutes Lagermanagement</li> <li>• Staubreste vor und während der Einlagerung entfernen</li> <li>• Aufbereitung in räumlicher Trennung zur Lagerung</li> </ul>
Kartoffelkäfer ( <i>Leptinotarsa decemlineata</i> )	Käfer überwintern im Boden, wandern ab Bodentemperaturen von 11 - 14 °C in die Bestände ein; an die Blattunterseiten legen die Weibchen orangefarbene Eigelege, aus denen oft noch am selben Tag rote Larven schlüpfen; in den Junglarvenstadien (2 – 3 mm) ist erfolgversprechende Bekämpfung möglich, die älteren Larven (4 – 10 mm) sind unempfindlicher	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einhaltung der Fruchtfolge</li> <li>• großer Abstand zwischen den Kartoffelfeldern in den Einzeljahren</li> <li>• Vermeiden von Kartoffeldurchwuchs</li> <li>• Schadschwelle: 1 Eigelege oder 10 Larven je Pflanze an 5 Pflanzen jeweils an 5 Punkten im Feld</li> <li>• Nutzung des Prognosemodells SIMPHYT</li> <li>• Behandlung mit NeemAzal T/S möglich</li> </ul>
Drahtwurm (Larven der Schnellkäfer <i>Agriotes</i> spp.)	die Käfer legen ihre Eier in dichte Bestände von Mai – Juli; nach 4 – 6 Wochen schlüpfen die Larven und wachsen bis zu 3 cm heran; sie sind gelb bzw. hellbraun gefärbt; die Umwandlung zur Puppe und von der Puppe zum Käfer erfolgt in einer Zeitspanne von 3 – 5 Jahren; die Larven können negative Phasen wie Kälte, Trockenheit und Nahrungsmangel überstehen indem sie sich inaktiv in tiefere Bodenschichten zurückziehen; durch Fraß entstehen Gänge und Löcher in den Knollen, die wie ausgestanzt aussehen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fruchtfolge mit hohen Anteilen Sommerungen und Körnerleguminosen</li> <li>• Bodenbearbeitung in der fraßaktiven Zeit (Ende März - Mitte Mai bzw. Ende Juli - Anfang Oktober)</li> <li>• mehrfache Stoppelbearbeitung (Junglarven werden dezimiert)</li> <li>• Bekämpfung der Quecken (bieten gute Entwicklungsbedingungen für Larven)</li> <li>• Herbstfurche günstiger als Frühjahrsfurche (geringerer Eiablagezeit)</li> <li>• 2 - 3-jähriges Klee gras als Vorfrucht vermeiden (günstige Bedingungen zur Eiablage durch schattige, feuchte Bodenoberfläche, keine Störung durch Bodenbearbeitung)</li> <li>• Stalldung/Kompost zügig einarbeiten</li> <li>• Beregnung kann reduzierend wirken</li> <li>• früher Rodetermin</li> </ul>
Kartoffelzystenematode ( <i>Globodera rostochiensis</i> – Gelbe K., 5 Pathotypen Ro1, Ro2, Ro3, Ro4, Ro5 <i>Globodera pallida</i> – Weiße K., 3 Pathotypen Pa1, Pa2, Pa3)	Junge Nematoden (Larven) wandern in die Wurzeln der Kartoffel ein und ernähren sich vom Zellinhalt, so dass die Wurzeln absterben und es treten nesterweise Fehlstellen in Beständen auf, Quarantäneschädling	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einhaltung der Fruchtfolge</li> <li>• Anbau resistenter Sorten gegen die Arten und Pathotypen</li> <li>• Vermeidung einer Verschleppung über Pflanzgut und anhaftende Erde</li> <li>• Pflanzkartoffelvermehrter müssen amtliche Untersuchung nachweisen, dass Fläche frei von Nematoden ist</li> </ul>
Eisenfleckigkeit (Rattle-Virus)	es können sich gelbe, bogen-, ring- oder fleckenartige Verfärbungen bilden, auf den Knollen zeigen sich nekrotische, eingesunkene Ringe und Bögen oder rostbraune Flecke im Knollenfleisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Virus wird von Nematoden übertragen, neben Kartoffeln werden auch viele andere Pflanzen wie Unkräuter und Zwischenfrüchte befallen</li> <li>• Ungünstige Zwischenfrüchte vor Kartoffeln vermeiden wie Raps, Rübsen, Weißer Senf und Phacelia</li> </ul>

Tabelle 10: (Fortsetzung)

Pflanzkartoffeln Schaderreger	Schadbild/Verbreitung	Bedeutung und Gegenmaßnahmen
Y-Virus (PVY)	am deutlichsten zeigen sich Sekundärinfektionen, wenn Knollen im Vorjahr infiziert wurden; Primärbefall nur bei sehr frühem Befall; es zeigen sich Tintenspritzer auf Blattunterseite, die zu Nekrosen auswachsen (Strichelkrankheit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermehrung von Pflanzkartoffeln in Gesundlagen</li> <li>• Räumliche Trennung von Pflanz- und Speisekartoffeln</li> <li>• Vorkeimen oder Keimstimmen des Pflanzgutes</li> <li>• Frühzeitige Selektion von infizierten Pflanzen</li> <li>• Ausbringen von Strohmulch zum Auflauftermin</li> </ul>
Blattrollvirus (PLRV)	die Blätter sind von der Seite nach oben eingerollt mit einer steileren Blattstellung, im unteren Bereich kommt es zu tütenförmigen Blattverformungen, die Blätter werden hart und brüchig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Virus wird von Blattläusen übertragen, bei starkem Blattlausbefall rechtzeitig Krautminderung</li> </ul>

Quelle: KÜHNE et al. (2006); RADTKE et al. (2000)

Hinsichtlich der Erzeugung von Kartoffeln sollten folgende Voraussetzungen beachtet werden:

- Einsatz von anerkanntem Pflanzgut mit Basispflanzgutqualität möglichst aus ökologischer Vermehrung, Befallsfreiheit von Viruskrankheiten
  - max. Virusbesatz von 6 % bei Z-Saatgut (gesetzlich vorgegebener Wert)
  - Rhizoctonia-Sklerotien-Besatz der Knollen <20 % der Partie (angestrebter Grenzwert)
- In Pflanzkartoffel erzeugenden Betrieben sind alle Anbauflächen auf Kartoffelzystennematoden und ihre Pathotypen zu untersuchen (Bodenprobe zur Bestimmung an LfULG)
- Das Pflanzgut muss frei von Bakterieller Ringfäule, Schleimkrankheit, Kartoffelkrebs und Kartoffelzystennematoden sein, diese Krankheiten sind sogenannte Quarantänekrankheiten und meldepflichtig
- Überwachung des Gesundheitszustandes während der Vegetation, gegebenenfalls sind kranke Stauden zu entfernen.
- Wichtige Internetadressen:
  - <http://www.landwirtschaft.sachsen.de>
  - <http://www.isip2.de> – Prognosemodelle für Kraut- und Knollenfäule, Kartoffelkäfer
  - <http://www.jki.bund.de>
  - <http://www.bvl.bund.de>
  - <http://www.oekolandbau.de>
  - <http://www.bvl.bund.de/infopsm>
  - <http://pflanzenstaerkungsmittel.bba.de>

# 9 Ernte

Ziel der Kartoffelernte ist es, den gewachsenen Ertrag möglichst vollständig und beschädigungsarm einzubringen (Abb. 20). Hierauf muss detailliert eingegangen werden, da die Voraussetzung von Verlusten während der Lagerungsphase zu einem großen Teil bereits während der Ernte geschaffen werden. Die betriebswirtschaftlichen Folgen, die aus Lagerungsverlusten resultieren, sind z.T. erheblich. Um eine hohe Qualität der erzeugten Ware nach der Ernte, aber auch nach einer längeren Lagerungsphase gewährleisten zu können, sind die folgenden Punkte zu berücksichtigen.

## ► Sortenwahl

Die Beschädigungsempfindlichkeit sowie die Lagerungseignung sind sortenspezifische Eigenschaften. Einige Ernte- und Lagerungseigenschaften werden in der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes mit den Merkmalen Beschädigungsempfindlichkeit, Anfälligkeit für Knollenfäule und Eisenfleckigkeit sowie Keimfreudigkeit beschrieben. Wünschenswert erscheint eine Einschätzung bezüglich des spezifischen Gewichtsverlustes (Schwund) während der Lagerung. In der Regel sind später abreifende Sorten besser für eine Lagerung geeignet als frühe Sorten (siehe Kap. 6).

## ► Ernteverfahren und -termin

Der Gewichtsverlust von Kartoffeln während einer Lagerungsphase von 6 Monaten kann in Abhängigkeit von der eingelagerten Qualität und Sorte zwischen lediglich 4 % und dem Totalverlust (z.B. bei starkem Nassfäulebefall) liegen. Neben unsachgemäßer Klimaführung im Lagerraum sind Qualitätsbeeinträchtigungen des Erntegutes im Wesentlichen auf die Erntebedingungen zurückzuführen. Die zu diesem Zeitpunkt verursachten Beschädigungen der Knollen sind Voraussetzung für den Befall mit Schaderregern und können zu erheblichen Lagerverlusten führen.

Der Erntetermin ist abhängig von der Reifegruppe der angebauten Sorte, der geplanten Verwendung des Erntegutes und von der Witterung. Frühkartoffeln werden vor der Krautabreife geerntet, sie benötigen etwa 100 Tage Vegetationszeit. Da die Knollen in der Regel nicht schalenfest und damit nicht lange haltbar sind, eignen sich diese Kartoffeln nur zum sofortigen Verzehr und müssen dementsprechend vermarktet werden.

Bei mittelfrühen und späteren Sorten wird der Erntetermin durch Kriterien wie Reife, Schalenfestigkeit und Absterben des Krautes bestimmt. Dieser Zeitpunkt liegt in der Regel im September bis Anfang Oktober. Die Knollen müssen dann vollständig ausgereift und festschalig sein. Dies ist etwa 3 Wochen nach dem Absterben des Krautes der Fall. In Abhängigkeit von der Sorte und vom Abreifezustand nach Krautfäuleinfektion können aber auch 4 – 5 Wochen vergehen, bis eine genügende Schalenfestigkeit erreicht ist.

### KONTROLLE DER SCHALENFESTIGKEIT:

Lässt sich die Kartoffelschale mit dem Daumen leicht abschieben, ist diese noch „losschalig“, also noch nicht erntereif. Losschalige Knollen haben vor allem in den ersten Wochen nach der Ernte einen 15 – 100-fachen Wasserverlust im Vergleich zu reifen Knollen und sind deshalb nicht zum Einlagern geeignet.

Feuchte Knollen sind beschädigungsempfindlicher als trockene. Deshalb sollte nur bei abgetrocknetem Boden gerodet werden. Empfehlenswert ist das geteilte Ernteverfahren. Hierbei bleiben die gerodeten Kartoffeln einige Zeit zum Abtrocknen auf dem Feld liegen. Alle weiteren Arbeitsgänge, die Knollenverletzungen bedingen können, werden so in einem weniger empfindlichen Zustand durchlaufen. Allerdings ist der erhöhte Arbeitsaufwand zu berücksichtigen.

In der Regel kommen Bunkerroder zum Einsatz. Knollenbeschädigungen können durch die Einstellung einer optimalen Rodegeschwindigkeit, Rodetiefe sowie Abtrennung von Kraut, Kluten und Steinen gewährleistet werden. Es ist auf die Einhaltung geringer Fallhöhen und kurzer Förderwege, die Vermeidung schneller Bewegungen und den Einsatz elastischer Materialien bei Sortiereinrichtungen, Verlesetisch und Förderbändern zu achten.

Innerhalb eines schonenden Vorsortierganges sollten kranke, ergrünte und beschädigte Knollen sowie sonstige Beimengungen wie Erde, Steine und organisches Material entfernt werden. Ebenso dürfen keine losschaligen und weichen Knollen ins Lager gelangen. Die wichtigsten Faktoren zur Gewährleistung einer schonenden Ernte sind hier zusammengefasst:

- Reduktion bzw. Vermeidung von Kluten durch optimale Grundbodenbearbeitung und mechanische Pflege, gegebenenfalls Dammvorformung im Herbst auf schweren Böden (Kluten wirken in trockenem Zustand wie Steine)
- Absammeln von Steinen
- Schlepperbereifung 8" bis höchstens 11" bei einer maximalen Hangneigung von 10 °, um Druckschäden an den Knollen im Damm zu vermeiden
- bei Spätverunkrautung Mulchen des oberirdischen Bewuchses mit dammangepassten Schlegelgeräten wenige Tage vor der Ernte
- exakte Dammapstände und Rodetiefe
- Rodegeschwindigkeit so wählen, dass das Erntegut möglichst lange im Erdstrom befördert wird,
- Ummantelung von Metallteilen der Siebkette
- niedrige Fallhöhen, Polsterungen
- Rodung bei abgetrocknetem Boden und Knollentemperaturen von über 10 °C.



**Abbildung 20: Kartoffelernte in Nemt (Sachsen)**

# 10 Lagerung

## ► Zielsetzung und Anforderungen bei der Kartoffellagerung

Bei der Lagerung sind Kartoffelknollen vor Licht, Wasser, zu hohen und zu niedrigen Temperaturen sowie vor Krankheitserregern zu schützen. Zu den wichtigsten Maßnahmen im Kartoffellager gehören das Abtrocknen und Abkühlen der Knollen. Dabei besteht das Problem, dass nur in einem bestimmten Bereich eine optimale Qualitätserhaltung stattfindet und sich außerdem die Ansprüche der Knollen im Verlauf der Lagerperiode verändern. So ist auf der einen Seite zu Beginn der Lagerung ein zügiges Abtrocknen der Knollen unbedingt erforderlich, um Infektionen durch Krankheitserreger zu vermeiden. Außerdem ist eine ausreichende Abkühlung der Knollen notwendig, um Atmungsverluste zu reduzieren, die Keimbildung zu verzögern und die Ausbreitungsmöglichkeiten für Krankheiten zu verhindern.

Auf der anderen Seite führt eine zu intensive Belüftung aber zu hohen Substanzverlusten durch Wasserabgabe der Knollen. Insbesondere am Ende der Lagerperiode ist dann die Qualität der Knollen durch Lagerdruckstellen und Schwarzfleckigkeit beeinträchtigt. Kalte Kartoffelknollen sind darüber hinaus stark beschädigungsempfindlich, so dass vor einer intensiven Bewegung, z. B. beim Sortieren, wieder eine Anwärmung notwendig ist.

Optimale Bedingungen für die Dauerlagerung von Kartoffeln bestehen bei einer Temperatur von 4 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 90 – 95 %. Bei 98 – 100 % relativer Luftfeuchte werden pilzliche und bakterielle Krankheitserreger stark gefördert. Bei Werten unter 85 % ist mit einem deutlichen Feuchteentzug aus den Knollen zu rechnen, so dass die Substanzverluste erhöht und die Bildung von Lagerdruckstellen gefördert werden.

## ► Lagerverfahren

### ■ Loselager

Bei der Lagerung von Kartoffeln wird zwischen Loselagern und Kistenlagern unterschieden. Loselager sind vor allem für größere einheitliche Kartoffelpartien geeignet. Ein Vorteil im Vergleich zum Kistenlager mit Raumbelüftung liegt darin, dass die Belüftung der Knollen effektiver ist, da die über Belüftungskanäle von unten zugeführte Luft erst den gesamten Stapel durchströmen muss, bevor sie über Abluftöffnungen entweichen kann. Die Temperaturabsenkung erfolgt im Loselager daher schneller als im Kistenlager mit Raumbelüftung.

Eine Loselagerung ohne Belüftung des Stapels ist nur bis zu einer Höhe von 1,50 m möglich. Ab 1,50 m Höhe ist eine Zwangselüftung mit kalter Außenluft von unten nach oben notwendig, um eine zu starke Temperaturschichtung im Stapel zu vermeiden. Pro Meter Stapelhöhe nimmt die Temperatur um 0,5 – 1 °C zu, d. h. die oberste Zone kann bis zu 4 °C wärmer sein als die unterste Schicht. Dadurch kann es zur Bildung von Kondenswasser in der obersten Schicht kommen, wodurch Fäulnis entstehen kann. Wird im Loselager mit einer Stapelhöhe bis 1,50 m Höhe über offene Türen und Fenster gelüftet, schützt eine mindestens 30 cm dicke Strohschicht auf den Kartoffeln vor dem Feuchtwerden der Knollen in der obersten Zone.

### ■ Kistenlager

Die Lagerung von Kartoffeln in Großkisten (Abb. 21) weist folgende Vorteile auf:

- Eine Umnutzung von vorhandenen Gebäuden auf dem Betrieb ist leichter möglich als bei Einrichtung eines Loselagers.
- Bei Befüllung der Kisten direkt bei der Ernte auf dem Feld entstehen insgesamt weniger Verletzungen, da im Vergleich zur Loselagerung weniger Bewegungen der Knollen notwendig sind. Allerdings ist bei Verwendung von Gitterstahlrahmenkisten eine schonende Befüllung der Kisten erforderlich; insbesondere die zuerst in die Kiste fallenden Knollen sind einer starken Verletzungsgefahr beim Aufprall auf den Kistenboden ausgesetzt.
- Eine einfache Trennung von Sorten und Partien ist möglich.
- Es treten relativ wenig Probleme mit Lagerdruckstellen auf, weil die Lagerhöhe pro Kiste auf ca. 1 m begrenzt ist.
- Ein beschädigungsarmer Transport ohne Eigenbewegung der Knollen ist möglich.
- Vor der Aufbereitung ist eine Anwärmung ohne vorherige Bewegung möglich.
- Die Isolierung von fäulegeschädigten Partien lässt sich leicht realisieren.

Bei Kistenlagern wird zwischen Wind-, Raum- und Zwangselüftung unterschieden. Windbelüftete Lager sind nicht mit Gebläsen ausgestattet. Die Zufuhr von Außenluft erfolgt über Belüftungsklappen oder Öffnen von Toren. Bei raumbelüfteten Kistenla-

gern wird Außenluft mit Gebläsen in das Lager gedrückt. Von der zugeführten Luft durchdringt aber nur ein geringer Teil die Kisten, so dass relativ lange Belüftungszeiten zum Abtrocknen und Kühlen erforderlich sind. Die Zwangsbelüftung von Kisten erfordert zwar bauliche Voraussetzungen, z. B. in Form einer Belüftungswand, an der die seitlich geschlossenen Kisten aufgestellt werden, ermöglicht aber einen hohen Wirkungsgrad der Belüftung.

### ► Vorbereitung des Kartoffellagers

Eine gründliche Reinigung des Lagers vor der Einlagerung dient in erster Linie der Gesunderhaltung des Erntegutes. So ist ein Übergang von Krankheitserregern über Kartoffel- und Erdreste auf die neue Ernte unbedingt zu vermeiden. Dies betrifft v. a. *Fusarium*-Pilze (Trockenfäule) und Bakterien (Nassfäule). Aber auch Staub kann Quelle von Infektionen sein, wie z. B. beim Silberschorf, der in den letzten Jahren verstärkt für Qualitätsminderungen gesorgt hat. Nach der Beseitigung von grobem Schmutz und Kartoffelresten mit Schaufel und Besen sollte daher - am besten am Folgetag, wenn sich der aufgewirbelte Staub gelegt hat - der restliche Staub mit einem Staubsauger entfernt werden. In diesem Zusammenhang ist auch eine räumliche Trennung von Lagerung und Aufbereitung empfehlenswert, die sich bereits mit einfachen Holz- oder Folienwänden realisieren lässt. Eine Belastung der lagernden Knollen durch beim Sortieren entstehenden Staub kann so vermieden werden.

Einlagerungs- und Transportgeräte sollten mit einem Hochdruckreiniger gereinigt werden. Dabei ist es vorteilhaft, wenn das Wasser eine Zeitlang einwirken kann. Wichtig ist eine vollständige Abtrocknung der Geräte vor dem nächsten Einsatz. Auch bei Kartoffelkisten ist der Einsatz eines Hochdruckreinigers sinnvoll, insbesondere wenn es in der vorherigen Lagerperiode zur Bildung von nass- und trockenfaulen Knollen gekommen ist. Es genügt aber häufig auch, die Kisten über mehrere Wochen im Freien aufzustellen, um so die Überdauerungsorgane von Pilzen und Bakterien durch die Einwirkung von Feuchte und Trockenheit sowie der UV-Strahlung abzutöten. Die Kisten sollten dazu nicht zu dicht stehen. Zur Vorbereitung des Lagers gehört auch die Überprüfung der Funktionsfähigkeit von Gebläsen, Steuerungsanlage, Belüftungsklappen und den Messinstrumenten (Thermometer und Hygrometer).



**Abbildung 21: Kistenlagerung von Kartoffeln**

### ► Lagerphasen

Bei der zeitlichen Abfolge der Lagerung wird zwischen Abtrocknung, Wundheilphase, Abkühlung, Dauerlagern und Anwärmung vor Aufbereitung unterteilt.

### ■ Abtrocknung

Die Abtrocknung der Knollen sollte innerhalb von 24 h erfolgen. Dies geschieht entweder bei geeigneter Witterung durch Aufstellen der Kartoffelkisten im Freien, wobei ein Schutz vor Niederschlägen gewährleistet sein muss. Oder die Knollen werden im Lager durch intensive Belüftung (max. 10 – 12 h pro Tag) abgetrocknet. Die Zuluft muss dabei 2 – 3 °C kälter sein als die obere Stapelschicht. Schwitzschichten sind unbedingt zu vermeiden.

## ■ Wundheilphase

Während der zweiwöchigen Wundheilphase sind die Knollen bei 12 – 15°C und einer Belüftungsdauer von max. 2 h pro Tag aufzubewahren. Die Lagerstabilität wird durch das Verheilen der bei der Ernte zugeführten Verletzungen erheblich erhöht.

## ■ Abkühlung und Dauerlagerung

Ziel der Abkühlung ist das Erreichen einer Temperatur von 5 °C bis Mitte November. Die Belüftung mit geeigneter Außenluft (s. u.) liegt bei 5 – 12 h täglich. Während der Dauerlagerung, die sich je nach Sorte und Verwertungsrichtung bis auf 5 Monate erstrecken kann, sollte die Lagertemperatur bei 3 – 5 °C gehalten werden. Bei Kartoffeln zur Erzeugung von Pommes frites und Chips wird häufig eine Warmlagerung bei 7 – 9 °C durchgeführt, um der Bildung von reduzierenden Zuckern vorzubeugen, die bei der Verarbeitung zu einer Beeinträchtigung der Qualität führen. Die maximale tägliche Belüftungsdauer sollte in der Dauerlagerperiode bei 1 – 2 h liegen.

## ■ Anwärmphase

Vor der Aufbereitung trägt eine Anwärmung der Knollen auf 10 – 12 °C dazu bei, die Beschädigungsempfindlichkeit zu reduzieren. Bei zu kalt aufbereiteten Knollen kann in erheblichem Maße Schwarzfleckigkeit hervorgerufen werden. Die Zuluft bei der Anwärmung sollte nicht über 25 °C betragen.

### ► Belüften von Knollen

Erfahrungsgemäß bringt die Belüftung bei einer Temperaturdifferenz von 2 – 3 °C die besten Resultate, d. h. die Zuluft ist um 2 – 3 °C kälter als die obere Stapelzone. Eine Temperaturdifferenz von über 4 – 5 °C sollte vermieden werden, da sich die zugeführte Luft im Stapel zu stark erwärmen würde, was eine deutliche Absenkung der relativen Luftfeuchtigkeit und damit einen starken Wasserentzug aus den Knollen zur Folge hätte. Die relative Luftfeuchtigkeit der Zuluft sollte über 80 % liegen, um ebenfalls eine zu starke Austrocknung der Knollen zu verhindern.

Diese auf die Temperaturdifferenz und die relative Luftfeuchte bezogene zweiseitige Begrenzung bei der zugeführten Luft machen eine effektive Ausnutzung der möglichen Belüftungszeiten notwendig. So sollte die spezifische Luftmenge bei mindestens 100 – 150 m<sup>3</sup>/t und h liegen. Hohe Luftmengen über einen kürzeren Zeitraum sind für die Qualitätserhaltung der Kartoffeln günstiger als niedrige Luftmengen über einen längeren Zeitraum. Vorteile bieten in diesem Zusammenhang Belüftungsanlagen mit Mischluftregelung, die auch an Frosttagen eingesetzt werden können. In den frühen Morgenstunden sind die Bedingungen für eine effektive Belüftung oft am günstigsten. Prozessorgesteuerte Anlagen ermöglichen ein automatisches Betätigen der Gebläse und Belüftungsklappen.

Eine Abkühlung der Knollen ist erst sinnvoll, wenn die Temperatur im Lager gehalten werden kann. Die Einlagerungsphase mit ständigem Öffnen der Tore sollte demzufolge abgeschlossen sein. Bis Ende Oktober sollte die Temperatur im Stapel auf 10 °C und bis Mitte November auf 5 °C abgesenkt werden. Der Erfolg einer Abkühlungsbelüftung hängt auch sehr stark von der Dichte des Lagers und der Isolierung ab. Eine gute Isolierung schützt außerdem vor Frosteinwirkung und beeinflusst darüber hinaus den Feuchtegehalt der Luft im Lager. Bei einer zu geringen Wärmedämmung kann es zu einer Kondensation von Wasser an den Wänden und der Decke kommen, wenn die Temperaturdifferenz zwischen der Raumlufte und der Innenwandfläche zu hoch ist. Die relative Luftfeuchte sinkt und die Wasserverluste der Knollen nehmen zu. Da warme und feuchte Luft im Lager nach oben steigt, muss die Decke stärker isoliert sein als die Wände. Das Lager und die Belüftungsanlage sollten in einer Weise eingerichtet werden, dass die durchschnittliche tägliche Belüftungsdauer während der Dauerlagerphase nicht wesentlich über 1,5 h liegt. An warmen Tagen sind Belüftungsklappen und Tore verschlossen zu halten.

Bei der Entscheidung über die Belüftungsstrategie sollte unbedingt der Gesundheitszustand der Kartoffeln berücksichtigt werden. Bei gesund eingelagerten Knollen steht die Vermeidung von Substanzverlusten im Vordergrund. Bei infektionsgefährdeten Partien, z. B. durch Krankheiten im Feld oder ungünstigen Rodebedingungen, kommt es vor allem auf eine ausreichende Abtrocknung und zügige Temperaturabsenkung an. Es kann in diesem Fall sinnvoll sein, die Temperaturdifferenz beim Belüften zeitweise auf 4 – 5 °C zu erhöhen bzw. trockenere Zuluft zu verwenden.

Die Steuerung der Belüftungsintensität kann insbesondere während der Einlagerungsphase über die Kenntnis der Stapelfeuchte erleichtert werden. Dabei wird mit Hilfe eines speziellen Messgerätes die elektrische Leitfähigkeit der Knollenoberfläche er-



fasst. Diese nimmt mit steigendem Feuchtegehalt der Schale zu. Eine Überbelüftung während der Abtrocknungsphase lässt sich auf diesem Wege relativ einfach vermeiden.

Durch die Atmung produzieren Kartoffelknollen Wärme und CO<sub>2</sub>. Es kommt also zu einer ständigen Selbsterwärmung des Stapels, die bei etwa 0,3 °C pro Tag liegt. Demzufolge muss auch nach dem Erreichen der optimalen Lagertemperatur regelmäßig nachgekühlt werden, um einen Temperaturanstieg zu vermeiden. Höhere Konzentrationen von CO<sub>2</sub> im Lager fördern die Nassfäule. Daher ist auch in einem Einfachlager ohne Belüftung dafür zu sorgen, dass in regelmäßigen Abständen ein Luftaustausch ermöglicht wird. Deckenventilatoren können die Luftzirkulation in diesem Fall unterstützen.

Periodische Umluft im Lager trägt dazu bei, dass Temperatur- und Feuchteschichtungen vermieden werden. Umgekehrte Umluft im Loselager beseitigt Schwitzschichten in der oberen Stapelzone. Alle während der Lagerung durchgeführten Maßnahmen sowie der Temperaturverlauf, die Anzahl der Belüftungsstunden und der Zustand der Knollen sollten in einem Lagerbuch aufgezeichnet werden.

#### CHECKLISTE KARTOFFELLAGERUNG

- Vor der Einlagerung Lager reinigen und Technik überprüfen
- Nur schalenfeste Knollen einlagern
- Partien mit Fäulnis vor dem Einlagern sortieren
- Zügiges Abtrocknen vor oder nach dem Einlagern (innerhalb 24 h)
- Wundheilphase bei 12 – 15 °C über 2 Wochen
- Abkühlung auf 5 °C bis Mitte November
- Dauerlagerung bei 3 – 5 °C und 90 – 95 % relativer Luftfeuchtigkeit
- Überbelüftung vermeiden
- Zuluft 2 – 3 °C kälter als Knollen und 80 – 100 % relative Luftfeuchte
- Luftmenge 100 – 150 m<sup>3</sup>/t und h
- Knollen vor Frost und Licht schützen
- Anwärmung der Knollen auf 10 – 12 °C vor der Aufbereitung

# 11 Aufbereitung

## ► Zielsetzung und Anforderungen

Ziel der Aufbereitung von Kartoffelknollen ist die Herstellung von Fertigware in einem vom Abnehmer gewünschten Zustand, der in erster Linie die Sortierung der Knollen, äußere Qualitätsmerkmale und die Packungsgröße betrifft. Vereinbarungen zur Vermarktung sind hierbei zu beachten, bei denen z. B. das Sortieren nach dem Quadratmaß sowie das Einhalten bestimmter Mindestgrößen und Sortierbandbreiten festgelegt sind.

Einerseits wird bei der Aufbereitung die Qualität einer Kartoffelpartie verbessert, wie z. B. durch das Herauslesen von stark schorfigen oder ergrüneten Knollen. Andererseits kann aber die Aufbereitung selbst Ursache von Qualitätsmängeln werden, da durch die zum Teil intensive Bewegung der Knollen in der Aufbereitungsanlage leicht Beschädigungen und Schwarzfleckigkeit hervorgerufen werden (Abb. 22). Schwarzfleckigkeit ist nicht mit äußeren sichtbaren Gewebeverletzungen verbunden. Die Verfärbungen unter der Knollenschale werden nach dem Anwärmen der Knollen sichtbar. Die Belastungsstärke bzw. die Anzahl von Stößen war dann zu hoch.



Abbildung 22: Auftreten von Schwarzfleckigkeit im Knollengewebe

Bei der Planung von Aufbereitungsanlagen sind in Verbindung mit den Investitionskosten die erforderliche Aufbereitungsleistung ( $t$  aufbereitete Ware pro  $h$ ) sowie der Zeitaufwand bzw. die Arbeitskosten zu berücksichtigen. Insbesondere wenn auf einem Betrieb Kartoffeln für verschiedene Verwertungsrichtungen angebaut und aufbereitet werden oder unterschiedliche Anforderungen der Abnehmer vorliegen, bieten mobil aufgebaute Anlagen Vorteile, da einzelne Arbeitsgänge hinzugefügt bzw. ausgelassen werden können.

## ► Arbeitsschritte und Gerätetechnik

Nach der Ernte der Kartoffeln können in Abhängigkeit von den betrieblichen Gegebenheiten folgende Arbeitsschritte anfallen: Annehmen, Enterden, Vorsortieren, Einlagern, Auslagern, Sortieren, Verlesen, Waschen bzw. Bürsten, Wiegen, Abpacken und Verladen. In landwirtschaftlichen Betrieben gehören dabei das Sortieren nach Größe und das Handverlesen nach Qualitätsmängeln zu den wichtigsten Aufbereitungsarbeiten.

### ■ Annahme, Enterden und Vorsortieren

Vom Roder werden die Knollen lose auf Anhänger geladen oder direkt am Feld in Kisten gefüllt, die unmittelbar in das Lager transportiert werden. Letzteres Verfahren hat zwar den Vorteil, dass die Schritte Überladen im Betrieb, Enterden und Vorsortieren entfallen und das Beschädigungsrisiko sinkt, allerdings gelangen die Kartoffeln mit einem höheren Anteil an Beimengungen in das Lager, die während der Lagerung und späteren Aufbereitung Probleme verursachen können. So verzögert ein feuchter Erdbesatz die Abtrocknung der Ernteknollen und verschmutzt die Transportbänder und Sortieranlage. Beim Befüllen von Kisten am Feld ist auf eine Begrenzung der Fallhöhe zu achten, entweder durch Überladeeinrichtungen mit Fallsegeln am Bunkerauslauf oder mit (selbst gefertigten) Fallbremsen. Dies gilt insbesondere für die in den neuen Bundesländern weit verbreiteten Gitter-Großkisten.

Für die Annahme von lose verladene Kartoffeln stehen Seiten- oder Heckannahmen zur Verfügung. Dabei gewährleisten flexible Gummischürzen am Bunker den Einsatz von Anhängern unterschiedlicher Größe und Bauweise. Bei Enterdern werden verschiedene Bautypen angeboten, wie z. B. Spiralwalzen-, Siebketten-, Gummistern-, Gummifinger- oder Glattwalzenenterder. Zum Teil ist auch eine Abtrennung von Steinen möglich, was die Beschädigungsgefahr bei der weiteren Aufbereitung erheblich

mindert. Das Vorsortieren ist vor allem bei begrenzter Lagerkapazität auf dem Betrieb von Bedeutung. Die Geräte arbeiten mit Flachsieben, Siebbändern oder Profilwalzen, wobei Flachsieb-Vorsortierer am universellsten einsetzbar sind.

### ■ **Auslagerung und Aufbereitung**

Nach der Auslagerung finden mit dem Sortieren und Verlesen die wichtigsten Arbeitsgänge der Aufbereitung statt. Während bei Speise- und Pflanzkartoffeln in der Regel eine Fraktionierung in Unter-, Mittel- und Übergrößen erfolgt, genügt bei Verarbeitungskartoffeln häufig die Separierung von Untergrößen (z. B. Knollen < 45 mm). Neben den weit verbreiteten Flachsieb-Sortierern stehen Sortiermaschinen mit Profilwalzen, Siebbändern, Riemen, Siebrosten und Kegelwalzen zur Verfügung. In Großanlagen kommen außerdem optoelektronische Sortiermaschinen zum Einsatz.

Die Bewegung von Flachsiebsortierern kann schwingend und/oder stoßend sein. Insbesondere bei langfallenden Kartoffelsorten ist es wichtig, dass die Knollen aufgerichtet werden und während einer gewissen Ruhephase durch die Siebe fallen können. Mit Ausstoßern ausgerüstete Sortierer verhindern ein Verstopfen der Siebe. Der Platzbedarf einer Flachsiebanlage wird durch die Anordnung der Siebe bestimmt, die untereinander, hintereinander oder treppenförmig sein kann. Während die Sortiergenauigkeit mit der Sieblänge einhergeht, beeinflusst die Siebbreite die Sortierleistung. Eine hohe Sortiergenauigkeit ist häufig mit einem höheren Anteil an Beschädigungen gekoppelt, wobei die Knollenform eine wichtige Einflussgröße darstellt. Gummierete Siebe verringern die Beschädigungsgefahr.

Standardgeräte beim Verlesen sind Rollenverlesebänder. Die Knollen werden zwei bis dreimal gewendet, so dass nicht jede Knolle zur Begutachtung in die Hand genommen werden muss. Vorteilhaft ist eine stufenlos regelbare Geschwindigkeit des Bandes. Gute Arbeitsbedingungen werden außerdem durch eine blendfreie Beleuchtung und Infrarot-Heizstrahler geschaffen. Die Einrichtung eines abgeschlossenen, beheizbaren Verlese-Raumes vermindert die Belastung des Personals durch Lärm, Kälte und Staub deutlich. Ist ein Anwärakraum für ausgelagerte Kartoffeln vorhanden, bietet es sich an, das Verlesen dort durchzuführen. Pro Person kann mit einer Arbeitsleistung von 1 – 2 t/h gerechnet werden.

Für die Reinigung von Kartoffelknollen werden Bürstenmaschinen und Trommelwaschmaschinen angeboten. Gewaschene Knollen müssen vor der Abpackung ausreichend abtrocknen, ansonsten ist die Haltbarkeit sehr stark eingeschränkt. Für das Abwiegen besteht ein umfangreiches Angebot an Absackwaagen. Gängige Wiegebereiche sind dabei 2,5 – 25 kg und 12,5 – 50 kg. Für kleinere Gebinde wird vorrangig eine Nettoverwiegung praktiziert, d. h. die Knollen werden erst in einem Behälter gewogen und dann in das Säckchen oder die Tüte gefüllt. Bei der Bruttoverwiegung werden die Kartoffeln im Gebinde gewogen.

In kleineren Betrieben findet die Aufbereitung von der Auslagerung bis zum Abpacken häufig in einem Durchgang statt. In Betrieben mit hoher Aufbereitungsleistung ist dagegen aus arbeitsorganisatorischen Gründen mitunter eine Zwischenlagerung in Vorratsboxen nach bestimmten Arbeitsschritten erforderlich. Außerdem werden die verlesenen Knollen vor dem Abpacken in Fertigwareboxen gefüllt. Aufgrund von Boxenhöhen bis 5 m ist die Installation von LeitsegeIn obligatorisch. Die betriebsspezifischen Anforderungen an eine Aufbereitungsanlage einerseits und die Vielzahl der von verschiedenen Herstellern angebotenen Geräte andererseits erfordern eine individuelle Planung für jeden Betrieb.

### ► **Qualitätssichernde Maßnahmen**

Für die Qualitätssicherung bei der Aufbereitung spielen neben den baulichen und technischen Aspekten auch biologische Einflussgrößen eine wichtige Rolle.

### ■ **Sorteneigenschaften und Knollengröße**

Beachtenswert sind die unterschiedliche Beschädigungsempfindlichkeit von Kartoffelsorten und die Knollenform. Langfallende Sorten sind vor allem durch Stoßverletzungen am Nabel- und Kronenende gefährdet, während rundfallende Sorten zu stärkeren Rollbewegungen in Aufbereitungsanlagen neigen, so dass es zu Schürfwunden kommen kann. Außerdem sind große Knollen einer wesentlich höheren Beschädigungsgefahr ausgesetzt als kleine Knollen.

### ■ **Lagerdauer und Lagerbedingungen**

Aufgrund von Veränderungen bei den Inhaltsstoffen nimmt mit zunehmender Lagerdauer die Neigung zur Bildung von Schwarzfleckigkeit deutlich zu. Hat bereits die Keimung der Knollen eingesetzt, ist die Gefahr für Verfärbungen besonders groß. Ebenso

fördern unsachgemäße Lagerbedingungen, die zu einer starken Wasserabgabe führen, diesen Qualitätsmangel bei der nachfolgenden Aufbereitung. Empfindlich sind auch Knollen aus der unteren Zone von hohen Loselagern; selbst wenn bei der Auslagerung noch keine eindeutigen Druckstellen sichtbar sind, reagieren diese Knollen rasch auf intensive Bewegungen und hohe Fallstufen.

### ■ Knollentemperatur

Bei kalt gelagerten Kartoffeln ist die Elastizität des Knollengewebes stark gemindert, so dass nach mechanischen Belastungen leicht Verfärbungsreaktionen eintreten („Stoßblau“). Daher ist ein Anwärmen der ausgelagerten Kartoffeln vor dem Aufbereiten auf ca. 10 °C unbedingt empfehlenswert (Abb. 23). Vorteile bietet hierbei die Lagerung in Großkisten, da die Knollen ohne Eigenbewegung in einen angewärmten Raum gebracht werden können. Beim Einsatz von Heizgeräten sollte die zugeführte Luft nicht über 25 °C warm sein, beim Anwärmen entstandene Schwitzschichten können durch Umluft wieder beseitigt werden. Die für das Anwärmen benutzte Luft sollte nicht mit Staub aus dem Kartoffellager oder Aufbereitungsraum belastet sein, um Infektionen mit Krankheitserregern zu vermeiden, zumal hierfür bei Knollen, die durch Kondenswasser befeuchtet sind, günstige Bedingungen bestehen. Erforderlich ist also die Verwendung von sauberer Außenluft.



**Abbildung 23: Kontrolle der Temperatur vor der Aufbereitung**

### ■ Knollenfäulen

Werden Kartoffelpartien mit faulen Knollen aufbereitet, sollten bestimmte Hygienemaßnahmen beachtet werden. Dies gilt in besonderem Maße beim Auftreten der durch Bakterien verursachten Nassfäule (Abb. 24). Ausgehend von wenigen befallenen Knollen kann sich der Erreger über die Aufbereitungsanlage auf die gesamte Partie und weitere, bisher gesunde Partien ausbreiten. Das Entfernen von faulen Knollen direkt nach der Annahme, z. B. durch einen zusätzlichen Verlesetisch, verhindert eine Kontamination der gesamten Anlage. Auch beim Entleeren von Großkisten nach der Lagerung ist ein sofortiges Herauslesen von faulen Knollen anzustreben, bevor diese auf die eigentliche Anlage gelangen.



**Abbildung 24: Nassfaule Knollen bedürfen bei der Aufbereitung einer besonderen Behandlung**

Grundsätzlich sollte bei der Aufbereitung von Partien mit Fäulnisbesatz auf eine besonders schonende Aufbereitung geachtet werden, da die Fäulniserreger häufig über Verletzungen in die Knollen eindringen. Außerdem ist eine Aufbereitung dieser Partien am Abend bzw. vor dem Wochenende empfehlenswert, um genügend Zeit für eine gründliche Reinigung mit Wasser sowie ein vollständiges Abtrocknen der Anlage zu haben. Ist bei der Aufbereitung nassfaules Knollengewebe über die Partie verteilt worden, sollte diese in einem gut durchlüfteten Raum zum raschen Abtrocknen aufbewahrt werden.

### ■ Räumliche Trennung von Lagerung und Aufbereitung

Eine räumliche Trennung zwischen dem Kartoffellager und dem Ort der Aufbereitung hat verschiedene Vorteile: Die angestrebte Lagertemperatur wird leichter erreicht bzw. gehalten, wenn das Lager nicht ständig geöffnet werden muss. Außerdem kann im Aufbereitungsraum eine höhere Temperatur eingestellt werden, wodurch zum einen die Arbeitsbedingungen verbessert werden und zum anderen der Aufbereitungsraum zum Anwärmen der Knollen nutzbar wird. Darüber hinaus wird durch eine räumliche Trennung vermieden, dass der bei der Aufbereitung aufgewirbelte Staub auf lagernde Knollen gelangt, was insbesondere im Falle des Silberschorfes zur Befallsreduktion beiträgt. Im Einfachlager lässt sich dieser Effekt bereits durch eine selbst gefertigte Trennwand realisieren.

### ■ Fallstufen und Fallhöhen, Rollbewegung

Viele schwache Stöße auf Kartoffelknollen können sich genauso negativ auswirken wie wenige starke Belastungen. Demzufolge kommt es nicht nur darauf an, Fallhöhen auf unter 25 cm zu begrenzen (Abb. 25), sondern auch die Zahl der Fallstufen über die Aufbereitungsstrecke möglichst gering zu halten. In diesem Zusammenhang ist auch ein Fall von Knollen auf Knollen erstrebenswert, vor allem, wenn die Fallhöhe über 25 cm beträgt. So sollten insbesondere die Übergabestellen von Transportbändern nicht leer laufen, sondern ständig einen gewissen Füllstand aufweisen. Verbleibt bei kurzzeitigen Unterbrechungen der Arbeit z. B. in der Annahme noch ein Knollenrest, ist bei Wiederbeginn der Befüllung die Fallhöhe verringert. Nachteilig ist es, wenn unmittelbar unter der Auftreffstelle der Knollen auf einem Transportband eine Unterstützungsrolle liegt.



**Abbildung 25: Geringe Fallhöhen und der Fall von Knollen auf Knollen vermindern das Risiko für Schwarzfleckigkeit**

Intensive Rollbewegungen führen häufig zu Schalenverletzungen. Neben der Knollenform sind die Neigung und Geschwindigkeit der Transportbänder sowie die Menge der transportierten Knollen wesentliche Einflussgrößen. Insbesondere bei der Aufbereitung von rundfallenden Sorten sollte darauf geachtet werden, dass die Knollen auf den Transportbändern nicht zurückrollen und auf abschüssigen Strecken nicht zu stark beschleunigt werden. Beim Arbeiten im geschlossenen Gutstrom polstern sich die Knollen gegenseitig ab.

### ■ Polsterung, Beseitigung von Kanten und verkrustetem Schmutz

Während bei neuen Aufbereitungsanlagen die Kriterien für eine beschädigungsarme Behandlung der Kartoffeln zunehmend erfüllt werden, bestehen bei älteren Geräten in dieser Beziehung häufig Mängel. Durch das Anbringen von Polstern an Fallstufen, die Beseitigung von Kanten und in den Kartoffelstrom ragenden Bauteilen sowie die Gummierung von Sieben lassen sich aber bereits mit einfachen Mitteln Verbesserungen erzielen. Quetschungen und Abschürfungen lassen sich vermeiden, wenn beim Richtungswechsel von Fördereinrichtungen an den Umlenkstellen Gurte angebracht werden. Da insbesondere die in Aufbereitungsanlagen verwendeten Bauteile zur Dämpfung der Knollenbewegung dem Verschleiß unterliegen, gehört eine regelmäßige Instandsetzung der Polster, Gummischürzen etc. ebenfalls zu den qualitätssichernden Maßnahmen. Regelmäßiges Entfernen von Schmutzkrusten, die eine Aufrauung der Oberfläche bewirken, sowie von hängengebliebenen Steinen und Kluten vermindert die Verletzungsgefahr erheblich.

### ■ Probelauf und Knollenuntersuchung

Aufgrund der vielfältigen Einflussmöglichkeiten ist eine Vorhersage, ob in einer Anlage die Knollen ausreichend beschädigungsarm aufbereitet werden, nur bedingt möglich. Veränderungen sollten aber nicht erst dann vorgenommen werden, wenn Kunden reklamieren oder Partien zurückgewiesen werden. Daher ist vor dem Aufbereiten jeder Kartoffelpartie ein Probelauf mit anschließender Knollenbegutachtung auf Beschädigungen und Schwarzfleckigkeit anzuraten. Dazu werden vor und nach der Aufbereitung jeweils 100 Knollen zufällig entnommen, gewaschen, bei Zimmertemperatur über zwei Tage aufbewahrt und mit

Hilfe eines Schälers und Messers untersucht. Das im nachfolgenden Kasten aufgeführte Schema kann dazu als Vorlage genutzt werden. Ein Zwischenlagern bei 20 – 25 °C bis zur Begutachtung ist notwendig, um insbesondere die Symptome der Schwarzfleckigkeit sichtbar zu machen.

#### BEGUTACHTUNG VON KARTOFFELKNOLLEN

Entnehmen Sie bitte eine Stichprobe von 100 Knollen und bewahren Sie diese bei 20 – 25 °C über zwei Tage auf. Nach dem Schälen mit einem Kartoffelschäler (max. 1 mm tief schälen) wird bei jeder Knolle die **Anzahl** an Beschädigungen und Verfärbungen erfasst, jeweils in zwei Stufen. Dabei kann folgende Einstufung benutzt werden:

Beschädigungen	Schwarzfleckigkeit
Keine: Keine bzw. unter 2,0 mm tief	Keine: Keine
Leicht: 2,0 – 5,0 mm tief	Mittel: Bis 5 mm Tiefe und max. 2 cm <sup>2</sup> Fläche
Schwer: Über 5,0 mm tief	Stark: Über 5 mm Tiefe od. über 2 cm <sup>2</sup> Fläche

In Abhängigkeit von den Qualitätsanforderungen des Abnehmers kann auch eine andere Einstufung erforderlich sein!

Weist die nach der Aufbereitung entnommene Knollenprobe mehr Beschädigungen oder Schwarzfleckigkeit auf als die vorher gezogene Probe, sind Veränderungen im Prozessablauf notwendig (Abb. 26). Ist eine genaue Zuordnung der Beschädigungsursache nicht möglich, dann müssen an mehreren Stellen Knollenproben entnommen werden, um z. B. ein bestimmtes Gerät, eine Übergabestelle oder eine Fallstufe als Verursacher lokalisieren zu können.



Abbildung 26: Knollenprobe zur Begutachtung der Qualität

Wurde die Hälfte einer Partie z. B. im November ohne Probleme aufbereitet, dann sollte vor der Aufbereitung der anderen Hälfte zu einem späteren Zeitpunkt, z. B. im Februar, trotzdem ein erneuter Probelauf mit Knollenbonitur durchgeführt werden, da sich aufgrund der längeren Lagerdauer und der bis dahin aufgetretenen Substanzverluste die Empfindlichkeit der Partie gegenüber Schwarzfleckigkeit deutlich verändert haben kann.

Die Begutachtung der Knollen zwei Tage nach der Aufbereitung gibt noch nicht das Endstadium der Schwarzfleckigkeit wieder. Das Ausmaß der Verfärbungen nimmt vielmehr mit der Zeit noch zu und wird demzufolge häufig erst beim Abnehmer oder Verbraucher richtig sichtbar. Bei der Einschätzung der Knollenproben nach zwei Tagen sollten daher strenge Maßstäbe angelegt werden, das Ergebnis ist als Momentaufnahme zu betrachten. Eine Bewertung von Aufbereitungsanlagen hinsichtlich eines knollenschonenden Durchganges ist auch mit elektronischen Messknollen und dazugehörigem Auswertungsprogramm möglich.

#### ■ Arbeitsbedingungen, Schulung der Mitarbeiter

Die Schaffung günstiger Arbeitsbedingungen ist für eine qualitätsorientierte Kartoffelaufbereitung nicht zu unterschätzen. Neben dem Schutz vor Kälte, Staub und Lärm gehört dazu eine gute Beleuchtung am Verleseband. Das Personal sollte in die Bedienung der Maschinen gründlich eingewiesen werden und auch über die Ursachen von Qualitätsmängeln ausreichend informiert werden. Die Teilnahme an Schulungen und Fortbildungsmaßnahmen ist daher ein wichtiger Aspekt bei der Erzeugung von Qualitätskartoffeln.

#### CHECKLISTE QUALITÄTSSICHERUNG BEI DER AUFBEREITUNG

- Beschädigungsempfindlichkeit der Partie einschätzen: Sorte, Knollenform und -größe, Lagerdauer und -bedingungen
- Höhe der Fallstufen überprüfen
- Polsterung überprüfen
- Beleuchtung und Infrarot-Heizer am Verlesetisch überprüfen
- Verkrusteten Schmutz von der Aufbereitungsanlage entfernen
- Knollen vor der Aufbereitung auf 10°C anwärmen
- Partien mit faulen Knollen gesondert behandeln
- Fall von Knollen auf Knollen gewährleisten
- Im durchgängigen Knollenstrom arbeiten
- Springen und Rollen der Knollen vermeiden
- Probelauf und Knollenuntersuchung durchführen
- Mitarbeiter ausreichend einweisen

# 12 Wirtschaftliche Bewertung

In Deutschland werden auf einer Anbaufläche von 8350 ha ökologische Kartoffeln erzeugt, davon beträgt die Anbaufläche für Speisekartoffeln 7450 ha. Der Anteil erzeugter Öko-Kartoffeln an der Gesamterzeugung liegt bei 7,5 % (AMI, 2011). In Sachsen werden auf 340 ha ökologische Speisekartoffeln angebaut und für die Betriebe ist die Kartoffelerzeugung selbst auf kleineren Flächen ein wirtschaftlich interessanter Produktionszweig. Neben Eiern und Frischgemüse zählen Kartoffeln zu den am stärksten nachgefragten Produkten. Der größte Teil der erzeugten Öko-Kartoffeln wird in Deutschland über Discounter vermarktet. 2010 betrug dieser Anteil der Vermarktung 59 % (AMI, 2011).

Um die Kartoffeln gut vermarkten zu können (Abb. 27), besteht ein hoher Anspruch an die äußere und innere Qualität der Knollen. Krankheiten und Schädlinge wie Knollenfäule, Wurzeltöterkrankheit (*Rhizoctonia*) bzw. Drahtwurmfraß beeinträchtigen die äußere Qualität der Knollen und damit sinken die Anteile an vermarktungsfähiger Ware. Die Jahreswitterung hat ebenfalls einen wesentlichen Einfluss auf den Ertrag, so dass mit deutlich schwankenden wirtschaftlichen Ergebnissen gerechnet werden muss. Bei umfangreichen Investitionen in die Kartoffelerzeugung empfiehlt es sich deswegen, höhere Liquiditätsreserven einzuplanen als bei Investitionen z. B. in die Getreideerzeugung.



**Abbildung 27: Werbung für die Vermarktung von Ökoprodukten**

## ► Kosten für Betriebsmittel

Als Ausgaben für Betriebsmittel müssen das Pflanzgut sowie Pflanzenschutz- und Pflanzenstärkungsmittel berechnet werden. Beim Pflanzgut besteht die Verpflichtung ökologisch vermehrte Pflanzkartoffeln einzusetzen. Informationen zur aktuellen Pflanzgutverfügbarkeit findet man in der Datenbank <http://www.organicxseeds.com>. Ist eine gewünschte Sorte nachweislich nicht verfügbar kann ein Antrag auf die Nutzung von konventionell erzeugtem, unbehandeltem Pflanzgut gestellt werden.

Die Ausbreitung einiger Krankheiten erfolgt über das Pflanzgut (siehe Kap. 8). Eigener Nachbau kann verwendet werden, wenn die Pflanzenbestände umfangreich von kranken Pflanzen bereinigt wurden und die Knollen weitgehend frei von *Rhizoctonia*-Pocken sind. Mit geeignetem Nachbaupflanzgut lassen sich die Verfahrenskosten je nach Preis für die Speiseware teilweise wirkungsvoll senken. Allerdings müssen hier die Abgaben für die Züchter und der Aufwand für die Bestandesbereinigung sowie Lagerung und Aufbereitung mit berücksichtigt werden. Für die folgende Deckungsbeitragsrechnung wurde ein Pflanzgutpreis von 76 €/dt für zertifiziertes Pflanzgut angesetzt.

Das Vorkeimen des Pflanzgutes ist eine effektive Maßnahme zur Ertragssteigerung und Ernteverfrühung. Die Kartoffel erhält dadurch einen Wachstumsvorsprung von bis zu 14 Tagen. Dieser Effekt tritt ca. jedes zweite Jahr auf. Im Mittel der Jahre ist mit



10 – 20 % Ertragszuwachs zu rechnen. Die Kosten für das Vorkeimen betragen bis zu 520 €/ha je nach verwendeter Methode. Betriebswirtschaftliche Vorteile entstehen nicht nur über einen Mehrertrag sondern auch über die frühere Marktpräsenz bei Pflanzung vorgekeimter Knollen. Die Deckungsbeitragsrechnung wurde ohne Vorkeimen gerechnet.

Besonders auf leichten Böden kann sich auch die Bewässerung betriebswirtschaftlich lohnen. Die Kartoffel gilt als eine der bewässerungswürdigsten Pflanzen. Nur mit ausreichend Wasser kann sie die Nährstoffe und ihr Wachstumspotenzial optimal ausnutzen. Sie reagiert mit erheblichen Ertragseinbußen auf Wassermangel speziell in der Phase der Knollenanlage und der Knollenfüllungsphase. Die Vollkosten für eine Beregnung variieren je nach Methode zwischen 2,80 € und 3,40 € je mm Wassergabe. Witterungsabhängig werden 75 – 200 mm Wasser zugeführt. Bei durchschnittlichen Kosten von 400 €/ha reichen 12 dt/ha Mehrertrag im Mittel der Jahre aus, um die Kosten zu decken. Mit Mehrerträgen von 30 % (= 55 dt/ha) kann auf vielen Standorten gerechnet werden. Außerdem dient die Bewässerung der Qualitätssicherung, und reduziert damit das Ausfallrisiko durch nicht marktfähige Ware.

Beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ist die Spritzung mit NeemAzal T/S gegen Kartoffelkäferlarven und der Einsatz von Kupfer gegen die Erreger der Kraut- und Knollenfäule möglich. Die Wirkstoffkosten können je nach Intensität der Anwendung bis zu 200 Euro je ha betragen (Tab.11). In der Regel reicht eine Behandlung mit NeemAzal gegen junge Larven der Kartoffelkäfer aus. Kupferspritzungen erfolgen nach Einschätzung der aktuellen Infektionsgefahr im Bestand vorbeugend. Ein Schutz kann nur erfolgen, wenn ein Wirkstoffbelag auf den Blättern vorhanden ist und die Infektion verhindert. Die Kupferaufwandmengen bei hohem Infektionsrisiko betragen 500 – 800 g Reinkupfer, bei mittlerem Risiko 200 – 300 g Reinkupfer je ha. Nach Regen und starkem Blattzuwachs müssen die Spritzungen wiederholt werden (siehe Kap. 8). Für die Deckungsbeitragsrechnung wurden eine Spritzung mit NeemAzal und zwei Spritzungen mit Kupfer eingerechnet.

**Tabelle 11: Ausgewählte Kosten für Pflanzenschutzmittel im Ökolandbau**

Pflanzenschutzmittel	Preis €/l oder €/kg		2010	2011	Durchschnitt	Aufwand- menge (max.)	Gesamtpreis (€/ha)
	2008	2009					
NeemAzal T/S 4 x 5 l	54,50	55,00	51,30	52,90	53,43	2,5 l/ha	133,57
Kupferoxychlorid 5 kg (Funguran)	8,50	8,70	9,90	12,10	9,80	2,5 kg/ha	24,50
Kupferhydroxid 2 x 5 l (Cuprozin Flüssig)	23,50	24,60	23,70	27,40	24,80	2,5 l/ha	62,00
Kupferoktanoat 10 l (Cueva)	2,90	3,20	3,20	4,40	3,43	8 l/ha	27,44

Quelle: Eigene Erhebungen 2011, LfULG

### ► Kosten der Arbeiterledigung

In die Kosten für die Arbeiterledigung fließen die Gesamtkosten für Maschinen bzw. Geräte und Betriebsstoffe sowie die Kosten für den Personalaufwand ein. Diese Kosten wurden nach der KTBL-Datensammlung für die Betriebsplanung im Ökologischen Landbau (KTBL, 2010) berechnet und sind in Tabelle 12 für die Ertragshöhe von 200 dt/ha aufgeführt. Es fließen die Arbeitsgänge ein, die für Sachsen als Standardverfahren ausgewählt worden sind. Weitere Arbeitsgänge, die einzelbetrieblich relevant sein können, sind kursiv dargestellt und müssten dann zu den Gesamtkosten hinzugerechnet werden wie die organische Düngung in Form von Stallmist oder Gülle. Bei der Nutzung von vorgekeimten Kartoffeln betragen der Arbeitszeitbedarf 6,96 Akh/ha und die gesamten Maschinenkosten 82,80 €/ha.

Die Art und Häufigkeit der Unkrautregulierung können in den Betrieben unterschiedlich sein. In der Regel werden 4 Pflegedurchgänge durchgeführt, die Kostenunterschiede zwischen den Maßnahmen sind relativ gering. Bei den Pflanzenschutzmaßnahmen wurden Maßnahmen gegen die Kraut- und Knollenfäule sowie gegen den Kartoffelkäfer kalkuliert.

**Tabelle 12: Maschinen- und Verfahrenskosten für den Anbau von Öko-Speisekartoffeln (Parzellengröße 5 ha, Feld-Hof-Entfernung 2 km, Ertragshöhe 200 dt/ha, 13 €/ha Lohnansatz)**

Arbeitsgang	Anzahl	Arbeitszeitbedarf (Akh/ha)	Maschinenkosten (€/ha)			Personalkosten (€/ha)	Verfahrenskosten ges. (€/ha)	Maschinen/Geräte
			fix	variabel	gesamt			
<b>Düngung</b>								
Gülle ausbringen, 20 m <sup>3</sup> /ha	1	2,16	23,25	31,54	54,79	28,08	82,87	Pumptankwagen; 5 m <sup>3</sup> ; Schleppschauchverteiler; 7,5 m; 45 kW Frontlader; Stallungstreuer; 10 t; 67 kW
Stallmist ausbringen, 200 dt/ha	1	1,61	31,82	29,28	61,11	20,93	82,03	
<b>Bodenbearbeitung</b>								
Grubbern	1	0,96	6,51	16,63	23,14	12,48	35,62	Schwergrubber; 2,5 m
Pflügen	1	1,67	16,01	31,38	47,39	21,71	69,10	Drehpflug; 4 Schare; 1,4 m; angebaut
<b>Bestellung</b>								
Pflanzbettbereitung	1	0,45	6,36	9,18	15,54	5,85	21,39	Saatbettkombination; 4 m
Kartoffeln legen*	1	1,20	23,13	28,18	51,31	15,60	66,91	2 Reihen; 2 AK; 0,3 t; Vorrat
<b>Pflege/Pflanzenschutz</b>								
Hacken + Striegeln, 1 x VA, 1 x NA	2	1,45	23,09	19,83	42,92	18,85	61,77	Hackstriegel; 6,0 m; angebaut
Häufeln	2	1,68	16,64	19,64	36,28	21,84	58,12	Kartoffelpflegegerät; 4-reihig; angebaut
Behandlung mit Neem	1	0,19	5,30	2,90	8,20	2,47	10,67	Anbaupflanzenschutzspritze; 18 m; 1500 l
Behandlung mit Kupfer	2	0,38	10,60	5,80	16,40	4,94	21,34	
Kraut schlagen	1	1,75	21,55	20,57	42,12	22,75	64,87	Krautschläger; 4-reihig; angebaut
<b>Ernte</b>								
Kartoffeln roden	1	17,04	179,50	105,38	284,88	221,52	506,40	Sammelroder; 1-reihig; 4 t; 67 kW; 1+2 AK
Transport	1	0,72	13,81	9,63	23,44	9,36	32,80	Dreiseitenkippanhänger; 14 t
<b>Gesamt ohne Lagerung, ohne organ. Düngung (Var. 1)</b>		<b>27,49</b>	<b>322,50</b>	<b>269,12</b>	<b>591,62</b>	<b>357,37</b>	<b>948,99</b>	
<b>Einlagerung</b>								
Einlagerung	1	0,67	1,55	1,87	3,42	8,04	11,46	Hallenfüller; 30t/h
<b>Gesamt mit einfacher Lagerung (Var. 2)</b>		<b>28,16</b>	<b>324,05</b>	<b>270,99</b>	<b>595,04</b>	<b>366,08</b>	<b>961,12</b>	
<b>Sortieranlage*</b>								
Sortieranlage*	1	-	-	220	-	-	220	Kosten von 5 - 17 €/t (11 € angesetzt)
<b>Lagerung*</b>								
Lagerung*	1	5,55	801,75	66,75	868,50	72,15	940,65	Kistenlager; 500 t; Raumbelüftung
<b>Gesamt mit Kistenlagerung/Sortierung (Var. 3)</b>		<b>33,04</b>	<b>1124,25</b>	<b>555,87</b>	<b>1460,1</b>	<b>429,52</b>	<b>2109,64</b>	

\* Parameter wurden vom konventionellen Anbau übernommen

Die gesamten Verfahrenskosten in Abhängigkeit von der Art der Lagerung betragen für die Varianten:

- 1: Verkauf ab Hof zur Ernte, unsortiert: 948,99 €/ha
- 2: Verkauf ab Hof, unsortiert aus einfachem Flach-Lager: 961,12 €/ha
- 3: Verkauf ab Hof, sortiert aus Kistenlager mit Belüftung: 2109,64 €/ha.

Weiterhin werden verschiedene Lagerungsmöglichkeiten dargestellt. Die Variante 1 erfasst dabei den Verkauf nach der Ernte ohne Lagerung und Sortierung. Die Variante 2 zeigt die Kosten einer einfachen Zwischenlagerung in der Halle, während Variante 3 die Sortierung in einer Sortieranlage und eine Kistenlagerung mit Belüftung beinhaltet. Die Verfahrenskosten der Variante 3 liegen deutlich höher als bei den anderen Varianten, so dass Mehrerlöse bei der Vermarktung von mindestens 7,18 €/dt gegen-

über der einfachen Lagerung notwendig werden. Aber nur ein optimal eingerichtetes Lager erlaubt die Beschickung des Marktes über mehrere Monate mit Speisekartoffeln in guter Qualität.

### ► Wirtschaftlichkeit des Anbauverfahrens

Für die ökonomische Bewertung des Kartoffelanbaus wurden in der Deckungsbeitragsrechnung Erträge von 150 – 250 dt/ha und ein durchschnittlicher Erzeugerpreis von 33,00 €/dt angenommen. Die Entwicklung der mittleren Erzeugerpreise an den Großhandel von 2005 – 2010 zeigt Tabelle 13. Es muss darauf verwiesen werden, dass es sich um Durchschnittswerte innerhalb der Jahre und über verschiedene Sorten handelt. Einzelne Sorten zeigen wiederum Preisschwankungen z. B. im Laufe des Jahres 2010 für lose Ware von 0,30 – 0,61 €/kg. Jahre mit hohen Erzeugerpreisen werden hervorgerufen durch ein knappes Angebot aufgrund einer geringen Ernte oder einem hohen Anteil an nicht vermarktungsfähiger Ware durch Qualitätsmängel. Bei einer ertragreichen Ernte und guter Qualität sinken die Preise wieder, so dass die Markterlöse für die gesamte Ware meistens im mittleren Bereich liegen. Aus diesem Grund wurde der Erzeugerpreis relativ niedrig angesetzt. Bei einer Vermarktung an den Naturkosthandel oder direkt an den Endverbraucher können auch noch höhere Preise erzielt werden. Bei diesem Handelsweg stehen meistens kleinere Mengen einem hohen Vermarktungsaufwand gegenüber. Insgesamt lassen sich jedoch wirtschaftlich lohnende Verfahren für flächenmäßig kleine bis sehr große Produktionseinheiten individuell entwickeln.

**Tabelle 13: Durchschnittliche jährliche Erzeugerpreise an Großhandel/Packer für Biokartoffeln**

Speisekartoffeln* Durchschnitt	Verpackung	2005 (€/kg)	2006	2007	2008	2009	2010
alle Sorten	12,5 kg gesackt	0,46	0,59	0,71	0,70	0,61	0,69
alle Sorten	2 – 5 kg gesackt	0,58	0,64	0,78	0,87	0,70	0,65
alle Sorten	Lose	0,28	0,48	0,56	0,51	0,36	0,47
fk. Sorten	12,5 kg gesackt	0,47	0,62	0,71	0,70	0,62	0,68
fk. Sorten	Lose	0,28	0,49	0,56	0,51	0,35	0,48
vfk. Sorten	12,5 kg gesackt	0,44	0,59	0,69	0,69	0,58	0,72
vfk. Sorten	Lose	0,28	0,48	0,56	0,50	0,37	0,45
mk. Sorten	12,5 kg gesackt	0,48	0,58	0,73	0,72	0,59	0,69

\* fk. = festkochend, vfk. = vorwiegend festkochend, mk. = mehligkochend

Quelle: AMI (2011)

Die Deckungsbeiträge (Tab. 14) werden neben dem Preis am stärksten durch die Ertragshöhe beeinflusst. Planungsdaten unter der Rubrik Betriebsplanung zeigen die erzielbaren Deckungsbeiträge differenziert nach Leistungsniveaus der Produktionstechnik unter <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/268.htm>.

Für die Vollkostenbetrachtung müssen die Flächenkosten (Pacht, Grundsteuer, Berufsgenossenschaft) und die Gemeinkosten (Leitung, Verwaltung, Beiträge Versicherung) in der Größenordnung von durchschnittlich 400 – 500 €/ha ergänzt werden. Diese Kosten sind betriebsspezifisch und es bestehen daher große Schwankungsbreiten. Auf der Erlösseite stehen noch die Ausgleichszahlung für die ökologische Erzeugung für die Umstellung (erstes und zweites Jahr) Acker- und Grünland von 324 €/ha und ab dem dritten Jahr von 204 €/ha für einen Verpflichtungszeitraum von 5 Jahren. Um die finanzielle Förderung zu erhalten muss der gesamte Betrieb nach den Bestimmungen der EU-Öko-Verordnung wirtschaften.

**Tabelle 14 : Kalkulation Deckungsbeitrag ohne Prämien**

Leistungen		Verfahren mit einfacher Zwischenlagerung			
Ertrag		dt/ha	150	200	250
Ertrag Speisekartoffeln	80 %	dt/ha	120	160	200
Ertrag Futterkartoffeln	20 %	dt/ha	30	40	50
Erlös Marktware	33 €/dt	€/ha	3960	5280	6600
Erlös Futterware	5 €/dt	€/ha	150	200	250
<b>Leistung</b>		<b>€/ha</b>	<b>4110</b>	<b>5480</b>	<b>6850</b>
Pflanzkartoffel 25 dt/ha (100% zertifiziertes Pflanzgut)	76 €/dt	€/ha	1900	1900	1900
Pflanzenschutzmittel		€/ha	196	196	196
Düngung		€/ha			
Versicherung		€/ha	34	37	43
Summe Direktkosten		€/ha	2130	2133	2139
Variable Maschinenkosten		€/ha	265	271	281
Variable Kosten		€/ha	2395	2404	2420
<b>Deckungsbeitrag 1</b>		<b>€/ha</b>	<b>1715</b>	<b>3076</b>	<b>4430</b>
Deckungsbeitrag 1/dt		€/dt	11,4	15,4	17,7
Arbeitskraftbedarf		Akh/ha	27,6	28,2	28,7
Lohnansatz		€/Akh	13	13	13
Lohnkosten		€/ha	359	366	373
<b>Deckungsbeitrag 2</b>		<b>€/ha</b>	<b>1356</b>	<b>2710</b>	<b>4057</b>
Deckungsbeitrag 2/Akh		€/Akh	98,9	96,2	141,4
Fixe Maschinenkosten		€/ha	324	324	324
<b>Deckungsbeitrag 3</b>		<b>€/ha</b>	<b>1032</b>	<b>2386</b>	<b>3733</b>
Deckungsbeitrag 3/dt		€/dt	6,8	11,9	14,9

Quelle: Datensammlung Ökologischer Landbau für die Betriebsplanung (KTBL. 2010)

# 13 Pflanzguterzeugung

Nach der EU-Verordnung (EG)834/2007 ist die Verwendung von ökologisch erzeugtem Saatgut und vegetativem Vermehrungsmaterial vorgeschrieben. Diese Regelung gilt auch für den Kartoffelanbau. Weiterhin bestehen für den Pflanzkartoffelanbau noch einige fachliche Besonderheiten.

Oberstes Gebot der Pflanzguterzeugung im Kartoffelanbau ist die Verhinderung einer Infektion der Knollen mit Viruskrankheiten (siehe Kap. 8). Virose bewirken einen fortschreitenden irreversiblen Leistungsabbau, der sich mit jedem Nachbau potenziert. Diese Erscheinung ist unter dem Begriff „Viröser Abbau“ bekannt. Das Y-Virus ist mit einem Anteil von 90 % die wichtigste Viruserkrankung.

Damit ausgeschlossen werden kann, dass virös infiziertes Pflanzgut auf den Markt gelangt, muss die als Pflanzgut vorgesehene Partie von einer Anerkennungsstelle geprüft werden. Hier wird mittels des ELISA-Tests der prozentuale Befallsgrad der Partie mit Virose bestimmt. Anschließend wird das Pflanzgut der entsprechenden Güteklasse zugeordnet bzw. bei zu starkem Befall vom Verkauf als zertifiziertes Pflanzgut ausgeschlossen. Aberkannte Ware kann lediglich als Speiseware - und damit zu niedrigeren Preisen - abgesetzt werden.

Der Hauptüberträger von Viruskrankheiten ist die Grüne Pflanzblattlaus (*Myzus persicae*). Auch andere Blattlausarten können gelegentlich Überträger sein, haben jedoch als Vektor nur in einzelnen Jahren größere Bedeutung. Im Entwicklungsablauf der Pflanzblattläuse bestimmen der Zeitpunkt des Abfluges der geflügelten Blattlausgenerationen (Migranten) vom Winterwirt sowie der Beginn und die Stärke des Sommerfluges das Ausmaß der Virusverbreitung. Beide Entwicklungsabschnitte werden durch die Klima- und Witterungsverhältnisse am jeweiligen Standort gesteuert und bestimmen die Eignung eines Standortes zur Pflanzguterzeugung. Eine wirkungsvolle Verhinderung von Viruskrankheiten, so auch im konventionellen Anbau, kann daher nur in Gebieten mit einem geringen Blattlausauftreten erfolgen.

## ► Wahl des Standortes

Für den Anbau von Pflanzkartoffeln sind Gesundlagen zu bevorzugen:

- Höhenlagen eignen sich aufgrund ihrer für Blattläuse widrigen klimatischen Bedingungen oftmals gut für die Pflanzguterzeugung. Allerdings kann der zeitlich verlagerte Vegetationsbeginn neben einem verzögerten Besiedlungsbeginn durch die Blattläuse auch zu einem verspäteten Pflanztermin führen.
- Flurstücke in freier, dem Wind ausgesetzter Lage zeigen geringere Befallsflüge als benachbarte Tallagen oder Mulden. Zu meiden sind Standorte vor natürlichen Hindernissen in Hauptwindrichtung (z. B. Höhenzüge, Waldgebiete), da hier böige Winde besonders starke Ablagerungen geflügelter Blattläuse zulassen.
- Nahe Überwinterungsmöglichkeiten bedingen einen früheren und stärkeren Befall und sind deshalb zu meiden. Überwintern können die Läuse in Hecken, Rübenmieten, Kellern und in Gewächshäusern sowie im Freien vor allem an überwinternden *Brassica*-Arten, wenn die Temperaturen nicht unter -10 °C sinken.
- Die Nähe von Speisekartoffelschlägen ist ebenfalls ungünstig, da diese einen Infektionsherd darstellen.
- Lückige Pflanzenbestände werden von den Läusen stärker befallen, deshalb sollte
  - ein dichter Pflanzenbestand durch geringe Pflanzabstände angestrebt werden (ca. 50.000 Pflanzen/ha)
  - das Feld möglichst quadratisch angelegt werden, um den Anteil an Randpflanzen zu minimieren
  - der Anteil an besonders gefährdeten Randpflanzen gesondert geerntet und als Speiseware veräußert werden.

## ► Sortenwahl

Die zu bevorzugende Sorte sollte folgenden Ansprüchen genügen:

- Der Landwirt hat mit der Sorte bereits im Speisekartoffelanbau an seinem Standort gute Erfahrungen gemacht.
- Der Absatz muss gesichert sein z. B. in Form einer Kooperation mit der Züchtungsfirma.
- Die Sorte sollte sich durch eine hohe Virusresistenz in Verbindung mit einer geringen Virustoleranz auszeichnen.

Virusresistente Sorten werden seltener befallen. Tolerante Pflanzen dagegen werden zwar befallen, zeigen aber keine oder nur schwache Symptome und sind damit schwerer erkennbar. Dies kann zu hohen Aberkennungsraten führen. Im Gegensatz zur Resistenz sind Aussagen zur Toleranz nicht in der obligaten Sortenbeschreibung enthalten. Eine Rücksprache mit dem Züchter ist anzuraten.

### ► Pflanzknollengröße

Die Pflanzknollengröße wirkt bestimmend auf die Sortierung des Erntegutes. Aus großen Pflanzknollen wird gewöhnlich kleiner fallendes Erntegut erzeugt und umgekehrt. Um folglich kleinfallendes Pflanzgut zu erzeugen, muss großfallendes Basispflanzgut verwendet werden. Die Sortierung des Erntegutes kann weiterhin durch die Variation von Pflanzabstand und Erntetermin beeinflusst werden. Sollen großfallende Sorten vermehrt werden, ist eine Pflanzendichte von mindestens 50.000 Pflanzen je ha zu wählen. Haben die Knollen Pflanzgutgröße erreicht, kann das Knollenwachstum durch Krautschlagen beendet werden (Proberodung!).

### ► Selektion

Pflanzkartoffeln müssen von sekundär infizierten Pflanzen (über die Pflanzknollen) konsequent und frühzeitig bereinigt werden. Das Virus wird sonst von den Blattläusen durch Saugen an viruskranken Kartoffelblättern aufgenommen. Danach ist eine sofortige Virusübertragung der nicht persistenten Viren (Y und A) mit weiteren Stichen möglich, jedoch verliert das Insekt nach einigen Stunden seine Infektionsfähigkeit wieder. Die Weitergabe persistenter Viren (z. B. Blattrollvirus) kann erst nach einer gewissen Latenzzeit im Vektor (ca. 24 – 36 h) erfolgen. Virusinfizierte Pflanzen sind für die Läuse „schmackhafter“ und die Aufnahme des Virus wird dadurch forciert.

Folgende Aspekte müssen beachtet werden, um einen guten Selektionserfolg zu erzielen:

- Weil je nach Witterung der Flug der Blattläuse bereits Ende Mai einsetzen kann, müssen alle Maßnahmen zur Verfrühhung des Bestandes (Vorkeimen, frühe Pflanzung) ausgenutzt werden, damit viele viruskranke Pflanzen erkannt werden (je größer die Pflanze, desto deutlicher die Symptomausprägung).
- Der erste Selektiervorgang sollte bei 10 – 15 cm Wuchshöhe durchgeführt und dann in kurzen Abständen mindestens 2x von Fachkräften wiederholt werden. Die entstehenden Mehrkosten werden durch bessere Anerkennungsraten ausgeglichen.
- Es müssen sämtliche verdächtige Pflanzen samt Knollenansatz radikal entfernt werden. Der Abtransport muss in einem läusedichten Behälter erfolgen.
- Die Morgen- bzw. Abenddämmerung ist gut geeignet. Grelles Licht sollte dagegen vermieden werden, da Farbnuancen dann schwerer zu unterscheiden sind.
- Weil sich die Infektion nesterförmig und vor allem in Reihenrichtung ausbreitet, erscheint es sinnvoll, die Nachbarn von befallenen Pflanzen ebenfalls zu entfernen.

### ► Verhinderung der Virusabwanderung in die Knollen

Die stärkste Verbreitung von Virosen erfolgt während des Sommerfluges der Blattläuse, der etwa Mitte Juli einsetzt. Die Abwanderung des übertragenen Virus vom Blatt in die Knolle erfolgt etwa 10 – 14 Tage nach der Infektion. Um dies zu verhindern, muss der Infektionsweg vom Blatt zur Knolle unterbrochen werden. Ab einer Schadensschwelle von 80 – 100 Läusen pro 100 Blatt muss das Kraut mechanisch oder thermisch abgetötet werden. Die Rodung darf erst nach Verkorkung der Schalen erfolgen.

### ► Ernte und Lagerung

Weil Pflanzknollen früh geerntet und ohne Qualitätsbeeinträchtigungen bis ins folgende Frühjahr gelagert werden sollen, müssen sie besonders schonend geerntet und sortiert werden. Die Nutzung eines klimatisierten Lagers, in dem optimale Temperatur- und Feuchtwerte (6 °C, mind. 90 % Luftfeuchte) eingehalten werden, ist unumgänglich. Keinesfalls dürfen keimhemmende Mittel während der Lagerung zur Anwendung kommen, da die Keimfähigkeit im Frühjahr beeinträchtigt werden könnte. Die Mitnutzung von nichtbegasteten konventionellen Großlagern ist in Betracht zu ziehen.

### ► Anerkennungsverfahren

Pflanzkartoffeln dürfen zu gewerblichen Zwecken nur in Verkehr gebracht werden, wenn sie anerkannt sind. Das Verfahren ist in der Pflanzkartoffelverordnung (PflKartV) geregelt und beginnt mit der Anmeldung des Vermehrungsvorhabens bei der nach Landesrecht zuständigen Stelle. In dem Bundesland, in deren Territorium das Pflanzgut aufwächst, muss die Anmeldung erfolgen. Anerkennungsstelle für Sachsen:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie  
Waldheimer Str. 219, 01683 Nossen  
Telefon: 035242 631-7306

# Weiterführende Literatur

- AMI (2011): Marktbilanz Öko-Landbau. Agrarmarkt Informationsgesellschaft, 2011.
- BENKER, M.; S. KEIL; M. ZELLNER; B. KLEINHENZ (2010): Optimierung des Kupfereinsatzes bei der Krautfäulebekämpfung im ökologischen Kartoffelbau. Julius-Kühn-Archiv, 428, 81.
- BERENDONK, C. (2011): Intensive Hackfruchtfruchtfolgen - Einfluss von Vorfrucht, Zwischenfruchtanbau, organischer Düngung und Bodenbearbeitung in einer intensiven Hackfruchtfruchtfolge mit Kartoffeln. Kartoffelbau 6, 14-16.
- BERNER, A. et al. (2010): Biokartoffeln. Qualität mit jedem Anbauschritt. Merkblatt Bioland Beratung, Mainz.
- BODIN, F.-K. (1984): Kartoffellagerung ohne Qualitätsverluste. KTBL-Schrift 294, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.
- BÖHM, H.; T. DEWES (1995): Stallmistdüngung zu Kartoffeln: Auswirkungen auf Ertrag, Qualität und  $N_{min}$ -Gehalte im Boden. In: Versuche zum ökologischen Landbau. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.
- BÖHM, H. (Hrsg.) (2011): Optimierung der ökologischen Kartoffelproduktion. Landbauforschung, SH 348, Braunschweig. Internet: <http://orgprints.org/19415/>
- BRUNS, C.; J. HEß; M.R. FINCKH; O. HENSEL; E. SCHULTE-GELDERMANN (2009): Komposteinsatz gegen *Rhizoctonia solani* im ökologischen Kartoffelbau. Kartoffelbau 3, 84-88.
- BRUNS, C.; E. SCHULTE-GELDERMANN; F. HAYER; M. R. FINCKH (2008): Kupferminimierungsstrategien im ökologischen Kartoffelbau – Versuche 2002 bis 2007. Fachgespräch „Bedeutung von Kupfer für den Pflanzenschutz, insbesondere für den Ökologischen Landbau – Reduktions- und Ersatzstrategien“. Berlin, 29.01.2008.
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (Hrsg.) (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 438.
- DITTMANN, B. (2001): Ergebnisse zum Pilotprojekt Beregnung im Landkreis Teltow-Fläming. In: Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Beregnung von Kartoffeln und Mais. Schriftenreihe 4, ohne Seitenangabe.
- DITTMANN B.; H. HANFF (2008): Einfluss pflugloser Bodenbearbeitung und organischer Düngung auf die Wirtschaftlichkeit in der ökologischen Dauerfruchtfolge Güterfelde. In: Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg; Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung (HRSG), Schriftenreihe des Landesamtes für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Reihe Landwirtschaft, Bd. 9, H. II, 36-40.
- DÖRSCH, L. (1996): Einfachlösungen für die hofeigene Kartoffellagerung. Kartoffelbau 47 (4), 134-137.
- DREYER, W. (1992): Kartoffelanbau. In: NEUERBURG, W; S. PADEL: Organisch-biologischer Landbau in der Praxis. BLV-Verlagsgesellschaft, München, 153-158.
- DREYER, W. (1994): Speisekartoffeln. In: LÜNZER, I.; H. VOGTMANN: Ökologische Landwirtschaft, Spezieller Pflanzenbau. Teil 1.
- ERBE, G. (1996): Pflanzgut aus Gesundlagen. Bauernzeitung 47, 20-21.
- FINCKH, M. R.; E. SCHULTE-GELDERMANN; C. BRUNS (2006): Challenges to Organic Potato Farming: Disease and Nutrient Management. Potato Res., 49, 27-42.
- HAAS, G. (2003): Untersaaten in Kartoffeln: Sonnenblume, Mais oder Gelbsenf. In: Dokumentation 10 Jahre Leitbetriebe Ökologischer Landbau in Nordrhein-Westfalen. Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes „Umweltverträgliche und standortgerechte Landwirtschaft“ 105, 105-112. Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität, Bonn.
- HACK, H.; H. GALL; Th. KLEMKE; R. KLOSE; U. MEIER; R. STRAUSS; A. WITZENBERGER (1993): Phänologische Entwicklungsstadien der Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.). Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 45, 11-19.
- HEY, A. (1954): Die phytopathogenen Grundlagen der Kartoffelpflanzguterzeugung. Deutsche Landwirtschaft 5, 302-306.
- JANßEN, H. (2000): Kartoffellager: Dämmung und Bauphysik. Kartoffelbau 51 (3), 112-119.
- KARALUS, W. (1995): Einfluß der Pflanzgutvorbereitung auf den Krankheitsbefall und Ertragsaufbau bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) im ökologischen Landbau. Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen.
- KARALUS, W. (1997): Einfluß der Bestandesdichte auf den Ertragsaufbau bei vorgekeimten Kartoffeln im ökologischen Landbau. Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau in Bonn. Verlag Dr. Köster, Berlin, 341-347.
- KARALUS, W. (2005): Rhizoctonia-Befall an Pflanz- und Ernteknollen im Ökologischen Kartoffelbau. Kartoffelbau 3, 72-75.
- KEIL, S.; M. ZELLNER (2009): Neue Erfahrungen zur Krautfäulebekämpfung im ökologischen Kartoffelbau. In: WIESINGER, K.; K. CAIS (Hrsg.): Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag 2009, Tagungsband, Schriftenreihe der LfL 7, 99-103.
- KLINKOWSKI, M.; R. SCHICK (1962): Die Kartoffel. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.

- KÖHLER, B.; H. KOLBE (2007): Programm BEFU - Teil Ökologischer Landbau. Verfahrensbeschreibung und PC-Anleitung zu Methoden der Bilanzierung und Düngungsbemessung. Broschüre, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden, 86 S. Internet: <http://orgprints.org/13632/>
- KÖLSCH, E.; H. STÖPPLER (1990): Kartoffeln im ökologischen Landbau. KTBL-Arbeitspapier 147, Darmstadt.
- KOLBE, H. (2007): Wirkungsgrad organischer Düngemittel auf Ertrag und Qualität von Kartoffeln im ökologischen Landbau. Berichte aus dem ökologischen Pflanzenbau. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 9, 22-46. Internet: <http://orgprints.org/11010/>
- KOLBE, H. (2008): Einfache Verfahren zur Berechnung der Humusbilanz für konventionelle und ökologische Anbaubedingungen. Arbeitspapier, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden. Internet: <http://orgprints.org/13626/>
- KOLBE, H. (2010): Einfluss mineralischer K-Düngung und organischer Düngemittel auf Nährstoffversorgung und Qualität. Kartoffelbau 61 (8), 370-373.
- KOLBE, H.; M. SCHUSTER (2011): Bodenfruchtbarkeit im Öko-Betrieb. Untersuchungsmethoden. Broschüre, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- KRAUSE, T.; H. BÖHM; R. LOGES; F. TAUBE; N. HAASE (2005): Auswirkungen der Beregnung von Kartoffeln in Abhängigkeit der Stallmistdüngung auf den Ertrag, die Qualität sowie die Verarbeitungseignung zu Pommes frites und Chips. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 17, 118-119.
- KRIEG, A.; J. M. FRANZ (1989): Lehrbuch der biologischen Schädlingsbekämpfung. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- KTBL (2010): Ökologischer Landbau, Daten für die Betriebsplanung. KTBL-Datensammlung, Darmstadt.
- KÜHNE, S.; U. BURTH; P. MARX (2006): Biologischer Pflanzenschutz im Freiland – Pflanzengesundheit im ökologischen Landbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KÜHNE, S.; U. PRIEGNITZ; F. ELLMER; E. MOLL (2009): Öko-Knollen: Neues Mittel im Käfer-Kampf. Top agrar 6, 56-59.
- KÜHNE, S.; F. ELLMER (2011): Kartoffelkäfer biologisch reguliert. Top agrar 5, 80-83.
- LEPPACK, E. (1994): Einfachlagerung von Kartoffeln. Kartoffelbau 42 (4), 148-153.
- LEPPACK, E. (1997): Qualitätssicherung durch gezielte Klimatisierung der Kartoffellager. Kartoffelbau 48 (9/10), 366-369.
- LEPPACK, E. (2000): Aspekte der Kartoffellagerung. Kartoffelbau 51 (7), 296-299.
- MEINCK, S. (1999): Speisekartoffelanbau im Ökologischen Landbau: Optimierung des Anbauverfahrens durch Sortenwahl und Phytophthora-Prophylaxe. Diss. Kassel.
- MEINCK, S.; H. KOLBE (2007): Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule im ökologischen Landbau. In: Berichte aus dem ökologischen Pflanzenbau. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 9, 47-57. Internet: <http://orgprints.org/11008/>
- MÖLLER, K.; H. KOLBE; H. BÖHM (Hrsg.) (2003): Handbuch Ökologischer Kartoffelbau. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf, Österreich.
- MONKOS, A.; S. GRUBER (1998): Alternative Pflegepräparate im Kartoffelanbau gegen Kraut- und Knollenfäule. In: Informationen für die Pflanzenproduktion, Ergebnisse der produktionstechnischen Versuche 1997 in Baden-Württemberg. Landesanstalt für Pflanzenbau, Forchheim, 12-15.
- MUZIOL, O. (1996): Betriebswirtschaftliche Ergebnisse sächsischer Ökobetriebe. Dipl.-Arbeit, GhK, Witzenhausen.
- PEINE, A. (2008): Ökologisches Z-Pflanzgut im Kartoffelbau 2008. Kartoffelbau 11, 59. Jg., 456-459.
- PETERS, R. (2009): Kombination von Arbeitsgängen beim Kartoffellegen. Kartoffelbau 60 (1/2), 4-9.
- PFLEGER, I. (2007): Bewässerungswirkung von unterschiedlichen Verfahren bei Kartoffeln in Thüringen. DLG-Fachtagung Bewässerung, 27.06.2007, Jena.
- RADTKE, W.; W. RIECKMANN; F. BRENDLER (2000): Kartoffeln: Krankheiten, Schädlinge, Unkräuter. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- RAVE, M. (2000): Hygiene im Kartoffellager. Kartoffelbau 51 (5), 210-215.
- REXILIUS, L.; U. SCHLEUß (2004): Ist der Einsatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Landbau aus Sicht des Pflanzen- und Bodenschutzes weiterhin zweckmäßig? Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft, 396-498.
- RÖNNEBECK, W. (1955): Beziehungen zwischen Befall mit Virusüberträgern und Virusausbreitung im Kartoffelfeld. Höfchen-Briefe 8, 219-226.
- SALZMANN, R.; E. R. KELLER (1956): Über Resistenz und Toleranz von Kartoffelsorten gegenüber Viruskrankheiten. Mitt. Schweiz. Landwirtsch. 4, 75-84.
- STUMM, CH. & U. KÖPKE (2008): Untersaaten in Kartoffeln: Reduzierung der Spätverunkrautung, Minderung hoher Restnitratmengen. Informationen für Beratung und Praxis, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Köln-Auweiler und Institut für Organischen Landbau der Universität, Bonn.



- VAN DER SCHILD, J. H. W. (1990): Kartoffellagerung – Vom Einlagern bis zum Abliefern. Behr's Verlag, Hamburg.
- VORDERBRÜGGE, T.; R. MILLER; M. PETER; S. SAUER (2004): Ableitung der nutzbaren Feldkapazität aus den Klassen der Bodenschätzung. DBG-Mitteilungen 2004, Bd. 104, 33-34.
- ZELLNER, M.; S. KEIL; M. BENKER; B. KLEINHENZ; L. BANGEMANN (2008): Entwicklung, Überprüfung und Praxiseinführung des Prognosemodells Öko-Simphyt zur gezielten Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule. Internet: <http://orgprints.org/13182/>
- ZELLNER, M.; S. KEIL; M. BENKER (2011): Latent infection rate of potato seed tubers with *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary – an underestimated problem. Journal für Kulturpflanzen 63 (1) 13-16.

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie  
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden  
Telefon: + 49 351 2612-0  
Telefax: + 49 351 2612-1099  
E-Mail: [lfulg@smul.sachsen.de](mailto:lfulg@smul.sachsen.de)  
[www.smul.sachsen.de/lfulg](http://www.smul.sachsen.de/lfulg)

**Ansprechpartner:**

Dr. Hartmut Kolbe  
Abteilung Pflanzliche Erzeugung/Referat Pflanzenbau, Nachwachsende Rohstoffe  
Telefon: + 49 341 9174-149  
Telefax: + 49 341 9174-111  
E-Mail: [hartmut.kolbe@smul.sachsen.de](mailto:hartmut.kolbe@smul.sachsen.de)

**Autoren:**

Dr. Hartmut Kolbe, Dr. Wolfgang Karalus, Martina Schuster, Martin Hänsel, Annette Schaeffer, Birgit Pöhlitz  
Abteilung Pflanzliche Erzeugung

**Fotos:**

LfULG (Dr. Wolfgang Karalus Titelbild, S. 5 – Abb. 2, S. 7, 20, 21, 31, 32, 39, 42 - 46;  
Dr. Michael Grunert S. 23, 28, 37; Anja Schmidt S. 17; Dr. Hartmut Kolbe S. 10)  
[www.oekolandbau.de](http://www.oekolandbau.de) (S. 5 – Abb. 1 u. 3, S. 13, 25, 48)

**Redaktionsschluss:**

31.01.2012

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <http://www.smul.sachsen.de/lfulg/6447.htm> heruntergeladen werden.

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.