

Motivation und Konzept zur boden- und luftgestützten Detektion von Virosen in der Pflanzgutproduktion von Stärkekartoffeln

Julius Kirfel¹, Stefan Hinck¹, Juliane Renner², Arshnoor Singh³, Peter Steinbach⁴ und Arno Ruckelshausen¹

Abstract: Durch Kartoffelviren kommt es zu erheblichen Ertragsverlusten in der Produktion sowie zu Qualitätseinbußen in der Züchtung und Vermehrung von Kartoffeln. Die frühzeitige Bereinigung von befallenen Vermehrungsbeständen hat sich als effektivste Maßnahme zur Vermeidung von Virusbefall bewährt. Die manuelle Selektion von Viren im Feldbestand ist mit hohem personellen Aufwand verbunden. Da erkrankte Pflanzen nicht immer eindeutige, selektierbare Symptome zeigen, lassen sich nicht alle virenbefallenen Pflanzen in Feldbeständen selektieren. Durch den Technologiefortschritt im Bereich der bildgebenden Sensortechnik zeigen sich neue Ansätze für die Detektion von viruskranken Pflanzen in Feldbeständen. Moderne Sensoren bieten die Möglichkeit, georeferenzierte und hochauflösende Informationen zum Virusbefall zu gewinnen. Die Sensoren können dabei boden- bzw. luftgestützt eingesetzt werden.

Keywords: Kartoffel-Virus-Detektion, hyperspektrale Bildgebung, Multi-wavelength laser line profiling (MWLP) System, mobile Sensorsysteme, Sensorfusion

1 Einleitung

Kartoffelviren führen jährlich zu erheblichen Ertragsverlusten in der Produktion sowie zu Qualitätseinbußen in der Züchtung und Vermehrung von Kartoffeln. Ein nicht erkannter Virusbefall wird aufgrund der vegetativen Vermehrung an die nächste Vermehrungsstufe bzw. Pflanzengeneration weitergegeben (Sekundärinfektion). Eine weitere Infektionsquelle stellen Blattläuse (Vektoren) dar. So können bereits infizierte Blattläuse die Viren in einen gesunden Feldbestand einbringen oder die Erreger von erkrankten Kartoffelpflanzen auf gesunde Pflanzen übertragen (Primärinfektion). Die effektivste Maßnahme zur Vermeidung von Virusbefall in der Pflanzkartoffelvermehrung ist daher die frühzeitige Bereinigung von befallenen Pflanzen in Vermehrungsbeständen. Dabei werden die erkrankten Pflanzen, als potenzielle Infektionsquelle, aus dem Feldbestand entfernt. Zur Wahrung der Qualität und Pflanzgutgesundheit werden amtliche Kontrollen bei Pflanzkartoffeln durchgeführt. Im ersten Schritt finden wiederholt

¹ Hochschule Osnabrück, Competence Center of Applied Agricultural Engineering COALA, 49076 Osnabrück, julius.kirfel@hs-osnabrueck.de, s.hinck@hs-osnabrueck.de, a.ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

² Böhm-Nordkartoffel Agrarproduktion GmbH & Co. OHG, 84085 Langquaid, jrenner@bna-kartoffel.de

³ Chitkara University, Punjab, Indien, arshnoorsingh97@gmail.com

⁴ Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei (LALLF) Mecklenburg-Vorpommern, 18276 Gülzow, Peter.Steinbach@lallf.mvnet.de

Feldbestandprüfungen statt. Die Selektion von Viren im Feldbestand ist mit hohem personellen Aufwand verbunden und verlangt erfahrende und geschulte Selekteure. Dabei lassen sich nicht alle virenbefallenen Pflanzen in Feldbeständen erkennen und selektieren, da erkrankte Pflanzen nicht immer eindeutige, selektierbare Symptome zeigen. Der Virusbefall kann in diesem Fall erst nach der Knollenentnahme durch eine Laborprüfung erkannt werden. Aus diesem Grund sind hohe Ertragsverluste durch Virusbefall die Folge, z. B. bis zu 50 % durch Kartoffel M-Virus (PVM) oder bis zu 90 % Kartoffel-Blattrollvirus (PLRV) [TS18]. Durch den Technologiefortschritt im Bereich der bildgebenden Sensortechnik zeigen sich neue Ansätze für die automatisierte Erfassung von viruskranken Pflanzen in Feldbeständen.

2 Material und Methoden

2.1 Anerkennungsprozess von Pflanzgut

Die Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. zeigt das in Deutschland anerkannte Verfahren zur Pflanzkartoffelanerkennung.

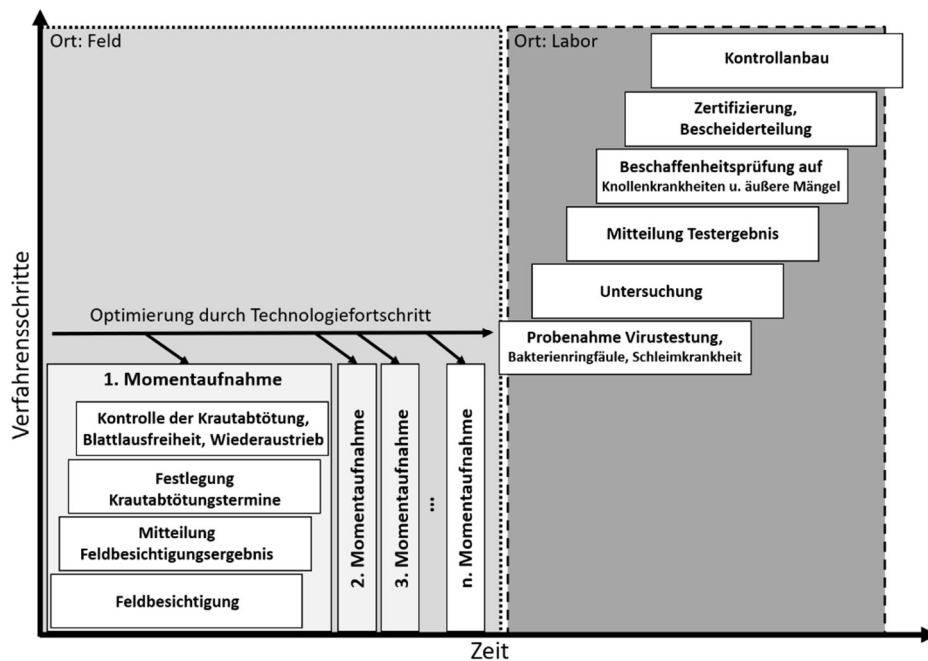


Abb. 1: Verfahren der Pflanzkartoffelanerkennung in Deutschland; Optimierungspotenzial durch Technologiefortschritt; nach [Th18]

Die Anerkennung von Pflanzgut ist ein sequenzieller Prozess, der sich grob in zwei Phasen untergliedert. Die erste Phase des Anerkennungsprozesses ist die Begehung und Begutachtung des Feldbestandes. Diese Feldbesichtigungen werden von amtlich verpflichteten Feldinspektoren durchgeführt. Im Anerkennungsprozess sind mindestens zwei Feldbesichtigungen vorgesehen. In Mecklenburg-Vorpommern sind drei Besichtigungen üblich: zum Zeitpunkt des Längenwachstums, zu Blühbeginn und Blühende. Die zweite Phase ist die Prüfung einer repräsentativen Knollenprobe im Labor. Möglich sind hier Testungen mittels ELISA-Test oder PCR-Test. Erst nach der bestandenen Laborprüfung ist das Pflanzgut zertifizierbar. [Th18]

2.2 Motivation und Konzept

Das aktuelle Vorgehen im Anerkennungsprozess kann durch Technologieeinsatz optimiert werden. Die Digitalisierung schafft wichtige Voraussetzungen für eine Automatisierung von Prozessabläufen. Die Feldbegehungen liefern nur zu den festgelegten Zeitpunkten und unter hohem Personalbedarf eine Momentaufnahme. Es kann vorkommen, dass Flächen, auf denen bereits vermeintlich erfolgreich selektiert wurde, die abschließende Laborprüfung nicht bestehen, da nach der Begehung Vektoren wieder Viren in den Bestand eingeflogen haben. Ein Sensorsystem ermöglicht eine Transformation von der subjektiven, personenabhängigen Bonitur zu einem objektiven Messverfahren. So wird eine kontinuierliche und automatisierbare Überwachung der Feldbestände ggf. mit einem selektiven Aktorsystem zur direkten Entnahme der erkrankten Pflanzen möglich werden. Der hohe personelle Aufwand kann dadurch reduziert werden. Pflanzen mit asymptomatischem Krankheitsverlauf sind bis dato nicht selektierbar und können erst durch eine Laborprüfung erkannt werden. Durch den Sensoreinsatz ergeben sich neue Potenziale für eine Erkennung vor der Laborprüfung. Kann ein Virusbefall in einem sehr frühen Stadium auf dem Feld erkannt werden, können die kranken Pflanzen rechtzeitig entfernt werden. Die Infektionsausbreitung durch Vektoren wird deutlich reduziert. Durch das kontinuierliche Monitoring der Pflanzen sind beispielsweise kurzfristige Kontrollen bei Blattlaus-Warnungen möglich. Des Weiteren steigt die Wahrscheinlichkeit der Anerkennung durch Prüfstellen, weil die Anzahl an viruskranken Pflanzen bereits vor der amtlichen Probenentnahme deutlich reduziert werden kann. Es steigen ebenfalls die Chancen, auch Pflanzen mit schwachen Symptomen zu detektieren. Perspektivisch ist durch den Technologiefortschritt eine direkte Zertifizierung von Pflanzgut auf dem Feld denkbar.

Moderne Sensoren sollen in diesem Forschungsprojekt boden- bzw. luftgestützt eingesetzt werden und zukünftig georeferenzierte und hochauflösende Informationen zum Virusbefall liefern. Für robuste, feldbasierte Prozesse müssen diese Sensorsysteme in der Lage sein, die variablen Pflanz- und Feldbedingungen sowie die auftretenden Störgrößen zu kompensieren. Um die Komplexität der feldbasierten Detektion zu reduzieren, finden die Feldversuche auf Versuchsflächen des Landesamtes für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei (LALLF) in Mecklenburg-Vorpommern statt. In dem in Deutschland einzigartigen Virusschaugarten werden alle sechs in Europa wichtigen Kartoffelviren (A-, BR-, M-, S-, X- und Y-Virus) an verschiedenen

Kartoffelsorten gezeigt. Es werden definiert gesunde und kranke Pflanzen angebaut, so wird eine Erfassung der Sorten- und Virusvarianz ermöglicht. Alle Pflanzen werden im Labor auf Viruserkrankungen getestet und die Datenaufnahme von definiertem Material sichergestellt. Die Kartoffeln wachsen aus infizierten Knollen (Sekundärinfektionen) und wurden so ausgewählt, dass sich die Virussymptome optimal an den Pflanzenteilen zeigen. Nach der Erfassung von Sorten- und Virusvarianz ist der nächste Schritt die Auswahl geeigneter Sensorik und der Bau eines Trägerfahrzeugs für feldbasierte Messungen. Sensorik und Trägersystem müssen in der Lage sein, eine Detektion über die gesamte Wachstumsperiode zu ermöglichen. Dabei müssen schwach- bzw. asymptomatische Pflanzen als „viruskrank“ identifiziert sein. Die auftretenden Störgrößen müssen erkennbar und kompensierbar sein. Deshalb müssen die notwendigen Algorithmen stetig weiterentwickelt und die Datenaufnahme hinsichtlich der Störgrößenkompensation verbessert werden.

3 Erste Ergebnisse

Erste Voruntersuchungen wurden in der Pflanzsaison 2020 auf den Versuchsflächen des LALLF Ende Mai und Anfang Juni durchgeführt. Die unterschiedlichen Sorten mit den verschiedenen Virusarten wurden mit Punktspektrometern vermessen. Dazu wurden Blätter von den Pflanzen entnommen und untersucht. Gemessen wurde mit einem Spektrometer von StellarNet (220nm bis 1100nm) und mit einem Spektrometer von Tec5 (895nm bis 2210nm). Als Weißreferenz wurde Spectralon® verwendet.

3.1 Erste Auswertung der Voruntersuchungen

Erste Ergebnisse zur Sortenvarianz bei gesunden Pflanzen der Kartoffelsorten Christel, Linda und Westamyl sind in Abb. 2 dargestellt.

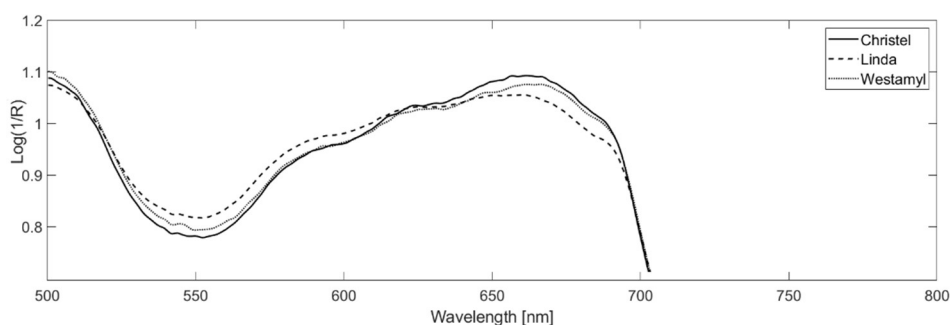


Abb. 2: Sortenvarianz bei gesunden Pflanzen der Kartoffelsorten: Christel, Linda und Westamyl, Spektraldatenkorrektur: multiplicative scatter correction (msc)

Die ersten Auswertungen zeigen eine ausgeprägte Sortenvarianz von gesunden Pflanzen. Für eine sichere Viren-Detektion unter Feldbedingungen ist nach aktuellem Kenntnisstand eine Unterscheidung zwischen den einzelnen Kartoffelsorten notwendig. Die Abb. 3 zeigt die Auswirkungen einer Virusinfektion auf die spektrale Signatur.

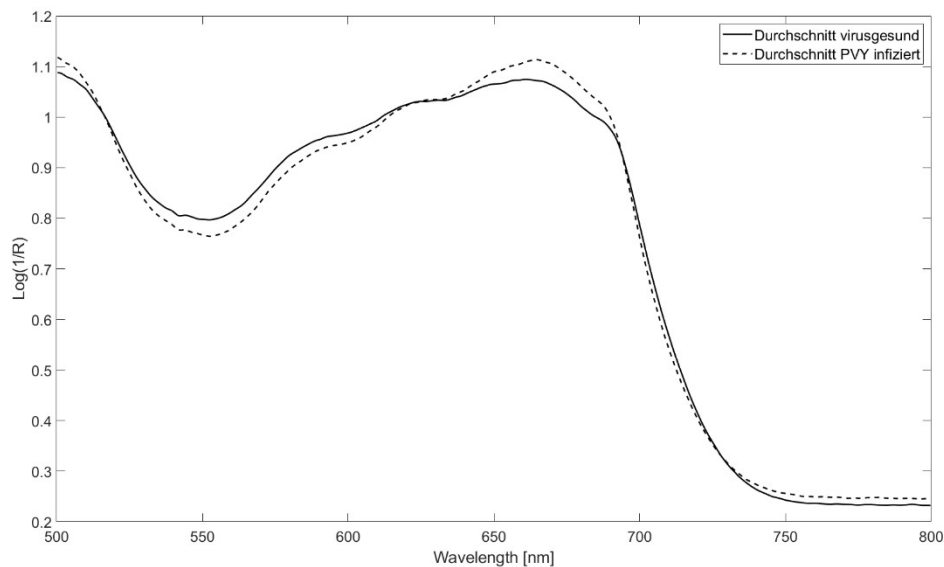


Abb. 3: Auswirkung des Y-Virus auf die spektrale Signatur, Durchschnitt über drei Sorten, Spektraldatenkorrektur: multiplicative scatter correction (msc)

Um die Auswirkungen einer Viruserkrankung auf die spektrale Signatur vereinfacht darzustellen, wurden für die Spektren von den drei gezeigten Kartoffelsorten jeweils für virusgesunde und viruskranke Pflanzen ein Durchschnittsspektrum berechnet. Am Beispiel des Y-Virus zeigen sich deutliche Veränderungen der spektralen Signatur.

3.2 Auswahl der Sensorik und weiteres Vorgehen

Auf Basis der ersten Ergebnisse wurden Sensoren für die Pflanzsaison 2021 ausgewählt. Zum Einsatz kommen werden das an der Hochschule Osnabrück entwickelte Multi-wavelength laser line profiling (MWLP) System [Sc19], welches Spektral und 3D-Informationen kombiniert und eine Photonfocus snapshot mosaic Hyperspektralkamera. Anders als beispielsweise bei [Po19] werden keine linienbasierten Hyperspektralkameras eingesetzt. Eine mobile Sensorplattform für die bodengestützte Messung ist fertiggestellt. Die snapshot mosaic Kamera wird ebenfalls mit Hilfe einer Drohne eingesetzt.

4 Diskussion

Ein Sensorsystem zur Detektion von Kartoffelviren in Feldbeständen bietet die Möglichkeit, die Varianz und Subjektivität einer personengebundenen Bonitur durch ein objektives Messverfahren zu ersetzen. Damit wird die Basis für die Automatisierung der Feldprozesse geschaffen. Die ersten Voruntersuchungen zeigen, wie auch von [Kr17] und [Co19] berichtet, sorten- und virusabhängige Veränderungen in der spektralen Signatur der Kartoffelpflanzen. Gerade im Wellenlängenbereich von 500-900nm zeigen sich deutliche Veränderungen der spektralen Signatur der Pflanzen. Die ersten Ergebnisse bestätigen die Angaben von [Kr17] und [Co19].

Generell haben Veränderungen im Blattgewebe, z. B. Farbe, Struktur, Wassergehalt oder auch Pflanzenstress, einen Einfluss auf die spektrale Signatur. Da alle Blattproben auf dem gleichen Feld in unmittelbarer Nachbarschaft und taggleich entnommen wurden, sind mögliche Störeinflüsse an allen Pflanzen gleichermaßen vorhanden. Das Potenzial einer optischen, schnellen und zerstörungsfreien Methode zur sensorbasierten Erkennung von Kartoffelviren ist gegeben und wird ebenfalls von [Co19] beschrieben.

Danksagung: Das dreijährige Projekt „Einsatz boden- und luftgestützter Sensorverfahren zur Detektion von Virose in der Pflanzgutproduktion von Stärkekartoffeln“ wird durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages über den Projektträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) sowie der Gesellschaft für Pflanzeninnovation e.V. (GFPi) und ihren Partnern gefördert. Dem Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern danken wir für die Bereitstellung der Versuchsflächen und für die Betreuung der Feldmessungen vor Ort.

Literaturverzeichnis

- [Co19] Cobra, M.; Farshid, H.; Esmail, N. A.; Fatemeh, K.: Potential of spectroscopy for differentiation between PVY infected and healthy potato plants *Journal of Crop Prozection* 8/2019, 143-151,2019.
- [Kr18] Krezhova, D.; Velichkova, K.; Petrov, N.; Maneva, S.: The effect of plant diseases on hyperspectral leaf reflectance and biophysical parameters. In (RAD Association) *RAD Conference Proceedings* vol. 2, 269-285, 2017.
- [Po19] Polder, G.; Blok, P. M.; de Villiers, H. A. C.; van der Wolf, J. M.; Kamp, J.: Potato Virus Y Detection in Seed Potatoes Using Deep Learning on Hyperspectral Images. *Frontiers in Plant Science* 10/2019, 2019.
- [Sc19] Scholz, C., Igelbrink, M., Strothmann, W., Ruckelshausen, A.: „Multi-wavelength laser line profiling (MWLP) System zur feldbasierten Bestimmung von 3D Strukturen, spektralen Eigenschaften und Wachstumsparametern von Pflanzen“, *Bornimer Agrartechnische Berichte*, Heft 102, 2019, S. 127-135, ISSN 0947-7314.
- [TS18] Thiel, W.; Steinbach, P.: Selektion in Pflanzkartoffeln – Erkennen und Bereinigen von Fremdbesatz und vermehrungsrelevanten Krankheiten, *Agrimedia*, Clenze, 2018.