



RICHTLINIEN FÜR DEN PFLANZENSCHUTZ IM ÖKOLOGISCHEN KATROFFELBAU

RENATA BAŽOK, PETER DOLNIČAR, MICHAELA STOLZ, ESZTER TAKÁCS

Renata BAŽOK¹, Peter DOLNIČAR², Michaela STOLZ³, Eszter TAKÁCS⁴

¹ University of Zagreb Faculty of Agriculture, Croatia

² Agricultural Institute of Slovenia, Slovenia

³ biohelp GmbH, Austria

⁴ Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (MATE), Hungary

Richtlinien für den Pflanzenschutz im ökologischen Kartoffelbau

1. Einleitung

Die Kulturkartoffel (*Solanum tuberosum* L. subsp. *tuberosum* und *andigena*) und sieben weitere verwandte Arten, die heute angebaut werden, sind zur wichtigsten Nichtgetreidepflanze der Welt geworden. Sie wird in 130 Ländern in erheblichem Umfang angebaut, mit einem Bruttoproduktionswert von 63,6 Milliarden US-Dollar im Jahr 2016 und einer jährlichen Kartoffelproduktion von 368 Millionen Tonnen im Jahr 2018. Die Hauptverwendung der biologisch angebauten Kartoffel ist nach wie vor der direkte Verzehr als Frischware, aber ein zunehmender Anteil wird zu Snacks verarbeitet. Auf den Märkten für Frischware verlangen die Verbraucher qualitativ hochwertige, einheitliche Knollen mit einer schönen Schale und spezifischen Anforderungen für bestimmte Zwecke und Verwendungen. Die Art oder Sorte der gekauften Kartoffeln variiert sogar je nach Anlass der Mahlzeit, was sich auch auf die erwartete Verpackung oder Aufmachung auswirkt. Die Kartoffelproduktion für die Verarbeitung zu Chips, Pommes frites, Dosenkartoffeln, Flocken usw. basiert auf speziellen Sorten. Bei der Kartoffelerzeugung ist das Ertragsgefälle zwischen ökologischen und konventionellen Anbausystemen viel größer (bis zu 60 % geringere Erträge in ökologischen Systemen). Dies wird hauptsächlich auf die unzureichende Bekämpfung von Schädlingen und Krankheiten zurückgeführt, die mit Fungiziden wirksam bekämpft werden könnten, insbesondere die Kraut- und Knollenfäule. Der mögliche künftige Ausschluss von Kupferfungiziden aus dem ökologischen Kartoffelanbau dürfte weitere negative Auswirkungen auf die Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule und die Ernteerträge haben. Weltweit wurden bisher mehr als 10.000 Kartoffelsorten angebaut, von denen viele noch immer angebaut werden. Der gemeinsame Sortenkatalog für die EU im Jahr 2020, der die Grundlage für den Anbau in der EU bildet, umfasst 1.774 Kartoffelsorten. Trotz dieser großen Anzahl von Sorten besteht weiterhin Bedarf an neuen Sorten. Im ökologischen Kartoffelanbau müssen neue Sorten höhere und stabile Erträge bei geringem Aufwand liefern, resistent gegen Krankheiten und Schädlinge sein und Hitze- und Trockenstress vertragen. Außerdem müssen sie verbesserte ernährungsphysiologische Eigenschaften aufweisen und eine wirtschaftlich effiziente und umweltfreundliche Produktion mit einer effizienteren Nutzung von Wasser und Nährstoffen ermöglichen.

2. Die phänologischen Wachstumsstadien und BBCH-Identifikationsschlüssel der Kartoffel (nach Hack et al., 1993)

Wachstumsstufe	Code	Beschreibung	Wachstumsstufe	Code	Beschreibung	
0: Austrieb/ Keimung	00	Knolle im Ruhestadium, nicht gekeimt. Trockener Same	4: Entwicklung der Knollen	40	Beginn der Knollenanlage; Schwellung der ersten Stolonenenden auf das Doppelte des Stolonendurchmessers	
	01	Beginn des Austriebs: Sichtbarwerden der Keime (< 1 mm)		41	10% der max. art-/sortenspezifischen Knollenmasse erreicht	
		Beginn der Samenquellung		45	50% der max. art-/sortenspezifischen Knollenmasse erreicht	
	03	Ende der Keimruhe: Keime 2-3 mm		5: Erscheinen der Blütenanlage	49	Knollen schalenfest; von 95 % der Knollen läßt sich die Schale über dem Kronenende nicht mehr mit dem Daumen abschieben
		Ende der Samenquellung	51		Knospen der 1. Blütenanlage (Haupt sproß) sichtbar (1-2 mm)	
	05	Beginnende Wurzelbildung	55		Knospen der .1. Blütenanlage (Haupt sproß) 5 mm	
	07	Beginn des Sproßwachstums. Hypokotyl mit Keimblättern hat Samenschale durchbrochen	59		Erste farbige Blütenblätter sichtbar und deutlich von den Kelchblättern abgehoben	
		08			Sprosse wachsen zur Bodenoberfläche; Bildung von Niederblättern, in deren Achseln sich später die Stolonen bilden. Hypokotyl mit Keimblättern wächst zur Bodenoberfläche	6: Blüte
	09	Auflaufen: Sprosse durchbrechen Bodenoberfläche	61		Beginn der Blüte: 10 % der Blüten des 1. Blütenstandes (Haupt sproß) offen	
	10	Aus Knollen: erste Blätter spreizen sich ab Aus Samen: Keimblätter voll entfaltet	65		Vollblüte: 50 % der Blüten des 1. Blütenstandes offen	
			69		Ende der Blüte	
1: Blattentwicklung	11	1. Blatt (> 4 cm) am Haupt sproß entfaltet	7: Fruchtentwicklung		70	Erste Beeren sichtbar
	12	2. Blatt (> 4 cm) am Haupt sproß entfaltet			71	10 % der Beeren des 1. Fruchtstandes (Haupt sproß) haben nahezu endgültige Größe erreicht
	13	3. Blatt (> 4 cm) am Haupt sproß entfaltet		73 - 79	Fortlaufend: 30 % bis fast alle der Beeren des 1. Fruchtstandes haben nahezu endgültige Größe erreicht.	
	14 - 19	Fortlaufend bis: 9. Blatt und mehr Blätter (> 4 cm) am Haupt sproß entfaltet (2stellig) 9. Blatt (> 4 cm) am Haupt sproß entfaltet (3stellig)				
2: Seiten sproßbildung	21	1. basaler Seitentrieb (> 5 cm) gebildet	8: Frucht- und Samenreife	81	Beeren des 1. Fruchtstandes (Haupt sproß) noch grün, Samen hell	
	22	2. basaler Seitentrieb (> 5 cm) gebildet			85	Beeren des 1. Fruchtstandes (Haupt sproß) sind okker bis fahlbräunlich verfärbt
	23	3. basaler Seitentrieb (> 5 cm) gebildet		89		Beeren des 1. Fruchtstandes (Haupt sproß) sind welk, Samen sortentypisch dunkel gefärbt
	24 - 29	Fortlaufend bis ... 9 und mehr basale Seitentriebe (> 5 cm) gebildet			90	Beginn der Blattvergilbung bzw. Blattaufhellung
3: Triebentwicklung	31	Beginn Bestandesschluß: 10 % der Pflanzen benachbarter Reihen berühren sich				
	33	30 % der Pflanzen benachbarter Reihen berühren sich				

	35	50 % der Pflanzen benachbarter Reihen berühren sich	9: Abschluss der Vegetation	95	50 % der Blätter braun verfärbt
	37	70 % der Pflanzen benachbarter Reihen berühren sich		97	Blätter und Stängel abgestorben, Stängel ausgebleicht und trocken
	39	Fortlaufend bis Bestandesschluß: über 90 % der Pflanzen benachbarter Reihen berühren sich		99	Erntegut (Knollen)

3. Agronomische Praktiken

Vorbereitung für die Pflanzung von Kartoffeln und Agrotechnische Verfahren	Standortwahl	<p>Die Kartoffel braucht einen tiefgründigen, fruchtbaren Boden für eine optimale Wurzelentwicklung, gleichmäßig verteilte Niederschläge während des Wachstums, geeignete Temperaturen und Sonnenlicht. Da die Gefahr von Sommertrockenheit zunimmt, sind Böden mit schlechten Wasserspeichereigenschaften für den Kartoffelanbau nicht geeignet, es sei denn, es wird bewässert.</p> <p>Für Kartoffeln geeignete Böden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - gut mit Nährstoffen und Humus versorgte Böden (3 bis 4 % Humus, C-Gehalt von P2O5 und K2O); - tiefgründige, mittelschwere Böden; - gut durchlässige Böden, auf denen eine hohe mikrobiologische Aktivität gewährleistet werden kann; - Braunerdegruppen sind am besten geeignet, aber auch Tonböden auf Kalk- und Dolomitgestein, Mergel und Sandstein. <p>Kartoffeln sind unempfindlich gegenüber dem pH-Wert des Bodens und wachsen auch auf sauren Böden ab pH 4,5. Auf alkalischen Böden ist die Gefahr der Schorfbildung größer. Saure Böden sollten nicht vor dem Kartoffelanbau gekalkt werden, sondern vor der Vorfrucht in der Fruchtfolge.</p> <p>Es wird eine Fruchtfolge von mindestens vier Jahren empfohlen. Die besten Vorkulturen sind ein- oder mehrjährige Kleearten, Leguminosen, Raps und Senf, aber auch Mais und Getreide. Bei der Gemüsefruchtfolge müssen die Landwirte vorsichtiger sein, denn es wird nicht empfohlen, andere Nachtschattengewächse anzubauen (möglicherweise ist zu viel organische Substanz im Boden).</p> <p>Die Fruchtfolge bewahrt nicht nur die Bodenfruchtbarkeit, sondern wirkt sich auch auf den Populationsdruck von Schadorganismen aus. Wenn die Fruchtfolge zu eng ist, können sich diese schnell vermehren und die weitere Produktion gefährden. Der Kartoffelkäfer überwintert im Boden (Kartoffelfelder des Vorjahres) und dringt im Frühjahr in Felder ein, die in der Nähe von Überwinterungsgebieten liegen. Die Fruchtfolge ist für die Bekämpfung des Drahtwurms im Boden nahezu die einzige Möglichkeit. Potenzielle Quarantäneschädlinge wie Kartoffelzystennematoden breiten sich bei einer engeren Fruchtfolge schneller aus. In der Praxis können die Landwirte auf Probleme stoßen, die durch Bodenpilze verursacht werden - Schwarzschorf/Krebs, Trockenfäule (vor allem, wenn organische Rückstände in den Boden eingepflügt werden), Schwarzfleckenkrankheit und Bakterien (gewöhnlicher Schorf, Schwarzbeinigkeit und Weichfäule).</p>
	Sortenwahl	<p>Im ökologischen Kartoffelanbau müssen die Sorten daher mit geringem Aufwand höhere und stabile Erträge liefern, gegen Krankheiten und Schädlinge resistent sein, Hitze- und Trockenstress vertragen und eine effizientere Nutzung von Wasser und Nährstoffen aufweisen. Im Hinblick auf die Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule ist es für ökologisch wirtschaftende Landwirte von größter Bedeutung, entweder frühe Sorten oder späte, gegen Kraut- und Knollenfäule</p>

	<p>resistente, Sorten anzubauen, um eine Infektion mit der Kraut- und Knollenfäule zu vermeiden oder zu minimieren. Die Sorten sollten außerdem eine hohe Konsumqualität, sowie gute und stabile Erträge über die Jahre hinweg aufweisen. Dies ist besonders wichtig bei selbst erzeugtem Saatgut, da die Sorten resistent gegen das Kartoffelvirus Y sein sollten.</p> <p>In Slowenien und Polen getestete Sorten, die gegen Kraut- und Knollenfäule resistent sind und sich für den ökologischen Anbau eignen:</p> <p>Carolus, Delila, Kelly, KIS Kokra (PVY-resistent), Otolia, Sarpo Mira (PVY-resistent), Sarpo Shona (PVY-resistent), Tinca, Twister, Levante, Twinner, Gardena, Alouette.</p> <p>Es gibt viele Sorten, die resistent gegenüber Kartoffelnematoden sind. Da sich die Liste der zugelassenen Sorten ständig ändert, ist es ratsam, die in Ihrem Land zugelassenen Sorten zu prüfen.</p> <p>Derzeit sind die in Europa am häufigsten angebauten Sorten im ökologischen Landbau anfällig für die Kraut- und Knollenfäule.</p>
Pflanzmaterial	<p><u>Sicherung der Qualität:</u> Ökologisch erzeugtes Qualitätssaatgut ist gesund, sortenrein, von geeigneter Größe und physiologischem Alter. Damit erhält man den Pflanzenpass (RPL), der garantiert, dass das Saatgut unter der Kontrolle der Kontrolldienste nach der vorgeschriebenen Pflanzkartoffelproduktionstechnologie produziert wurde. Es ist ratsam, immer qualitativ hochwertiges Pflanzgut zu pflanzen, das unter der Aufsicht des Zertifizierungsdienstes erzeugt wurde, denn nur so kann eine gesunde und reiche Ernte erzielt werden. Dies wird mit Saatgut der üblichen Größe von 35-55 mm erreicht, das gegenüber Stressbedingungen toleranter ist und eine ausreichende Anzahl von Trieben pro Pflanze liefert.</p> <p><u>Selbstproduziertes Saatgut:</u> Bei der Aussaat von selbst produziertem Saatgut besteht die Gefahr, dass die Pflanzen stark degenerieren und die Erträge im Falle einer starken Virusinfektion bei virusanfälligen Sorten gering sind. Für den Anbau von selbst produziertem Saatgut empfehlen wir die Verwendung von Sorten, die extrem resistent gegen das Kartoffelvirus Y sind, um Virusdegenerationen zu vermeiden.</p> <p><u>Splitten:</u> Die Knollen können vor dem Einpflanzen geteilt werden, um den Aufgang zu beschleunigen und einen frühen Ertrag zu erzielen. Dies ist für ökologische Landwirte sehr wichtig, um einen frühen Ertrag zu erzielen und die Kraut- und Knollenfäule sowie Stressbedingungen zu vermeiden.</p>
Erziehungssystem	<p><u>Pflanzzeit:</u> Kartoffeln werden gepflanzt, wenn sich der Boden auf mindestens 8 °C erwärmt hat. Wenn man in kalten Boden pflanzt, dauert das Auflaufen länger, so dass die Knollen länger den Krankheiten (schwarzer Schorf, Bakterien) ausgesetzt sind, die Knollen können im Boden glasig werden und ausfallen.</p> <p><u>Pflanztiefe:</u> Sie ist der Abstand zwischen der Oberseite der gepflanzten Knolle und der Bodenoberfläche. Bei flacher Pflanzung beträgt die Dicke der die Knollen bedeckenden Bodenschicht 0 bis 2 cm, bei mitteltiefer Pflanzung 2 bis 5 cm und bei tiefer Pflanzung mehr als 5 cm.</p>

	<p><u>Bepflanzungsdichte:</u> Obwohl die Pflanzdichte vom Anbauzweck, der Sorte und der Saatgutgröße abhängt, gelten einige Grundregeln für die Bestimmung der Pflanzdichte. Bei normaler Größe (35-55 mm) werden 4 bis 5 Knollen/m² gepflanzt, je nach der erwarteten Anzahl und Größe der Knollen für jede Sorte. In der Praxis bedeutet dies etwa 2,5 Tonnen/ha. Der Abstand in der Reihe hängt vom Reihenabstand ab, der so groß wie möglich sein sollte, mindestens 65 cm bei frühen Sorten und 75 cm bei späten Sorten. Ein größerer Abstand ist empfehlenswerter, da er eine bessere Anhäufelung und damit ein geringeres Risiko einer Infektion der Knollen mit der Kraut- und Knollenfäule und eines Knollenausfalls aufgrund von Stress ermöglicht. Werden Kartoffeln zu dicht gepflanzt, ist der Ertrag geringer, die Knollen werden kleiner, und aufgrund des zu dichten Wachstums ist die Pflanze anfälliger für Pilzkrankheiten, insbesondere die Kraut- und Knollenfäule.</p> <p><u>Pflanzung in Hanglage:</u> In Hanglagen werden die Kartoffeln quer zum Hang angebaut und gepflanzt, um Wasserabfluss und Erosion zu verhindern. Wenn der Hang zu steil ist und am Hang pflanzt wird, müssen Querbarrieren zwischen den Dämmen angebracht werden, um zu verhindern, dass das Wasser abfließt und der Boden weggespült wird.</p>
Bodenvorbereitung	<p><u>Grundlegende Bodenbearbeitung:</u> Die Grundlage für den Kartoffelanbau ist das Pflügen des Bodens im Herbst bis zu einer Tiefe von 25 cm oder auf flacheren Böden bis zur Tiefe des Ackerbodens. Das Pflügen im Herbst ist wichtig, damit die Furche über den Winter gefriert und im Frühjahr eine günstige krümelige Struktur entsteht. Dadurch wird auch die Winter- und Frühjahrsfeuchte im Boden gehalten. Verschiedene Konservierungs- und Direktanbaumethoden sorgen in der Regel nicht für einen ausreichend leichten Boden für eine gleichmäßige Entwicklung der Knollen und erhöhen das Risiko der Entwicklung von bakteriellen (Schorf) und pilzlichen Krankheiten (Trockenfäule, Schwarzschorf/Krebs).</p> <p><u>Bodenvorbereitung vor der Aussaat:</u> Leichte Sandböden werden bis zu 20 cm tief bearbeitet, während schwerere Böden mindestens bis zu 15 cm tief bearbeitet werden. Ist der Boden stark verdichtet, sollte eine Kreiselegge verwendet werden. Verwenden Sie nach Möglichkeit eine Maschine, die die Böden in einem Arbeitsgang gründlich bearbeitet. Bevorzugt werden sollten Maschinen mit möglichst großer Arbeitsbreite, um den Boden möglichst wenig zu verdichten. Die Bodenbearbeitung vor der Aussaat sollte in der gleichen Richtung erfolgen wie die Aussaat.</p>
Bodenpflege	<p>Durch das richtige Anhäufeln erreichen wir eine ausreichende Bodenbedeckung (mindestens 5 cm), um eine Infektion der Knollen mit Zoosporen der Kraut- und Knollenfäule zu verhindern. Außerdem sind die Knollen weniger grün und während des Wachstums stressigen Bedingungen ausgesetzt, was zur Bildung verschiedener Defekte (Risse, Knollenfehlbildungen, Nachwachsen) führen kann.</p>
Düngung	<p>Die Düngung ist auf das Nährstoffangebot des Bodens, den zu erwartenden Ertrag und den Zweck der Kartoffelproduktion (Früh-, Spät-, Pflanzkartoffeln) abzustimmen.</p>

	<p>Grundlage für die Durchführung der Düngung, die eine ausgewogene Ernährung der Pflanzen zum Ziel hat, ist die chemische Analyse der Böden. Eine Bodenanalyse ist zumindest für Phosphor (P205), Kalium (K20), organische Stoffe und den Säuregehalt des Bodens erforderlich;</p> <p>Der Düngeplan berücksichtigt auch die Aufrechterhaltung des pH-Wertes des Bodens und den Anteil der organischen Substanz im Boden.</p> <p>Im ökologischen Landbau dürfen nur Düngemittel verwendet werden, die auf der Grundlage der Verordnung (EG) 834/2007 der Kommission zugelassen sind und die in Anhang 1 der Verordnung (EG) 889/2008 der Kommission näher definiert sind. Biobetriebe verwenden in der Regel ihre eigenen Düngemittel für ihren Bedarf (Mist, Gülle, Kompost). In der Regel düngen die Landwirte mit 30 bis 40 t Wirtschaftsdünger/ha . Bei der Düngung mit organischen Düngemitteln ist es wichtig, dass kein frischer Mist verwendet wird, da dieser das Auftreten von Kartoffelschorf beschleunigt. Unter den Handelsdüngern finden wir getrockneten, pelletierten Dung verschiedener Tierarten, der etwa 3-4 % Stickstoff enthält, oder mit Stickstoff angereicherte organische Dünger, die eine zusätzliche Stickstoffquelle, meist aus Hornspänen, Borsten, Fleisch- und Knochenmehl, Federmehl usw., enthalten. Der prozentuale Anteil an Stickstoff in diesen Düngemitteln liegt zwischen 6 und 13 %, meistens jedoch bei etwa 10 %.</p>
Erhöhung der Artenvielfalt	<p>Pufferstreifen, breite Landstreifen, die zwischen landwirtschaftlichen Feldern belassen oder angelegt werden und mit Gräsern, Blumen und anderen einheimischen Pflanzen bepflanzt sind, fördern die biologische Vielfalt, indem sie Lebensraum für Vögel und andere Tiere bieten.</p> <p>Nützlingsschonender Einsatz von Insektiziden: Produkte mit den Wirkstoffen <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>tenebrionis</i> (Novodor) und Azadirachtin anstelle von natürlichem Pyrethrin oder Spinosad.</p>
Bewässerung	<p>Um stabile und qualitativ hochwertige Ernten zu erzielen, müssten die Kartoffeläcker bewässert werden. Die erforderliche Wassermenge in den einzelnen Wachstumsperioden ist:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pflanzung und Aufgang: 70 - 80 % der verfügbaren Feldkapazität des Bodens - Wachstum der Kartoffelpflanze: 75 - 80 % der verfügbaren Feldkapazität des Bodens <p>Auf sandigen Böden in niederschlagsreicheren Gebieten kann dieser Prozentsatz etwas niedriger sein, um eine Nitratauswaschung zu verhindern.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Setzen der Knollen: 80 - 90% der verfügbaren Feldkapazität des Bodens <p>Wenn Probleme mit einem hohlen Herzen zu erwarten sind, ist eine Feldkapazität von 70 bis 80 % besser, insbesondere bei kälterem Wetter.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Füllen (Verdickung) der Knollen: 80 - 90% der verfügbaren Feldkapazität des Bodens - Reifung: 60 - 65% der verfügbaren Feldkapazität des Bodens

	<p>Optimal für die Bildung der Kutikula. Zu viel Wasser in diesem Stadium führt zu Krankheitsproblemen, zu wenig behindert das Ausgraben.</p> <p>Wassermangel begünstigt das Auftreten bestimmter Krankheiten. Trockenheit beschleunigt Infektionen mit dem Kartoffelschorf während des Knollenansatzes, Trockenheit im Juli verstärkt die Welkeerscheinungen der Kartoffeln, die auf Infektionen mit Anthraknose, <i>Rhizoctonia</i> oder <i>Verticillium</i>-Welke zurückzuführen sind. Trockene Bedingungen sind der Grund für Knollenverformungen, Auswuchs, innere Hitzenekrosen und andere Defekte.</p>
--	---

4. Methoden und Werkzeuge der Schädlingsbekämpfung

Kartoffelkäfer		Phänologische Wachstumsstadien und BBCH-Bestimmungsschlüssel der Kartoffel (nach Hack et al., 1993)														
		00	09	11	20	30	40	50	60	69	72	77	81	87	91	99
<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	Schädigendes Stadium des Insekts	Der Kartoffelkäfer ist der wichtigste Schädling der Kartoffel. Adulte Tiere und Larven schädigen die Blätter und verursachen Blattverluste, was zu einer geringen Knollenproduktion führt. Die Kartoffel kann bis zu 20 % Entblätterung ohne nennenswerte Ertragseinbußen verkraften. Die überwinternde Generation der Adulten und die aus dieser Generation schlüpfenden Larven verursachen größere Schäden als die erste Generation. Die wichtigste Bekämpfungsstrategie besteht darin, den frühen Befall im Frühjahr zu verzögern.														
	Symptome	Blatt			Erwachsene Käfer ernähren sich von austreibenden Pflanzen. Manchmal graben sie sich in den Boden ein und ernähren sich von Stängeln und Keimblättern, bevor sie auftauchen. Später ernähren sich die überwinternden adulten Käfer der ersten Generation sowie die Larven der ersten und zweiten Generation von den Blättern und verursachen Blattverluste. Der Schaden der ersten Generation ist viel größer.											
		Knolle														
	Bedingungen für das Auftreten des Schädlings	Der Schädling tritt regelmäßig auf. Er bevorzugt ein warmes Frühjahr, in dem die erwachsenen Tiere sehr früh schlüpfen und Schäden an sehr jungen Pflanzen verursachen. Im Allgemeinen nimmt die Population mit dem zunehmenden Anteil der Kartoffelanbauflächen in der Region zu. Eine Generation braucht zwischen 14 und 56 Tage, um sich von den Eiern zum erwachsenen Tier zu entwickeln. Daher ist die Zahl der Generationen unter wärmeren Bedingungen höher.														
	Verwendete Prognosemodelle	<p>Prognose: In Deutschland steht das Prognosemodell SIMLEP zur Verfügung. Dieses Modell verwendet Wetterdaten, um den Entwicklungsverlauf vom Ei bis zur Larve zu berechnen.</p> <p>Visuelle Kontrolle: Es ist wichtig, den Befall vom Beginn des Kartoffelaufbaus an zu untersuchen. Die visuelle Inspektion erfolgt durch die Kontrolle von zehn Pflanzen in einer Reihe an vier Stellen auf dem Feld. Die Anzahl der adulten Tiere, Eier und Larven pro Pflanze wird erfasst. Überwinternde adulte Tiere werden in der Regel nicht bekämpft, wenn der Befall unter 5,8 adulte Tiere/Pflanze liegt. Bei</p>														

einem Befall von mehr als 2 adulten Tieren pro Pflanze und schwachen Pflanzen sind Bekämpfungsmaßnahmen erforderlich. Die wirtschaftliche Schwelle für Larven der ersten Generation liegt bei 2 Larven/Pflanze und für Larven der zweiten Generation bei 20-30 Larven/Pflanze.

Bekämpfungsstrategien

Wirtspflanzenresistenz: Obwohl einige konventionelle Pflanzensorten eine natürliche Resistenz gegen diese Schädlinge aufweisen, gibt es keine kommerzielle Kartoffelsorte, die als resistent gegen den Kartoffelkäfer gilt.

Vorbeugung: Ein Mindestabstand von 0,5 km zwischen neuen Feldern und Kartoffelfeldern aus dem Vorjahr ist erforderlich, um die Vorteile der Fruchtfolge voll nutzen zu können. Die frühe Pflanzung von Kartoffelsorten mit kurzer Reifezeit ermöglicht es den Pflanzen, auszureifen, bevor die zweite Larvengeneration entsteht. Die Zugabe von gehäckseltem Stroh vor dem Auflaufen der Pflanzen verringert den Käferbefall, da das Mulchen einen Lebensraum für natürliche Gegenspieler bietet. Die Bodenbearbeitung reduziert die Käfer-Populationen im Vergleich zum konventionellen Anbau. Eine sehr wirksame Strategie zur Bekämpfung des Schädlings ist der Zwischenfruchtanbau mit Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris* L.), Tagetes (*Tagetes patula* L.), Meerrettich (*Armoracia rusticana* G.Gaertn., B.Mey. & Scherb), Rainfarn (*Tanacetum vulgare* L.) und Zwiebeln (*Allium cepa* L.). Die von diesen Pflanzen erzeugten flüchtigen Stoffe können die chemischen Emissionen der Kartoffel überdecken und die Käfer bei der Nahrungssuche auf Kartoffelfeldern verwirren.

Mechanische und physische Bekämpfung: Das mechanische Einsammeln von Käfern kann vor allem auf kleinen Parzellen durchgeführt werden. Das Absammeln der Insekten kann manuell oder mit pneumatischen Geräten erfolgen, die nachweislich keine negativen Auswirkungen auf die Kartoffelerträge haben. Propangasflammen, eine pneumatische Wärmemaschine oder ein Biokollektor können ebenfalls zur Bekämpfung eingesetzt werden. Verschiedene mechanische und physische Barrieren können das Eindringen des Käfers verhindern und so die Etablierung des Schädlings verzögern. Mit Kunststoff ausgekleidete V-Gräben können als Fallgruben für wandernde adulte Tiere dienen und die Ansiedlung des Schädlings erfolgreich verzögern. Der oberirdische Graben aus extrudiertem, UV-beständigem PVC-Kunststoff wirkt als Barriere und kann, wenn er entlang der Ränder von Kartoffelfeldern in der Nähe von bevorzugten Überwinterungsgebieten angelegt wird, das Eindringen von Käfern in die Kultur im Frühjahr wirksam verhindern oder verlangsamen; Diese Falle lässt sich leicht aufstellen und entfernen und kann mehrere Jahre lang wiederverwendet werden.

Biologische Bekämpfung: Die konservierende biologische Bekämpfung zielt darauf ab, die vorhandenen natürlichen Gegenspieler zu erhalten und zu fördern. Dies geschieht vor allem durch verschiedene kulturelle Praktiken, die den Lebensraum für natürliche Gegenspieler verbessern, durch das Anlegen von Zufluchtsstreifen aus Gräsern und Kräutern, die räuberischen Arthropoden Unterschlupf und Ressourcen bieten, sowie durch blühende Pflanzen, die für generalistische Räuber und Parasitoide, die sich von organischem Material ernähren, attraktiv sind. Zur Bekämpfung der erwachsenen Tiere in den Überwinterungsgebieten wird der Einsatz von entomopathogenen Nematoden empfohlen. *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis*-Produkte werden häufig zur Bekämpfung von Kartoffelkäfer-Larven eingesetzt. Am erfolgreichsten ist es gegen frisch geschlüpfte Larven, daher ist der Zeitpunkt der Anwendung sehr wichtig. Andere Bakterienarten wie *Paenibacillus popilliae* und *Bacillus lentimorbus* haben Potenzial, aber es sind

weitere Studien erforderlich. *Beauveria bassiana* ist ein wirksames Pilzmittel, das gegen adulte Käfer und Larven eingesetzt wird. Einmal gespritzt, kann sich der Pilz unter den richtigen Bedingungen weiter vermehren. Eine sehr wichtige Einschränkung von *B. bassiana* ist seine Anfälligkeit für hohe Temperaturen und Trockenheit.

Wirkstoffe mit nachgewiesener Wirksamkeit: Insektizide, die für die Bekämpfung von CPB zugelassen sind, sind biologische Insektizide auf der Basis von *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis* und natürlichem Pyrethrin sowie Azadirachtin und Spinosad. Bt und Pyrethrin sind schnell abbaubar und müssen häufig angewandt werden. Spinosad ist auch im ökologischen Landbau zugelassen, aber der Kartoffelkäfer hat das Potenzial, Resistenzen gegen alle oben genannten Insektizide zu entwickeln. Daher müssen Landwirte beim Einsatz dieser Insektizide sehr vorsichtig sein.

Wireworms		Phänologische Wachstumsstadien und BBCH-Bestimmungsschlüssel der Kartoffel (nach Hack et al., 1993)														
		00	09	11	20	30	40	50	60	69	72	77	81	87	91	99
Agriotes ustulatus, A. lineatus, A. brevis, A.	Schädigendes Stadium des Insekts	Die zur Gattung <i>Agriotes</i> gehörenden Schnellkäfer sind sehr ernste Kartoffelschädlinge, da ihre Larven, die oft als Drahtwürmer bezeichnet werden, durch das Bohren von tiefen Löchern und Gängen bereits entwickelte Kartoffelknollen schädigen und so den Handelswert der Knollen mindern.														
	Symptome	Knolle	Die Überwinterungs-Larven bohren Löcher in die Pflanzkartoffelknollen und schwächen die Pflanzen beim Auflaufen. Im Allgemeinen entwickeln sich die Pflanzen normal und zeigen keine Wachstumssymptome.										Larven, die sich bereits im Boden befinden, oder frisch geschlüpfte Larven von <i>A. ustulatus</i> bohren Löcher und Gänge in die neu angelegten Knollen, so dass sie sich nur schwer schälen lassen und somit weniger attraktiv für die Verbraucher sind.			
	Bedingungen für das Auftreten des Schädlings	Drahtwürmer (verschiedene Arten) entwickeln eine Generation über 3-5 Jahre. Die Larven verbleiben 2-4 Jahre lang im Boden. Sie bevorzugen feuchte und tiefe Böden mit einem hohen Gehalt an organischen Stoffen. Im Allgemeinen legen die erwachsenen Tiere ihre Eier in Getreide, Leguminosen (Klee, Luzerne) oder Grasfeldern ab. Nachfolgende Kulturen sind durch den Schädling gefährdet.														

<p>Verwendete Prognosemodelle</p>	<p>Prognose: Führen Sie eine Bodenuntersuchung durch, bevor Sie Kartoffeln pflanzen. Für die Bodenuntersuchung können 25 x 25 cm bis 30 cm tiefe Löcher gegraben werden. Die Anzahl der Löcher pro Feld hängt von der Größe des Feldes ab; für Felder bis zu 1 ha werden 5-8 Löcher benötigt; für Felder zwischen 1 und 5 ha werden 8-10 Löcher benötigt. Die gesamte Erde aus jedem Loch sollte untersucht werden. Alle Drahtwürmer sind zu isolieren und zu zählen, und die durchschnittliche Anzahl der Larven pro Loch ist zu berechnen. Später wird der Befall pro m² neu berechnet, indem die durchschnittliche Zahl der Drahtwürmer/Loch mit 16 multipliziert wird. Liegt die durchschnittliche Anzahl über 5 Larven/m², ist mit einem Schaden zu rechnen. Anstelle einer Bodenuntersuchung kann der Befall auch durch das Anlocken von Larven an im Boden vergrabene Saatgatköder ermittelt werden. Vor der Pflanzung von Kartoffeln werden 0,5 kg einer zuvor eingeweichten Mischung aus Mais- und Weizensamen in einem 25 cm tiefen Loch vergraben. Die Samen werden mit einer Schicht Erde und einem Stück schwarzer Plastikfolie bedeckt. Die vergrabenen Samen müssen 10-15 Tage in der Erde verbleiben, danach werden sie auf Drahtwürmer untersucht. Wird eine Larve pro Saatgatköder gefunden, ist das Feld von Drahtwürmern bedroht.</p> <p>Mit Pheromonen können erwachsene Populationen aufgespürt werden. Die wirtschaftliche Schwelle von 500 Käfern pro Falle und Saison wurde jedoch nur für <i>A. brevis</i> festgelegt.</p>
<p>Bekämpfungsstrategien</p>	<p>Wirtspflanzenresistenz: Es gibt keine kommerzielle Kartoffelsorte, die als resistent gegen den Drahtwurm gilt.</p> <p>Vorbeugung: Vermeiden Sie den Anbau von Kartoffeln auf gefährdeten Feldern (Fruchtfolge nach Klee oder Weizen oder wenn der Befall höher ist als zuvor beschrieben). Tiefes Pflügen kann die Zahl der Larven erhöhen, die im Winter von Vögeln gefressen werden.</p> <p>Biotechnische Bekämpfung: Massenfang von adulten Tieren der vorherrschenden Arten durch Pheromone reduziert die Larvenpopulation in den Folgejahren.</p> <p>Biologische Bekämpfung: In Deutschland ist das Produkt Attracap erhältlich. Das formulierte Produkt enthält CO₂, das Drahtwürmer anlockt und den entomophagen Pilz <i>Metharhizium brunneum</i>. In einigen Ländern wurde der Einsatz von entomopathogenen Nematoden erforscht und zeigte gute Wirksamkeit. Allerdings sind Produkte, die entomopathogene Nematoden enthalten, nicht erhältlich.</p> <p>Wirkstoffe mit nachgewiesener Wirksamkeit: Es gibt keine Wirkstoffe, die wirksam sind und gegen Drahtwürmer eingesetzt werden können.</p>

Kartoffelzystenema toden	Phänologische Wachstumsstadien und BBCH-Bestimmungsschlüssel der Kartoffel (nach Hack et al., 1993)													
	00	09	11	20	30	40	50	60	69	72	77	81	87	91

Globodera rostochiensis, G. pallidanimatodes	Schädigendes Stadium des Insekts		Kartoffelzystennematoden sind A2-Quarantäneschädlinge nach EPPO. Juvenile und adulte Nematoden befallen die Kartoffelwurzeln. Neben Kartoffeln befallen sie auch andere Pflanzen aus der Familie der Nachtschattengewächse.									
	Symptome	Ganze Pflanze	In der Regel treten in der Kultur Flecken mit schlechtem Wachstum auf, manchmal mit Verkümmern, Vergilbung, Welken oder Absterben des Laubes. Zu den Auswirkungen des Kartoffelzystennematodenbefalls auf die Pflanze gehören Wasserstress und frühes Altern der Blätter. Die Pflanzen können vorzeitig austrocknen, da sie bei starkem Befall mit Kartoffelzystennematoden anfälliger für Infektionen durch Pilze wie <i>Verticillium</i> spp. sind. Es ist unwahrscheinlich, dass eine stark befallene Pflanze mit ihrem reduzierten Blätterdach eine 100%ige Bodenbedeckung erreicht.									
		Knolle										
	Bedingungen für das Auftreten des Schädlings		Überleben, Vermehrung und Populationsdynamik der Kartoffelzystennematoden können durch Temperatur, Feuchtigkeit, Tageslänge und edaphische Faktoren stark beeinflusst werden. Im Allgemeinen überleben die Kartoffelzystennematoden in jeder Umgebung, in der Kartoffeln angebaut werden können. Für einen vollständigen Lebenszyklus ist ein Zeitraum von 38-48 Tagen (je nach Bodentemperatur) erforderlich. Der jährliche Rückgang der Population in Abwesenheit eines Wirtes schwankt zwischen 18 % in kalten Böden und 50 % in warmen Böden, wobei der durchschnittliche Rückgang bei etwa 30 % liegt - der Populationsrückgang verläuft also nach folgendem Muster: 100-70-50-35-23 usw.									
	Verwendete Prognosemodelle		Erhebungen über die Anzahl und die Verbreitung von Kartoffelzystennematoden sind Voraussetzung für fundierte Entscheidungen über deren Bekämpfung. Die auf einem Feld entnommenen Proben dienen entweder dazu, aus gesetzlichen Gründen zu überprüfen, ob Kartoffelzystennematoden auf dem Feld vorhanden sind oder nicht, oder um das Ausmaß des Befalls zu bestimmen, wozu auch die Feststellung gehören kann, welche Art vorhanden ist.									
Bekämpfungsstrategien		<p>Wirtspflanzenresistenz: Es gibt viele handelsübliche Kartoffelsorten, die eine unterschiedliche Resistenz/Toleranz gegenüber Kartoffelzystennematoden aufweisen.</p> <p>Vorbeugung: (a) Fruchtfolge - Die Fruchtfolge wird häufig genutzt, um die Populationsdichte zu verringern. (b) Überprüfen Sie, ob die Maschinen gründlich sauber und frei von Pflanzenresten sind. (c) Keine Erde auf die Felder zurückbringen, da sich dadurch der Befall mit Kartoffelnematoden ausbreiten kann. (d) Reinigen Sie die Erde von den Kartoffelknollen und lassen Sie die Erde untersuchen, um sicher zu sein, dass die Kartoffelnematoden nicht übertragen werden. (e) Vergewissern Sie sich, dass die Labors,</p>										

die den Boden auf Kartoffelnematoden untersuchen, entsprechend qualifiziert sind und 500 g Boden pro Probe untersuchen. (f) Abwechselnd anfällige und resistente Kartoffelsorten anbauen, um die Möglichkeit der Selektion eines hochvirulenten oder neuen Pathotyps zu verringern.

Mechanische und physikalische Bekämpfungsmethoden: Fallenanbau - Kartoffeln werden angebaut, um die Jungtiere des zweiten Stadiums zum Schlüpfen zu bringen. Diese erhalten ausreichend Zeit, um in die Wurzeln einzudringen und sich zu erwachsenen Jungtieren zu entwickeln. Durch die Überwachung der Bodentemperatur ab dem Zeitpunkt der Pflanzung kann die Befruchtung und die Bildung neuer Eier vermieden werden, indem die Kultur etwa 6 oder sogar 7 Wochen nach der Pflanzung vernichtet wird, bevor sich zu viele Wärmeeinheiten angesammelt haben. Bodensolarisierung - der Boden wird mit zwei Schichten Polyethylen bedeckt, so dass sich der Boden darunter schnell erwärmt. In kühleren Klimazonen und bei einer Bodentiefe von mehr als 10 cm ist die Solarisation weit weniger wirksam.

Biologische Bekämpfung: Nematoden der Art *Steinernema carpocapsae* können von März bis Mai und August bis Oktober eingesetzt werden, wenn die Drahtwürmer in den oberen Bodenschichten aktiv sind. Es sind auch andere Produkte mit nematizider Wirkung auf den Markt gekommen, wie z. B. DiTera, ein Wirkstoff, der aus Fermentationsextrakten des Bakteriums *Myrothecium verrucaria* hergestellt wird. Die meisten anderen potenziellen biologischen Bekämpfungsmittel werden noch getestet oder untersucht, um Probleme mit den Verabreichungssystemen oder Anwendungsmethoden zu lösen. Wahrscheinlich gibt es im Agrarökosystem noch viele andere mutualistische Bakterien- und Pilzendophyten, die die Pflanzengesundheit erheblich verbessern und gleichzeitig für pflanzenparasitische Nematoden schädlich sein könnten. Die drei wichtigsten Pilzparasiten *Pochonia chlamydosporia*, *Fusarium oxysporum* und *Cylindrocarpon destructans* wurden während des gesamten Lebenszyklus der Kartoffelzystenematoden nachgewiesen. Viele Technologien sind erforderlich, um die am besten geeigneten Kandidaten für die Vermarktung zu finden. Mit der Zeit wird eine angemessene Untersuchung der Pflanzenparasiten, ihrer molekularen Eigenschaften und der Art ihres Parasitismus die Möglichkeiten der biologischen Bekämpfung verbessern und neue Wege aufzeigen.

Wirkstoffe mit nachgewiesener Wirksamkeit: Es gibt keine Wirkstoffe, die wirksam gegen Nematoden eingesetzt werden können.



Abbildung 4.1. Adulter Kartoffelkäfer (R. Bažok)



Abbildung 4.2. Larve des Kartoffelkäfers (R. Bažok)



Abbildung 4.3. Drahtwürmer (R. Bažok)



Abbildung 4.4. Kartoffelzystennematoden (©Central Science Laboratory, Harpenden, British Crown, Bugwood.org)

5. Methoden und Werkzeuge zur Krankheitsbekämpfung

Kraut- und Knollenfäule		Phänologische Wachstumsstadien und BBCH-Bestimmungsschlüssel der Kartoffel (nach Hack et al., 1993)																
		00	20	54	56	57	59	60	65	67	69	71	72	74	77	81	87	99
<i>Phytophthora infestans</i>	Symptome	Stamm		Befallene Stammteile färben sich dunkelbraun, bevor sie vom Pilz zerstört werden. Auch hier kann sich ein weißer Pilzrasen bilden.														
		Blatt		Der Blattbrand verursacht Blattflecken, die zunächst gelblich-dunkel und grün bis graubraun sind. Sie sind vom gesunden Gewebe unscharf abgegrenzt, später werden sie braun und trocknen aus. Auf der Unterseite des Blattes befindet sich am Übergang zum noch gesunden Blatt eine weiße Pilzschicht.														
		Knolle		Sind Knollen von der Knollenfäule (auch Braunfäule genannt) betroffen, bilden sich unregelmäßige, graubraune Flecken, die mit fortschreitendem Krankheitsverlauf verhärten und leicht einsinken. Im Inneren der Knolle kommt es zu einer braunen Verfärbung ohne Abgrenzung zum gesunden Gewebe. Häufig werden sie auch von Erregern der Nass- oder Trockenfäule befallen.														
	Bedingungen für das Auftreten der Krankheit		<p>Die Erkrankung einer Kultur geht von befallenen Knollen in Sämlingen aus, in denen der Pilz überwintert. Hohe Luftfeuchtigkeit (mehr als 80 %) und Temperaturen von 8 bis 12 °C begünstigen die Pilzkrankung, über 21 °C entwickelt sie sich nicht weiter. Das Pilzgewebe wächst in den Trieben und tritt durch die Spaltöffnungen an der Blattunterseite aus. Dort werden ungeschlechtliche Fortpflanzungskörper (Sporangien) gebildet, die durch Wind und Regen verbreitet werden. Bei Temperaturen über 15 °C keimen die Sporen direkt, bei niedrigeren Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit setzen sie mehrere mobile Zoosporen frei, die zu einer besonders starken Ausbreitung des Pilzes führen. Eine Krautfäuleepidemie wird durch eine große Anzahl von Generationen und Neuinfektionen innerhalb einer Vegetationsperiode verursacht. Für die sexuelle Vermehrung benötigt der Pilz zwei Arten der Paarung, die inzwischen in fast allen Ländern vorkommen.</p> <p>Die Infektion der Knollen erfolgt in der Regel über eine Schmierinfektion während der Ernte, wenn verletzte Knollen mit infizierter Erde, Maschinenteilen oder Knollen in Berührung kommen. Auch während des Wachstums können starke Regenfälle die Sporen in den Boden spülen und die Knollen infizieren, was die so genannte Knollenfäule verursacht. Ein schnelles Absterben der Pflanzen verringert das Risiko einer Knolleninfektion erheblich, während ein längerer leichter Befall mit Knollenfäule das Risiko erhöht.</p>															
Verwendete Prognosemodelle		<p>Visuelle Inspektionen sollten im späten Frühjahr und im Frühsommer alle paar Tage durchgeführt werden. Vor allem bei nassen/kalten Bedingungen und bei Morgentau.</p> <p>Prognose auf der Grundlage der meteorologischen Bedingungen: Es sind agrarmeteorologische Stationen zur Überwachung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit einzurichten.</p>																

Bekämpfungsstrategien	<p>Maßnahmen zur Vorbeugung des Befalls: Verbesserung der Luftzirkulation zur Verringerung der Luftfeuchtigkeit; Verbesserung der Effizienz der Sprühanwendung und der Sprühverteilung. Gesundheit der Setzlingsknollen, Hygiene bei Ernte und Lagerung, Anfälligkeit der verschiedenen Kartoffelsorten.</p> <p>Direkte Bekämpfungsmaßnahmen: Kupfer-PSM vor dem Regen, wenn infektiöses Wetter zu erwarten ist.</p> <p>Wirkstoffe mit nachgewiesener Aktivität: Pflanzenstärkung durch natürliche Mittel, z.B. Schachtelhalmextrakt.</p>
------------------------------	---

Wurzeltöterkrankheit		Phänologische Wachstumsstadien und BBCH-Bestimmungsschlüssel der Kartoffel (nach Hack et al., 1993)																
		00	20	54	56	57	59	60	65	67	69	71	72	74	77	81	87	99
Rhizoctonia solani	Symptome	Stamm	<p>Ein Teil der Triebe stirbt ab, es kommt zu Verzögerungen beim Austrieb.</p> <p>Befallene Pflanzen bilden weniger Triebe. Bei hoher Luftfeuchtigkeit ist an der Basis des Stängels ein grau-weißer Schimmel zu sehen.</p> <p>Bei starkem Befall können sich in den Blattachseln Luftknollen bilden.</p>															
		Blatt	Die Blätter an der Spitze des Triebes werden oft hellgelb und rollen sich leicht ein (Wipfelrollen).															
		Knolle	<p>An den Knospen der Mutterknolle finden sich dunkelbraune Flecken mit abgestorbenem Gewebe, die oft eingesunken oder eingeschnürt sind. Befallene Pflanzen bilden viele kleine oder wenige große missgebildete Knollen (Einschnürungen und Ähnliches). Auf den Knollen befinden sich braun-schwarze Kartoffelpocken, die von der Schale abgeschabt werden können.</p> <p>"Dry core"-Symptome an den Knollen: Auf der Schale bilden sich runde, leicht eingesunkene bräunliche Flecken. Sie sind scharf abgegrenzt und das darunter liegende Gewebe ist bis zu einem Zentimeter tief zerstört. Das abgestorbene Gewebe kann aus der Mitte herausfallen, wobei die Schale um das entstandene Loch herum bestehen bleibt.</p>															
	Bedingungen für das Auftreten der Krankheit		<p>Die Bedingungen für die Keimung der Sklerotien entsprechen in etwa denen für die Keimung von Kartoffelknollen. Bei ausreichender Feuchtigkeit wachsen aus den Sklerotien Pilzfäden. Der Pilz kann in intakte, nicht grüne Triebe eindringen und ist nicht auf Verletzungen angewiesen; grüne Triebe sind resistent. Mit zunehmender Reife der Kartoffelpflanze steigt das Risiko einer Knolleninfektion. Der Pilz kann mehrere Jahre lang auf Pflanzenresten überleben. <i>R. solani</i> kann auf Knollen durch die Bildung von Kartoffelpocken, welche die Dauerformen (Sklerotien) des Pilzgewebes darstellen, mehrere Jahre überleben.</p>															

	Verwendete Prognosemodelle	Erkundigen Sie sich bei Ihrem Setzlingslieferanten, prüfen Sie die nationalen Richtlinien bezüglich der maximal zulässigen Fläche für Kartoffelpocken.
	Bekämpfungsstrategien	Vorbeugung: Gesunde Sämlingsknollen, Fruchtfolge gegen bodenbürtige Infektionen; Hygiene bei Ernte und Lagerung. Wirkstoffe mit nachgewiesener Wirksamkeit: Behandlung der Sämlinge mit <i>Trichoderma</i> spp. oder <i>Bacillus</i> sp.

Dürrefleckenkrankheit			Phänologische Wachstumsstadien und BBCH-Bestimmungsschlüssel der Kartoffel (nach Hack et al., 1993)															
			00	20	54	56	57	59	60	65	67	69	71	72	74	77	81	87
Alternaria solani	Symptome	Stamm		Flecken können auch am Stängel auftreten (siehe Symptome an den Blättern)														
		Blatt		Gegen Juni werden braune Flecken unterschiedlicher Größe, die so genannten Trockenflecken, sichtbar, vorzugsweise auf den älteren Blättern. In ihnen bilden sich oft schwarze, konzentrische Ringe. Bei stärkerem Befall können die Blätter absterben.														
		Knolle		Auf der Kartoffelknolle bilden sich deutlich eingesunkene Flecken mit wulstigen Rändern. Sie setzen sich in das Knollengewebe fort, das faulig und schwarz wird, der Übergang zum gesunden Gewebe ist scharf abgegrenzt. Diese Hartfäule tritt meist während der Lagerung auf. Die Symptome von <i>Phytophthora infestans</i> sind sehr ähnlich, aber die Flecken sind weniger deutlich vom gesunden Gewebe abgegrenzt und weisen keine Ringe auf.														
	Bedingungen für das Auftreten der Krankheit		Der bodenbürtige Pilz überlebt auf abgestorbenen Kartoffelblättern und auf infizierten Knollen im Boden. Von dort aus kann er über Sporen Kartoffelblätter infizieren, wo sich Konidien auf Blattflecken bilden und den Pilz weiter verbreiten. Regen nach einer Trockenperiode und hohe Temperaturen (26 °C) führen zu einer starken Keimung des Pilzes. Die Sporen sind lange keimfähig und werden durch den Wind über weite Strecken verbreitet.															
	Bekämpfungsstrategien		Vorbeugung: Überprüfung des Gesundheitszustands der Setzlinge; Verbesserung der Luftzirkulation zur Verringerung der Feuchtigkeit; Verbesserung der Effizienz der Spritzung und der Spritzverteilung; Gesundheit der Setzlinge; Hygiene bei der Ernte und Lagerung; Anfälligkeit der verschiedenen Kartoffelsorten.															

		Wirkstoffe mit nachgewiesener Wirksamkeit: Die Verwendung von Kupferhydroxid-PSM gegen <i>Phytophthora</i> hat auch eine Wirkung auf <i>Alternaria</i> .
--	--	---

Schwarzbeinigkeit			Phänologische Wachstumsstadien und BBCH-Bestimmungsschlüssel der Kartoffel (nach Hack et al., 1993)														
			00	20	54	56	57	59	60	65	67	69	71	72	74	77	81
<i>Erwinia atroseptica/ carotovora</i>	Symptome	Stamm	Fehlende und geschwächte Pflanzen mit wenigen Trieben weisen auf eine mögliche Schädigung der Mutterknollen durch Erwinia-Bakterien hin. Beschädigte Triebe können während der gesamten Wachstumsperiode gefunden werden. Breitet sich die Fäulnis von den Knollen auf die Stängel aus, entsteht die Schwarzbeinigkeit: Der Stängelgrund wird weich und verdunkelt sich, die Blätter der infizierten Triebe rollen sich aufgrund von Wassermangel ein.														
		Blatt	Das Laub verfärbt sich hell- bis gelbgrün und die Pflanze verwelkt.														
		Knolle	Die Knollenfäule tritt auf dem Feld und im Lager auf. Das Innere der Kartoffelknolle verfault zu Brei, der sich verflüssigt und austritt, wenn die Knolle leicht gedrückt wird. An der Luft verfärbt es sich rötlich bis schwarz-braun. Typisch ist ein muffiger Geruch.														
	Bedingungen für das Auftreten der Krankheit		Die Krankheit wird durch Bakterien verursacht, die von den Sämlingen über Bodenwasser und Wind verbreitet werden. Sie überleben in asymptomatischen, infizierten Pflanzenknollen und wandern mit dem Saftstrom in junge Triebe und neu gebildete Tochterknollen. Eine weitere Möglichkeit der Verbreitung ist die Infektion von Pflanze zu Pflanze durch Bodenwasser. Die Erreger dringen dann über Verletzungen oder andere Öffnungen in die Knolle ein. Es besteht auch die Möglichkeit einer Infektion über den Wind. Bei der Lagerung werden die Bakterien durch infizierten Knollenbrei auf gesunde Knollen übertragen. Auch infizierte Ernte- und Sortierwerkzeuge können die Infektion verbreiten.														
Bekämpfungsstrategien		Vorbeugung: Gesundheit der Setzlingsknollen; Hygiene bei Ernte und Lagerung; Anfälligkeit verschiedener Kartoffelsorten; unter guten Lagerbedingungen sind unverletzte Knollen tolerant gegenüber den Krankheitserregern Wirkstoffe mit nachgewiesener Wirksamkeit: Keimlingsbehandlung mit Kupferhydroxid PSM.															



Abbildung 5.1. Kraut- und Knollenfäule (©Gerald Holmes, Strawberry Center, Cal Poly San Luis Obispo, Bugwood.org)



Abbildung 5.2. Wurzel- und Knollenfäule (©Gerald Holmes, Strawberry Center, Cal Poly San Luis Obispo, Bugwood.org)



Abbildung 5.3. Dürrefleckenkrankheit (©Sandra Jensen, Cornell University, Bugwood.org)



Abbildung 5.4. Schwarzbeinigkeit (D. Ivić)

6. Methoden und Werkzeuge der Unkrautbekämpfung

	Wissenschaftlicher Name	Trivialname
Einjährige Unkräuter	<i>Amaranthus</i> sp.	Fuchsschwanz, Amaranth
	<i>Brassica</i> sp.	Senf, Rüben
	<i>Chenopodium</i> sp.	Weißer Gänsefuß, Weiß-Gänsefuß, Melde, Ackermelde
	<i>Cuscuta europaea</i>	Nessel-Seide, Europäische Seide, Hopfen-Seide
	<i>Datura stramonium</i>	Gemeiner Stechapfel, Weißer Stechapfel
	<i>Helianthus annuus</i>	Sonnenblumen - falls im Vorjahr angebaut
	<i>Panicum capillare</i>	Haarästige Rispenhirse, Haarstiel-Hirse
	<i>Poa annua</i>	Einjähriges Rispengras
	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Acker-Rettich, Wilder Rettich, Hederich
	<i>Setaria</i> sp.	Borstenhirse
Ausdauernde Unkräuter	<i>Cirsium arvense</i>	Acker-Kratzdistel, Ackerdistel
	<i>Cynodon dactylon</i>	Hundszahngras, Bermudagrass
	<i>Cyperus</i> sp.	Zyperngras, Nussgras
	<i>Elymus repens</i>	Kriech-Quecke, Gemeine Quecke, Gewöhnliche Quecke, Quecke
	<i>Polygonum arenastrum</i>	Trittrassen-Vogelknöterich, Niederliegender Knöterich, Mattengras, Ovalblatt-Knöterich, Steingras, Drahtgras, Türkraut
	<i>Sorghum halepense</i>	Aleppo-Hirse, Mohrenhirse, Aleppo-Mohrenhirse, Johnsongrass

- ✓ In der Fruchtfolge sollten Kartoffeln als erste nach Gras oder Leguminosen angebaut werden (eventuell auch Getreide, aber keine anderen Hackfrüchte), da sie eine hohe Nährstoffdichte im Boden benötigen. Um Schädlings- und Krankheitsprobleme zu vermeiden, sollten Kartoffeln nicht länger als 1 Jahr in 4 Jahren angebaut werden. Der Zeitpunkt der Pflanzung und die Breite der Reihen hängen von der Art des Anbaus ab (Früh-, Mittelfrüh-, Hauptfrucht). Kartoffeln gelten als Reinigungskultur für Unkraut und werden oft vor oder nach unkrautanfälligen Kulturen angebaut.
- ✓ Um ein schollenfreies Saatbett vorzubereiten, wird ein tiefes Pflügen mindestens 6 Wochen vor der Aussaat empfohlen. Danach sollte mit der Egge bearbeitet werden.
- ✓ Die übliche Anbaupraxis besteht darin, den Boden kurz nach der Aussaat zu walzen und die Dämme sich setzen zu lassen. Die Unkrautbekämpfung erfolgt dann zehn Tage nach der Aussaat. Bioproduzenten kultivieren den Boden zwei- oder dreimal nach der Pflanzung, um das Unkraut zu bekämpfen, und häufeln den Boden erst dann an, wenn die Unkrautbekämpfung abgeschlossen ist. Einjährige Unkräuter müssen bereits im Keimlingsstadium bekämpft werden.
- ✓ Die thermische Unkrautbekämpfung kann auch zur Bekämpfung von Unkraut im Keimlingsstadium vor dem Auflaufen der Pflanze eingesetzt werden. Nach dem Auflaufen der Pflanzen werden die Reihen zwischen den Dämmen gegrubbert und bei Bedarf nachgedüngt.
- ✓ Das Abflammen hat sich als hochwirksame Unkrautbekämpfungsmethode erwiesen, die jedoch ein genaues Timing erfordert, um sicherzustellen, dass keine Schäden an der Kultur entstehen.
- ✓ **Die Unkrautbekämpfung ist im Keimblattstadium der Unkräuter am wirksamsten, und die Kartoffeln erholen sich von frühen Blattschäden durch eine dieser Unkrautbekämpfungsmethoden, solange die Unkrautkonkurrenz wirksam beseitigt wird.**

- ✓ Mulch aus Papier, Kunststoff und anderen Materialien bietet eine gute Unkrautbekämpfung, ist aber nur in hochwertigen Frühkartoffelkulturen wirtschaftlich.
- ✓ **Die Ausbringung von Gründüngungsmaterial aus Senf und Raps kann zu einer Unkrautunterdrückung führen, da beim Abbau des Mulchs allelochemische Stoffe freigesetzt werden.**

- ✓ Deckfrüchte tragen dazu bei, die organische Substanz des Bodens zu erhalten, die Bodenbeschaffenheit zu verbessern, Erosion zu verhindern und das Nährstoffmanagement zu unterstützen. Sie können auch zur Unkrautbekämpfung beitragen, die Wasserinfiltration verbessern, die Populationen von Nutzpilzen erhalten oder erhöhen und bei der Bekämpfung von Insekten, Krankheiten und Nematoden helfen.
- ✓ Leguminosen sind die beste Wahl, wenn es darum geht, den verfügbaren Stickstoff im Boden für Kulturen mit hohem Stickstoffbedarf wie Kartoffeln zu erhöhen. Überwachen Sie das Auftreten und den Schweregrad von Wurzelkrankheiten, die durch Pilzerreger (Rhizoctonia, Pythium) und Nematoden (Läsion, Wurzelknot) verursacht werden, da Leguminosen gute Wirte sind und diese Erreger, falls vorhanden, vermehren.
- ✓ **Bestimmte Deckfrüchte, die als Gründüngung in den Boden eingearbeitet und von Mikroben abgebaut werden, setzen flüchtige Chemikalien frei, die nachweislich Unkraut, Krankheitserreger und Nematoden hemmen. Zu diesen biofumigierenden Deckfrüchten gehören Sudangras, Sorghum-Sudangras und viele Arten der Brassica-Familie.**

Wirkstoffe mit nachgewiesener Wirksamkeit	keine
--	-------



Abbildung 6.1. Wilder Rettich (*Raphanus raphanistrum*)
(©Mourad Louadfel, Retired, Bugwood.org)



Abbildung 6.2. Haarästige Rispenhirse (*Panicum capillare*)
(©Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org)



Abbildung 6.3. Gemeine Quecke (*Elymus repens*)
(©Steve Dewey, Utah State University, Bugwood.org)



Abbildung 6.4. Nessel-Seide (*Cuscuta* sp.)
(©Terry Spivey, USDA Forest Service, Bugwood.org)



Abbildung 6.5. Grüne Borstenhirse (*Setaria viridis*)
(©Howard F. Schwartz, Colorado State University, Bugwood.org)



Abbildung 6.6. Senf (*Brassica* sp.)
(©Karan A. Rawlins, University of Georgia, Bugwood.org)

7. Referenzliste

Bažok, R. (2013). Krumpirova zlatiča- *Leptinotarsa decemlineata* Say. Glasilo biljne zaštite XIII(4):282-288.

Čačija, M., Bažok, R., Kolenc, M., Bujas, T., Drmić, Z., Kadoić Balaško, M. (2021). Field Efficacy of *Steinernema* sp. (Rhabditida: Steinernematidae) on the Colorado Potato Beetle Overwintering Generation. *Plants* 10(7):1464

Garden Organic. 2006. Weed Management in Organic Potatoes. Available online, URL:

<https://www.agricology.co.uk/sites/default/files/Weed%20management%20in%20organic%20potatoes.pdf>. (Zugriff am 15.5.2022)

Goldel, B., Lemić, D. Bažok, R. (2020): Alternatives to Synthetic Insecticides in the Control of the Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) and Their Environmental Benefits. *Agriculture*, 10(12), 611; <https://doi.org/10.3390/agriculture10120611>

Hack, H., H. Gall, T. Klemke, R. Klose, U. Meier, Stauss, R., Witzemberger, A. 1993. The BBCH-scale for phenological growth stages of potato (*Solanum tuberosum* L.). Proceedings of the 12th Annual Congress of the European Association for Potato Research Paris, 153-154.

Seaman, A. 2016. Production Guide for Organic Potato. Publisher: New York State Integrated Pest Management Program, Cornell University (New York State Agricultural Experiment Station, Geneva, NY). 98 pages.

Top Crop Manager. 2007. Organic options for weed control. Techniques for organic potato production offer possibilities for all growers. Available online, URL: <https://www.topcropmanager.com/organic-options-for-weed-control-735/>. (Zugriff am 15.5.2022)

Dürrfleckenkrankheit und Hartfäule: *Alternaria solani* (Sorauer), und *A. alternata* (Fr.), Abteilung Schlauchpilze. Online verfügbar, URL:

<https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/grundlagen-pflanzenbau/pflanzenschutz/schaderreger/schadorganismen-im-ackerbau/duerrfleckenkrankheit-alternaria-solani/> (Zugriff am 15.2. 2022)

Krautfäule und Knollenfäule der Kartoffel Synonym Braunfäule (an Kartoffelknolle oder Tomate), *Phytophthora infestans* (Mont.). Online verfügbar, URL:

<https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/grundlagen-pflanzenbau/pflanzenschutz/schaderreger/schadorganismen-im-ackerbau/krautfaeule-und-knollenfaeule-phytophthora-infestans> (Zugriff am 15.2. 2022)

Nassfäule und Schwarzbeinigkeit. Online verfügbar, URL: <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/grundlagen-pflanzenbau/pflanzenschutz/schaderreger/schadorganismen-im-ackerbau/nassfaeule-und-schwarzbeinigkeit-erwinia-carotovora>

(Zugriff am 15.2. 2022)

Wurzeltöterkrankheit. Online verfügbar, URL: <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/grundlagen-pflanzenbau/pflanzenschutz/schaderreger/schadorganismen-im-ackerbau/wurzeltoterkrankheit-weisshosigkeit-kartoffelpocken-spaete-ruebenfaeule-rhizoctonia-solani>

(Zugriff am 15.2. 2022)