

1 Anwendung multispektraler Drohnenfernerkundung in der Pflanzenzüchtung 2 zur Erkennung der Cercospora-Blattfleckenkrankheit

3 Autoren: Abel Barreto– Facundo Ispizua – Stefan Paulus – Anne-Katrin Mahlein

4 Institut für Zuckerrübenforschung, Holtenser Landstrasse 77, 37079 Göttingen

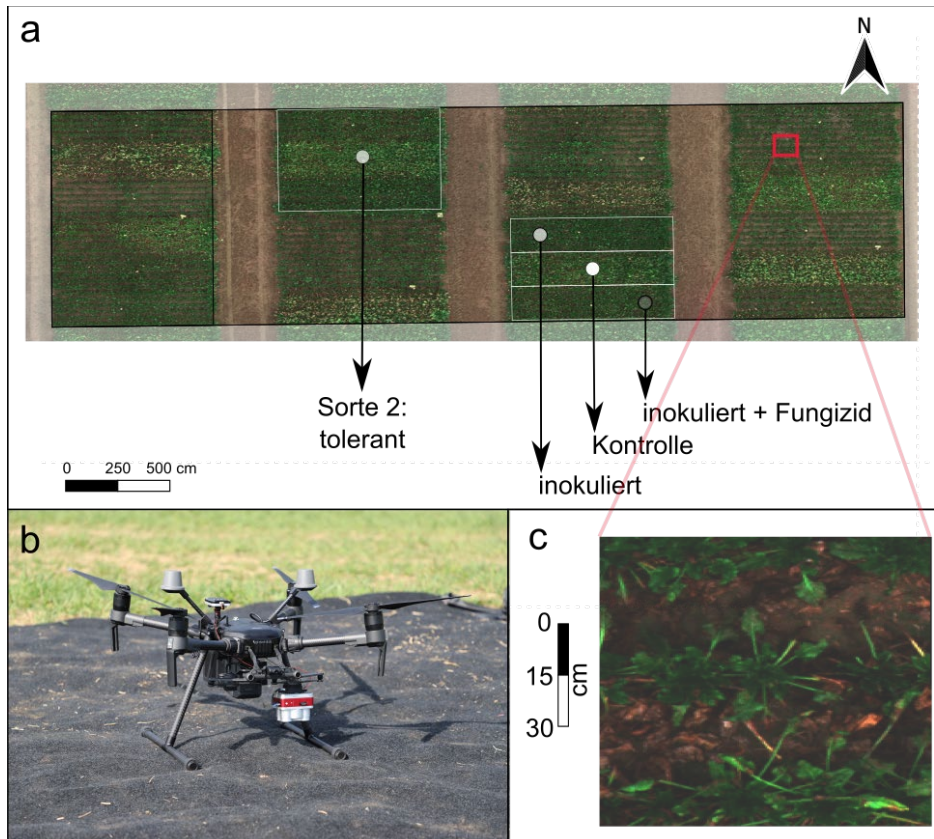
5 1. Einleitung

6 Die Digitalisierung der Landwirtschaft birgt enormes Potenzial für den Zuckerrübenanbau. Ein
7 besonders wichtiger Bereich ist die Erkennung und Analyse von Pflanzenkrankheiten. Die
8 Cercospora-Blattfleckenkrankheit, die durch den Erreger *Cercospora beticola* Sacc.
9 verursacht wird, ist eine der weltweit bedeutendsten und schädlichsten Blattkrankheiten der
10 Zuckerrübe. Um negative Auswirkungen auf den Ertrag zu verhindern, werden neue
11 Zuckerrübensorten mit Toleranz oder Resistenz landesweit in Sortenversuchen auf ihre
12 wertbestimmenden Eigenschaften getestet. Erfahrene Experten bestimmen in diesen
13 Versuchen die Anfälligkeit der Sorten durch eine visuelle Bonitur mittels zweier Parameter:
14 Befallsstärke und Befallshäufigkeit. Eine Automatisierung dieses Vorgangs mittels Robotik
15 und Sensortechnologien ist wünschenswert, bedarf aber noch Forschung und Entwicklung.
16 Dieser Fragestellung widmet sich das Projekt „Sensing of plant diseases by hyperspectral
17 imaging and UAVs“, das von der wissenschaftlichen Organisation „Coordination Beet
18 Reseach International“ (COBRI) unterstützt wird.

19 2. Drohnentechnik – Anwendung multispektraler Bilder zum Monitoring der 20 Sortenversuche

21 Im Jahr 2019 wurden eine tolerante und eine anfällige Zuckerrübensorte über die Zeit der
22 Vegetationsperiode mit einem unbemannten Fluggerät (Drohne) in Verbindung mit einem
23 multispektralen Kamerasystem überwacht. Die Versuchsanlage war ein Blockdesign-
24 Feldversuch in der Nähe von Göttingen (Bild 1a - b). Es erfolgte eine Inokulation mit
25 *C. beticola* zu Beginn der Vegetationsperiode, als zusätzlicher Faktor variierte die
26 Fungizidbehandlung. Die Flugmission ermöglichte es Bilder mit einer Bodenauflösung von
27 0,4 cm aufzunehmen, die eine Erkennung einzelner Blattflecken auf den Bildern erlaubte.
28 Parallel dazu wurden Boniturdaten der Befallsstärke und der Befallshäufigkeit erfasst und

29 ausgewertet, um die digitale Analyse zu validieren. Diese Boniturdaten werden im
30 Sprachgebrauch der Fernerkundung als Ground-truth bezeichnet.
31



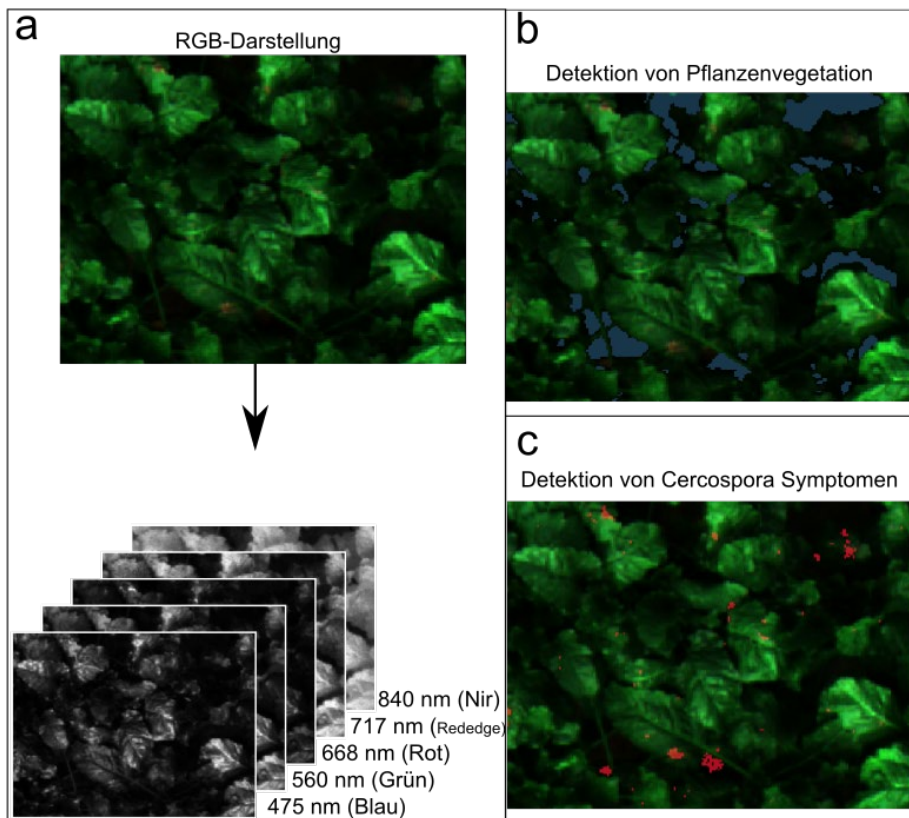
32
33 Bild 1. a) Versuchsfeld „Cercospora COBRI 2019“ bei Göttingen, b)
34 multispektralesKamerasystem, c) hoch auflösende RGB-Darstellung, Pixelgröße = 0.4 cm
35

36 3. Modellierung und Methodik einer multitemporalen Analyse für Wertprüfungszwecke

37 Die Analyse von multitemporalen Orthomosaik-Multispektralbildern der Parzellen wurde in
38 zwei Zielobjekte unterteilt: (1) Detektion von Pflanzenvegetation bzw. Vegetationsbedeckung,
39 und (2) Detektion der Cercospora-Blattflecken (Bild 2a - c). Die Integration von spektralen
40 Parametern, Vegetationsindizes und maschinellen Lernmethoden sollen die Klassifikatoren
41 für jedes Zielobjekt robust machen.

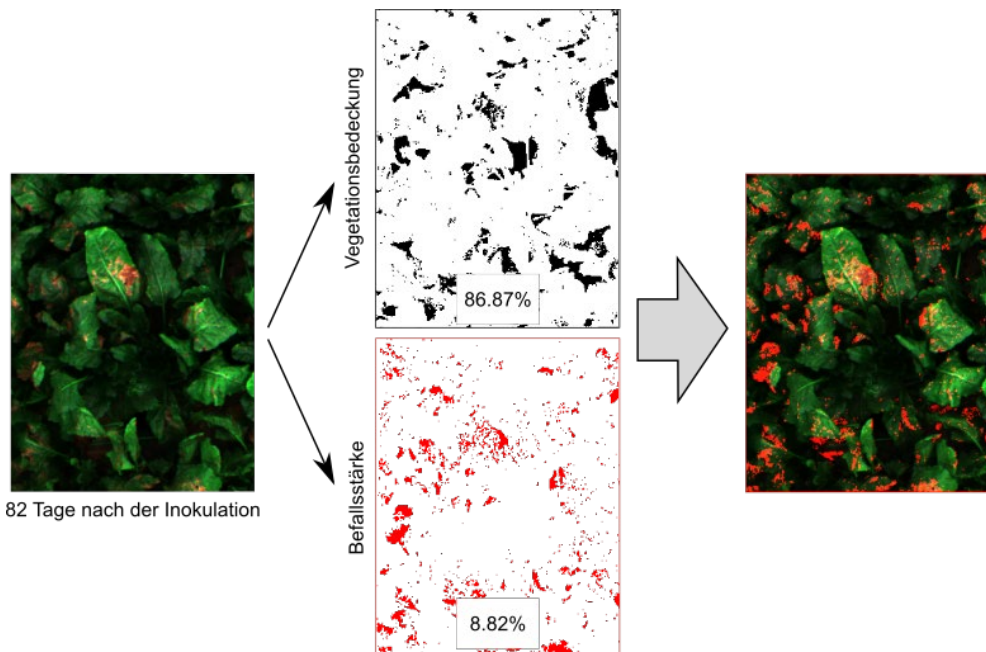
42 Der Klassifikator für die Vegetationsbedeckung ist eine Ergänzung zu den klassischen
43 Vegetationsindizes und hat die Aufgabe, Boden und geschädigte Blattsysteme im Laufe der
44 Zeit voneinander zu trennen. Der Klassifikator für die Blattfleckenerkennung verwendet
45 Vegetationsbilder ohne Boden und klassifiziert jede Pixel, die zu geschädigtem oder
46 gesundem Gewebe gehören. Die Reihe der Klassifikationen erlaubt die Berechnung der
47 Befallsintensität in einer bestimmten Fläche (Bild 3).

48



49

50 Bild 2. a) RGB-Repräsentation eines Orthomosaik-Multispektralbildes, b) Pflanzenvegetation
51 als Zielobjekt und Maskierung des Hintergrundes, c) Cercospora-Blattflecken als Zielobjekt
52 (rot).



82 Tage nach der Inokulation

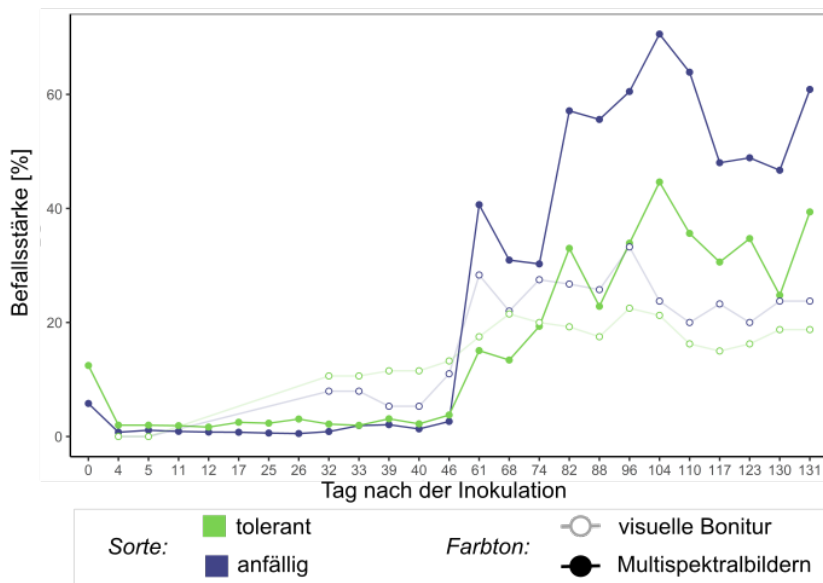
53
54 Bild 3. Segmentierung und Klassifizierung von Pflanzenvegetation (schwarz) und
55 geschädigtem Gewebe (rot) zur Berechnung der Befallsstärke. Behandlung: Kontrolle; Sorte:
56 anfällig

57

58 4. Vergleich der Anfälligkeit zweier Sorten - Experte vs. Drohnen-Perspektive

59 Die Entwicklung der Befallsstärke über die Zeit ist eine relevante Kenngröße, um die
60 Anfälligkeit von Sorten zu vergleichen. In 2019 trat in der epidemiologischen Entwicklung
61 61 Tage nach der Inokulation ein Rückgang der Befallsstärke auf (Bild 4). Die Werte der
62 Befallsstärke aus visueller Bonitur und Multispektralbildern waren vergleichbar. Die
63 Multispektralbilder waren sehr sensitiv, um zwischen anfälligen und toleranten Sorten zu
64 differenzieren. Analysefehler lassen sich erkennen, wenn die Aufnahme vor dem
65 Bestandesschluss gemacht wurde, da es hier zu Falschklassifikationen mit Bodenpixeln kam.
66 Organisches Restmaterial der Bodenbearbeitung konnte mit verwelkten und Cercospora-
67 infizierten Zuckerrübenblättern verwechselt werden. Die Ergebnisse der Studie stimmen
68 optimistisch, dass Parameter der Detektion und Bewertung von Krankheiten mit Hilfe von
69 Drohnentechologie präzise erfasst und ausgewertet werden können.

70



71

72

Bild 4. Epidemiologische Entwicklung der Befallsstärke der Cercospora-

73

Blattfleckenkrankheit. Vergleich von zwei Zückerrübensorten mittels visueller Bonitur und

74

Multispektralbildern

75 5. Herausforderungen bei der Automatisierung der Drohnentechnologie im Feld

76

Um multispektrale Bildanalysen zu standardisieren, müssen die Umgebungsbedingungen

77

einschließlich des Einflusses von Schatten, Spiegelungen und der radiometrischen

78

Kalibrierung, berücksichtigt werden. An einem sonnigen Tag liegt eine große Fläche des

79

Bestandes im Schatten. Solche Flächen neigen dazu, ungenaue Werte zu liefern, da das

80

Objekt teilweise über- oder unterbelichtet ist. Die Genauigkeit dieser Klasse ist sehr gering

81

und bedarf weiterer Verbesserung, um noch genauere Klassifikatoren zu schaffen.

82

Die Befallshäufigkeit ist ein wichtiger Parameter zur Einstufung der Anfälligkeit einer Sorte

83

gegenüber Cercospora-Blattflecken einer Sorte. Gemäß ihrer Definition ist die

84

Beobachtungseinheit oder die Anzahl der befallenen Blätter ein relevanter

85

Krankheitsparameter. Aufgrund der komplexen Verteilung der Blätter in einer Feldaufnahme,

86

könnte eine 3D-Analyse der Morphologie in Zusammenhang mit einem neuronalen-Netz

87

Verfahren notwendig sein, um in einer Parzelle Blatt und Pflanze bzw. Blattflecken und

88

Pflanze einzuordnen und zu quantifizieren. Unsere Forschungsgruppe beschäftigt sich mit

89

dieser Herausforderung, um einen Arbeitsablauf zu etablieren, der diese Herausforderung

90 behandelt. Die dargestellte Methode wird an mehreren Standorten gemeinsam mit den
91 COBRI-Partnern europaweit getestet und an unterschiedlichen Zuckerrübensorten erprobt.

92 **6. Fazit**

93 Die multispektrale Drohnenfernerkundung bietet ein großes Potenzial, um Parameter wie die
94 Befallsstärke präzise zu messen. Diese Studie zeigt, wie Drohnentechnik nach umfangreicher
95 Modellierung wichtige Informationen für die Identifizierung von Sorten mit relativer Toleranz
96 gegenüber der Cercospora-Blattfleckenkrankheit liefern kann. Vielleicht wird uns diese
97 Technik in Zukunft erlauben, zeitaufwendige aber relevante Informationen zu erhalten, ohne
98 unsere Experten während der erschöpfenden Auswertung Sonne und Regen auszusetzen.

99

100 **Danksagung:** Die Autoren danken der Organisation "Coordination Beet Reseach
101 International" (COBRI) für die Unterstützung dieses Projekts.