

6.4 Einsatz von Nahsensorikmethoden zur Erfassung von Bestandeszuständen unter dem Einfluss von Pflanzenkrankheiten (TP 12)

Use of leaf-based sensor technologies to assess the effects of various diseases on crop growth and development

Gröll, K; Graeff-Hönninger, S.; Claupein, W.

6.4.1 Extended Summary

There is increasing pressure to reduce the use of pesticides in modern crop production to decrease the environmental impact of current practice and to lower production costs. It is therefore imperative that pesticides are only applied when and where needed. As plant diseases often occur in patches in fields, fungicides may be applied unnecessarily to disease-free areas under current non-site-specific management practices. Disease control could be more efficient if the patches within fields could be identified and fungicides applied only to the infected areas. Recent developments in optical sensor technologies have the potential to enable the direct detection of foliar diseases under field conditions (WEST et al. 2003). In the context of this subproject a sensor technology for the identification and quantification of plant diseases ought to be developed. The aim of this study is to investigate the influence of *Erysiphe graminis* (powdery mildew), *Septoria tritici* (blotch disease) and *Pseudocercospora herpotrichoides* (wheat eyespot) on the reflectance of wheat plants and to derive pathogen specific calibrations for their identification.

Reflectance measurements were carried out in field experiments at Wulfen (Saxony-Anhalt, Germany) as well as under controlled conditions in greenhouse experiments. Plant and leaf reflectance of diseased plants was taken at least once a week in relevant growth stages during the growing season. Reflectance was measured with a digital camera (LEICA S1 PRO, LEICA Kamera AG, Solms, Germany) and with a spectroradiometer called Field Spec® Hand Held (ASD, Inc. Boulder, CO, USA). With the digital camera leaf scans were taken in the wavelengths 380, 490, 510, 516, 540 and 600 nm as well as in the near infra-red 490, 510, 516, 540 and 600 IR. Leaf scans were taken at the youngest fully developed leaf and were evaluated in the L*a*b-colour system (CIE, 1986). With the Field Spec® Hand Held, the reflectance of the wheat canopy was measured in the spectrum 325-1075 nm in 1 nm intervals 2 m above the canopy level.

First analysis of the data showed that there are significant changes of the b*-parameter in the wavelength 490-780 nm, 510-780 nm, 516-780 nm, 490-510 nm, 510-516 nm, 516-540 nm and 540-600 nm, if the wheat plant is infected with *Erysiphe graminis*. The b*-parameters increased steadily with severity of disease infection when compared to non-infected control plants. Detailed investigation and analysis of reflectance data of wheat plants infected with *Septoria tritici* and *Pseudocercospora herpotrichoides* is under way.

6.4.2 Problemstellung

a) aus fachwissenschaftlicher Sicht

Seit den Anfängen der Landwirtschaft stellen Pflanzenkrankheiten eine Hauptursache für Ertrags- und Qualitätsverluste bei der Kultivierung von Nutzpflanzen dar. Zu den herkömmlichen Methoden des Pflanzenschutzes gehört bei der Bekämpfung von Schadpilzen neben der Züchtung resistenter Sorten die Anwendung von Fungiziden. Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln beugt einerseits Pflanzenkrankheiten vor, andererseits belasten sie jedoch die Umwelt. Pflanzenschutzmittel werden heutzutage immer noch einheitlich auf einem Schlag ausgebracht trotz vieler Unterschiede im Boden, im Pflanzenbestand und dem Schaderregerdruck. Moderne Entwicklungen im Bereich der landwirtschaftlichen Maschinenteknik haben es möglich gemacht, Pflanzenschutzmittel räumlich variabel auszubringen und ermöglichen es im Hinblick auf das precision pest management (PPM) genau dort zu behandeln, wo Pflanzenkrankheiten in einem nicht mehr tolerierbaren Umfang auftreten. Precision Farming Technologien haben daher das Potential den Einsatz von Fungiziden auf einzelne Teilflächen zu reduzieren und somit variable Kosten im Betrieb einzusparen sowie Umweltbelastungen zu minimieren. Grundlage für eine teilflächen-spezifische Applikation von Fungiziden ist jedoch die räumliche Erfassung der Pathogene. Zur Zeit sind keine Sensorsysteme verfügbar, die fahrzeuggestützt den Krankheitsbefall identifizieren und quantifizieren. Im Sinne einer nachhaltigen Landbewirtschaftung ist es daher notwendig Sensorsysteme zu entwickeln, die eine räumlich differenzierte Identifizierung und Quantifizierung von Pathogenen und darauf aufbauend eine teilflächenspezifische Steuerung der Fungizidapplikation ermöglichen. Ziel dieser Studie ist es daher in einem ersten Schritt, die für eine sensorgestützte Identifizierung von Pflanzenkrankheiten notwendigen Grundlagen zu entwickeln, Wellenlängenbereiche zu identifizieren in denen eine eindeutige Detektion unterschiedlicher Erreger möglich ist und darauf aufbauend entsprechende Kalibrierungen zu erstellen. Die identifizierten Wellenlängenbereiche und erstellten Kalibrierungen sollen dann in einem weiteren Schritt in bestehende Sensorsystemen z. B. Yara-N-Sensor, AVIS etc. integriert und auf ihre Anwendung für eine online-gestützte Nahsensorik für die landwirtschaftliche Praxis getestet werden.

b) aus Sicht des Gesamtprojektes

Ziel des gesamten Projektes ist es, durch Precision Farming Technologien Voraussetzungen für eine nachhaltige Entwicklung der landwirtschaftlichen Landnutzung zu schaffen. Eine Entwicklung ist dann nachhaltig, wenn in der Produktion die standörtlichen Gegebenheiten, die ökologischen Sensitivitäten, die technologischen Möglichkeiten sowie die wirtschaftlichen Erfordernisse und die sozialen Ansprüche ziel- und sachgerecht als Ergebnis von Verhandlungen und iterativen Abwägungen mit den relevanten gesellschaftlichen Gruppen berücksichtigt werden. Ein solches Vorgehen erfordert bei der landwirtschaftlichen Produktion grundsätzlich eine Ausdehnung der Betrachtungsgrenzen auf die gesamte Wertschöpfungskette. Erst wenn in der Produktion abgestimmte Forderungen aus der Wertschöpfungskette berücksichtigt werden bzw. deren Teilnehmer den Produktionsprozess nachvollziehen und ggf. rückkoppelnd beeinflussen können, sind die wesentlichen Elemente einer nachhaltigen Entwicklung der landwirtschaftlichen Landnutzung berücksichtigt. Für ein solches Vorhaben schafft die Technologie des Precision Farming zentrale Voraussetzungen, da sie es ermöglicht, die pflanzenbaulichen Maßnahmen spezifisch an standörtliche Potentiale, ökologische Sensibilitäten sowie Vorgaben zur Prozessqualität anzupassen. Aufgrund effizienteren Einsatzes von Betriebsmitteln können wirtschaftliche Vorteile entstehen. Zudem können mit dieser Technologie die

Produktionsprozesse automatisch, kostengünstig, sicher und belastbar dokumentiert werden. Um dieses Ziel zu erreichen, sind insbesondere im Bereich des Managements von Pflanzenkrankheiten noch wesentliche Grundlagen und Entwicklungen seitens der Forschung und des anschließenden Transfers in die Praxis zu leisten. Aus der Sicht des Gesamtprojektes liefert das Teilprojekt daher einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung der Grundlagen für die sensorgesteuerte Identifizierung von Pflanzenkrankheiten und darauf aufbauend, gekoppelt in der Zusammenarbeit mit TP 9, 10, 11 sowie 13 die Übertragung der erzielten Ergebnisse in die landwirtschaftliche Praxis in Form geeigneter Sensortechnologien und Entscheidungsalgorithmen für einen gezielten Fungizideinsatz.

6.4.3 Bearbeitungsgegenstände und verwendete Methoden

Kernziel der Arbeit ist die eindeutige Identifizierung von Pflanzenkrankheiten mittels Reflexionsmessungen. Die Grundhypothese, die hierbei verfolgt wird, ist die Annahme, dass sich die Reflexion einer Pflanze in selektierten Wellenlängenbereichen stressspezifisch aufgrund von Pigment- sowie strukturellen Modifikationen ändert. Die verwendete Sensortechnik beruht auf der Messung der Reflexion der Pflanze unter kontrollierten Lichtverhältnissen sowohl in Feld- als auch in Gewächshausversuchen. Zum einen wird die Reflexion mittels einer digitalen Kamera (LEICA S1 Pro, LEICA Kamera AG, Solms, Deutschland) und zum anderen mittels dem Field Spec® Hand Held (ASD, Inc. Boulder, CO, USA) gemessen. Bei der digitalen Kamera ermöglicht der Einsatz verschiedener Longpass-Filter (Maier Photonics, Manchester, VT, USA) die Aufspaltung des gesamten Tageslichtspektrums in einzelne kleinere Wellenlängenbereiche. Es werden Blattscans in den Wellenlängenbereichen 380, 490, 510, 516, 540 und 600 nm sowie in den Infrarotbereichen 490, 510, 516, 540 und 600 IR durchgeführt. Die Blattscans werden am letzten voll entwickelten Blatt vorgenommen und anschließend im L*a*b*-Farbraum mit der Software Adobe Photoshop® 5.0 ausgewertet. Der L*a*b*-Farbraum ist ein drei-dimensionaler Farbraum, wobei der Parameter a* den Grün/Rot-Anteil und der Parameter b* den Blau/Gelb-Anteil einer Farbe beschreibt. L* spezifiziert die Helligkeit einer Farbe. Die Analyse der Parameter a* und b* ermöglicht in selektierten, für den Stressfaktor spezifischen Wellenlängenbereichen dessen Identifizierung. Das Feldspektroradiometer Field Spec® Hand Held ist in der Lage, im Spektrum von 325-1075 nm in 1 nm Abständen die Reflexion des Bestandes in 2 m Höhe aufzuzeichnen.

Zur Durchführung der Messungen wurde auf dem Betrieb WIMEX in Wulfen ein Versuch auf dem Schlag 431 als vollständig randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen angelegt. Die Aussaat erfolgt auf diesem Schlag am 15.10.04 mit der Winterweizensorte Ritmo. Vor der Aussaat wurde der Boden flachgründig bearbeitet. Die Vorfrucht war ebenfalls Weizen. Es wurden je drei Parzellen mit den Erregern *Erysiphe graminis* (Weizenmehltauisolat 150, Kleinmachnow, Deutschland), *Septoria tritici* (CBS 292.69, Deutschland) und *Pseudocercospora herpotrichoides* (CBS 118.47, UK) in der Inokulationsstufe 100 % am 03.05.05 inokuliert. Drei Parzellen wurden mittels Fungiziden gegen Krankheiten behandelt und dienten als Kontrolle. Zwischen den einzelnen Parzellen wurden Trennstreifen von 15 m Breite angelegt, um die Windverdriftung der Krankheiten und die gegenseitige Beeinflussung zu vermeiden. Messungen mit der digitalen Kamera und mit dem Field Spec® Hand Held erfolgten ab dem BBCH Stadium 39 (Fahnenblatt) in regelmäßigen Abständen entsprechend der Entwicklung des Bestandes und der Ausbreitung der Pathogene. Bei jeder Messung wurden Pflanzenproben genommen, getrocknet, vermahlen sowie aufbereitet und die Trockenmasse und N-Gehalte bestimmt. Des Weiteren wurde bei jeder Messung das BBCH Stadium und der Krankheitsbefall festgehalten. Vor der Ernte wurden Quadratmeterschnitte genommen und folgende

Parameter erhoben: Pflanzen pro m², Anzahl Ähren pro m², Körner pro Ähre, TKM, Fallzahl, Sedimentationswert, Korn/Strohertrag, Harvestindex, N in Ertragskomponenten, N-Harvestindex, Siebsortierung, N_t-Gehalt und Rohprotein. Als weiterer Parameter wurde der Ertrag über eine Ertragskartierung festgehalten.

Um Erhebungen zur räumlichen und zeitlichen Ausbreitung der Pflanzenkrankheiten durchführen zu können, wurden Messungen mit der digitalen Kamera sowie mit dem Field Spec® Hand Held auf dem Schlag „Hintere Pilsenhöhe“ des Teilprojektes 10 entlang eines Transekts durchgeführt. Der Versuch wurde gemeinsam als Streifenversuch hinsichtlich der Fungizidapplikation mit folgenden Varianten angelegt: 1.) unbehandelte Kontrolle, 2.) betriebsüblich und 3.) teilflächenspezifisch. Messungen fanden in einem Transekt in der Variante unbehandelte Kontrolle statt. Entlang des Transekt-Streifens wurden die Messpunkte so platziert, dass auf jeder Ertragserwartungszone je ein Punkt lag (siehe Abbildung 56). Weitere Details des Versuchsaufbaues sind dem Zwischenbericht von Teilprojekt 10 (vgl. Kapitel 6.5) zu entnehmen.

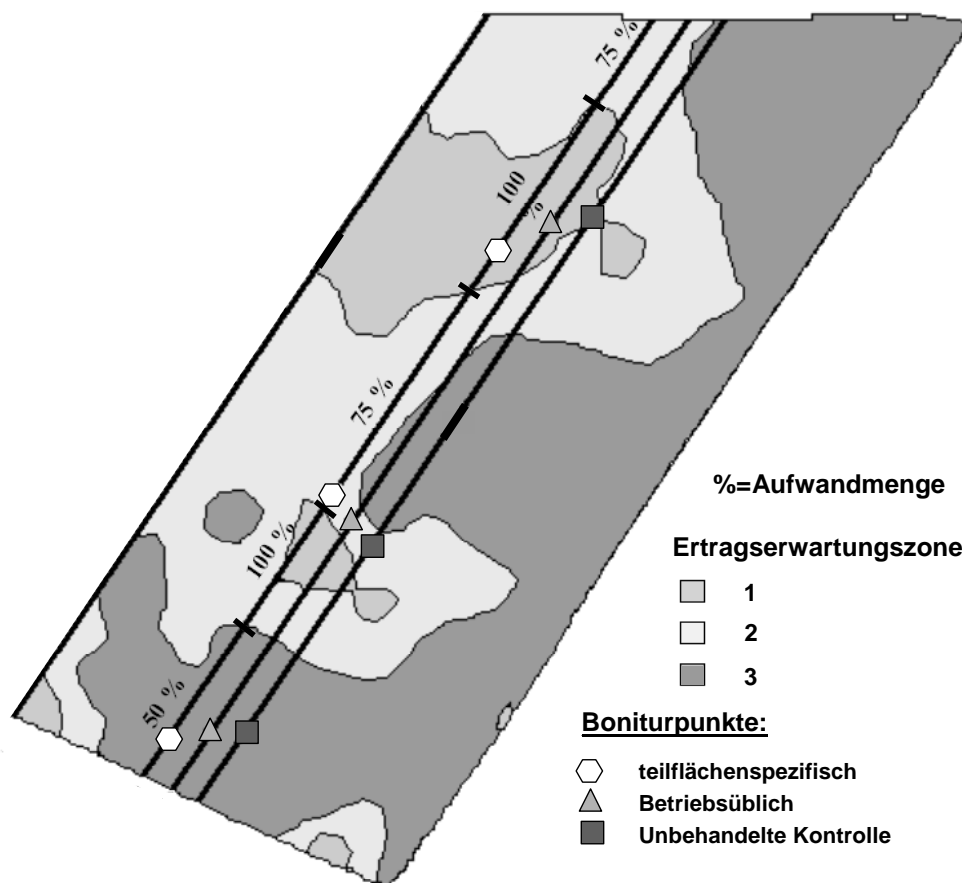


Abbildung 56: Lage der Prüfglieder und Boniturstellen im Schlag „Hintere Pilsenhöhe“ (Schlagausschnitt nach Wollny und Dammer, TP 10)

Figure 56: Location of treatments and sampling points in the field „Hintere Pilsenhöhe“ (field cutout after Wollny and Dammer, SP 10)

Neben den Feldversuchen wurden Gewächshausversuche an der Universität Hohenheim angelegt. Bis dato wurden zwei Versuchsreihen zu der Krankheit *Erysiphe graminis* und je eine Versuchsreihe zu den Krankheiten *Septoria tritici* und *Pseudocercospora herpotrichoides* durchgeführt. Hierzu wurden Winterweizenpflanzen der Sorte Monopol in Mitscherlichgefäßen (6 kg) angezogen und nach 26 Tagen bei 4 °C und 8 Stunden Licht vernalisiert. Nach der Vernalisation wurden die Pflanzen wieder in das Gewächshaus gebracht, in dem Temperaturen zwischen 20 °C und 35 °C herrschten. Die Inokulation mit *Pseudocercospora herpotrichoides* erfolgte vor der Vernalisation durch Ausbringen von befallenen Weizenkörnern in die Töpfe. Es wurden folgende Inokulationsstufen angelegt: Kontrolle = 0 % Inokulum, 20 % Inokulum, 40 % Inokulum, 60 % Inokulum, 80 % Inokulum sowie 100 % Inokulum. Eine weitere Inokulation erfolgte wenige Tage nach der Vernalisation. Die Inokulation mit *Erysiphe graminis* und *Septoria tritici* erfolgte ausschließlich nach der Vernalisation. Es wurden folgende Inokulationsstufen angelegt: Kontrolle = 0 % Inokulum, 50 % Inokulum sowie 100 % Inokulum. Dabei hatte die Kontrolle drei und die Inokulationsstufen 50 % sowie 100 % sieben Wiederholungen. Entsprechend der Entwicklung des Befalls der Pflanzen wurde kurz nach der Inokulation jeweils im Abstand von zwei Tagen über einen Zeitraum von mehreren Wochen die Reflexion der Pflanzen mit einer digitalen Kamera (Leica S1 Pro, Leica, Solms, Deutschland) am jüngsten voll entwickelten Blatt gemessen. Von den Blattscans wurde als Lageparameter das arithmetische Mittel (MW = Mittelwert) und als Streuung der Standardfehler (= SF) berechnet. Mit Hilfe des Statistikprogramms Sigma.Stat. 3.1 (Jandel Scientific, USA) wurden die Versuche mittels einer ein- bzw. zweifaktoriellen ANOVA mit anschließendem multiplen Mittelwertsvergleich nach Tukey ($\alpha = 0,05$) ausgewertet.

6.4.4 Ergebnisse im Jahr 2005 und ihre Diskussion

Erste Ergebnisse aus den Versuchen zur Kalibrierung einer Nahsensorik unter definierten Bedingungen, deuten darauf hin, dass Wellenlängenbereiche identifiziert werden können, in sich die Reflexion von Weizenpflanzen unter dem Befall von Pflanzenkrankheiten verändert. Die Darstellung der Ergebnisse beschränkt sich hierbei auf die Gewächshausversuche zu der Krankheit *Erysiphe graminis*, da die Versuchsserien und Auswertungen für *Erysiphe graminis* am weitesten fortgeschritten sind. Abbildung 57 zeigt die Änderung des b^* -Wertes für den Wellenlängenbereich 510-780 nm für die Messtermine 17.08.05 und 22.08.05. Es ist zu erkennen, dass an beiden Terminen der b^* -Wert der Variante 100 % über dem b^* -Wert der Variante 50 % und der Kontrolle lag. Außerdem ist in Abbildung 58 zu erkennen, dass im Verlauf der Infektion mit *Erysiphe graminis* der b^* -Wert der Varianten 50 % und 100 % signifikant im Vergleich zum b^* -Wert der Kontrolle anstieg. Zum Termin 22.08.05 waren signifikante Unterschiede zwischen den infizierten und den nicht infizierten Varianten erkennbar. Die Abnahme der Kontrolle ist evtl. mit einem Verdünnungsprozess der Nährstoffe, insbesondere des Stickstoffes, durch den Alterungsprozesses zu erklären (BERGMANN, 1992). Die Zunahme des b^* -Wertes im sichtbaren Wellenlängenbereich beruht möglicherweise auf einem durch den Mehltreibefall ausgelösten verstärkten Verbrauch von Assimilaten und dem damit verbundenen Abbau von Chlorophyll. Das Auftreten von Reflexionsänderungen unter Mehltreibefall gerade im sichtbaren Bereich des Spektrums lässt weiterhin vermuten, dass unter Mehltreibefall in erster Linie pigmentellen Veränderungen als Auslöser für eine Reflexionsänderung in Betracht gezogen werden müssen. Weitere Untersuchungen zur Absicherung dieser ersten vorläufigen Ergebnisse sind jedoch notwendig.

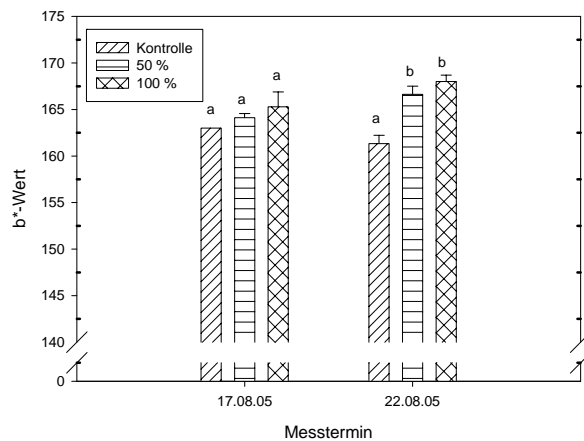


Abbildung 57: Änderung des b*-Wertes im Wellenlängenbereich 510 - 780 nm aufgenommen mit der digitalen Kamera im Gewächshaus

Figure 57: Changes of the b*-parameter in the wavelength range 510 - 780 nm measured with the digital camera in the greenhouse

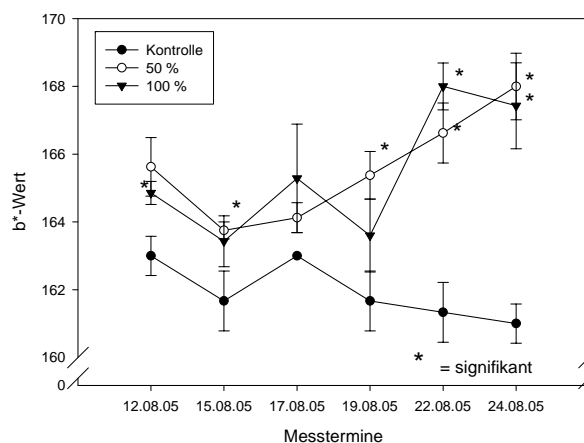


Abbildung 58: Zeitlicher Verlauf des b*-Wertes für den Wellenlängenbereich 510 - 780 nm aufgenommen mit der digitalen Kamera im Gewächshaus

Figure 58: Change of the b* parameter over time in the wavelength range 510 - 780 nm measured with the digital camera in the greenhouse

Abbildung 59 zeigt den Zusammenhang zwischen gezählten *Erysiphe graminis* Pusteln pro befallenes Blatt und der Änderung des b*-Wertes für den Wellenlängenbereich 510 - 780 nm. In der Grafik wurden alle Befallsvarianten und alle Messtermine zusammen dargestellt. Aus der Grafik wird deutlich, dass ein schwacher Zusammenhang zwischen der Anzahl Pusteln und der Änderung des b*-Wertes besteht ($R = 0,43$). Zur Überprüfung, ob neben der Identifizierung der Pathogene gleichfalls eine Quantifizierung der Befallsintensität möglich ist, sind jedoch weitere Untersuchungen und Analysen notwendig, die unter anderem den a*-Wert, den Farbabstand zwischen a* und b*-Wert, einzelne Termine, einzelne Entwicklungsstadien oder einzelne Befallsvarianten betrachten.

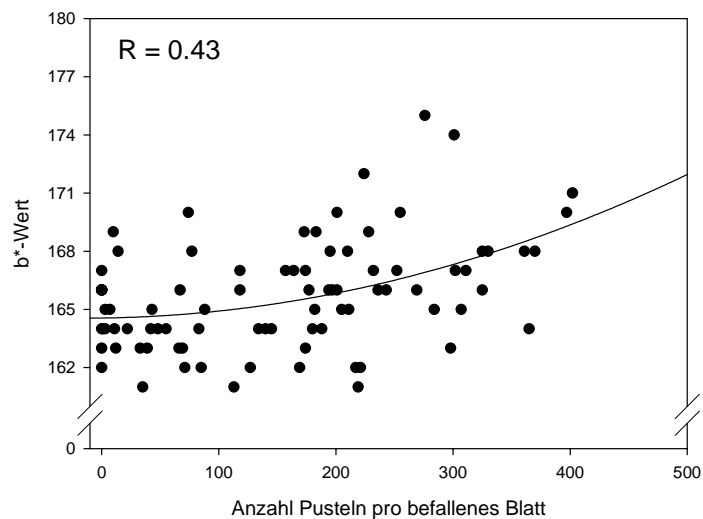


Abbildung 59: Zusammenhang zwischen Anzahl *Erysiphe graminis* Pusteln und Änderung des b^* -Wertes im Wellenlängenbereich 510 - 780 nm für die Gewächshausversuche

Figure 59: Correlation between the number of *Erysiphe graminis* spots and the changes of the b^* -parameter in the wavelength range 510 - 780 nm for the greenhouse experiments

Bei den Versuchsauswertungen für die Feldversuche in Wulfen waren zu keiner Zeit, in keinem Wellenlängenbereich und für keine der drei Krankheiten signifikanten Änderungen im a^* oder b^* -Wert festzustellen. Dies gilt sowohl für die Messungen mit der digitalen Kamera als auch für die Messungen mit dem Field Spec® Hand Held. Trotz der erfolgten künstlichen Inokulation der Feldversuche, kam es aufgrund fehlender krankheitsfördernder Witterungsbedingungen in der Vegetationsperiode 2005 nicht zu einem entsprechenden, nennenswerten Befall der Weizenpflanzen mit *Erysiphe graminis*, *Septoria tritici* und *Pseudocercospora herpotrichoides*. Abbildung 60 zeigt, dass sich die Reflexion der Weizenpflanzen veranschaulicht anhand der Änderung des b^* -Wertes unter *Erysiphe graminis* Befall im Wellenlängenbereich 510 - 780 nm nicht veränderte. Hervorzuheben ist jedoch, dass die Absolutwerte der Weizenpflanzen in der Kontrolle zwischen den Gewächshaus- und den Feldversuchen übereinstimmen, was eine Übertragbarkeit der im Gewächshaus erstellten Kalibrierungen auf Feldbedingungen ermöglichen dürfte. In Abbildung 61 ist die Reflexion gemessen mit dem Field Spec® Hand Held für den Wellenlängenbereich 510 - 780 nm für den Messtermin 06.06.05 aufgezeigt. Analog zu den Reflexionsmessungen mit der digitalen Kamera traten auch hier aufgrund des fehlenden Krankheitsbefalls keine signifikanten Änderungen in der Reflexion auf.

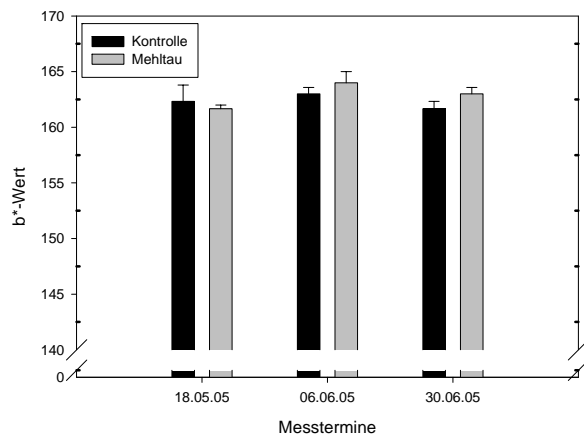


Abbildung 60: Änderung des b*-Wertes im Wellenlängenbereich 510 - 780 nm unter *Erysiphe graminis* Befall im Feld gemessen mit der digitalen Kamera

Figure 60: Changes of the b*-parameter for the measured reflectance for the wavelength range 510-780 nm in the field measured with the digital camera

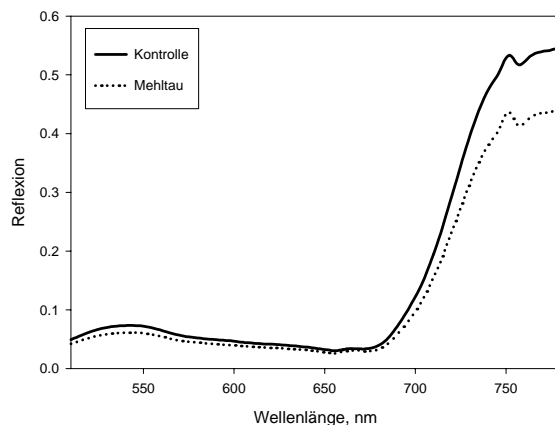


Abbildung 61: Mit dem Field Spec® gemessene Reflexion für den Wellenlängenbereich 510 - 780 nm für den 06.06.2005

Figure 61: With the Field Spec® measured reflectance in the field for the wavelength 510-780 nm on 6th June 2005

In den ermittelten Ertrags- und Qualitätsparametern konnten keine signifikanten Änderungen zwischen der Kontrolle und den mit *Erysiphe graminis*, *Septoria tritici* und *Pseudocercospora herpotrichoides* inokulierten Varianten ermittelt werden, was ebenfalls auf einen fehlenden Krankheitsbefall schließen lässt. Analog zu den Ergebnissen aus den Ertrags- und Qualitätsparametern konnten auch keine signifikanten Ertragsunterschiede zwischen verschiedenen Krankheiten festgestellt werden. In der Gesamtheit deuten die Ergebnisse aus den Feldversuchen darauf hin, dass der Krankheitsdruck zu niedrig war, als dass er sich einerseits in der Reflexion der Weizenpflanzen und andererseits in Ertrag, Ertrags- und Qualitätsparametern widerspiegelt und ausgewirkt hätte. In der

Vegetationsperiode 2006 sind hierzu weitere Untersuchungen in Feldversuchen geplant, um die Übertragbarkeit der Ergebnisse aus den Gewächshausversuchen auf Feldbedingungen zu überprüfen.

Betrachtet man die Ergebnisse über die Versuche zur Erhebung der räumlichen und zeitlichen Ausbreitung von Pflanzenkrankheiten, so ist festzustellen, dass es in dem Versuchsjahr 04/05 in allen drei Ertragswartungszonen zu einem nur sehr geringen und über allen Zonen gleichmäßigen Krankheitsbefall mit *Septoria tritici* und *Drechslera tritici-repentis* gekommen ist. Dies wird auch bei der Betrachtung der Aufnahmen mit der digitalen Kamera sowie mit dem Field Spec® Hand Held sichtbar. Hier sind keine signifikanten Änderungen in der Reflexion erkennbar. In allen drei ausgewiesenen Ertragswartungszonen war der Befall gleich niedrig, so dass keine Rückschlüsse von den heterogenen Bodenbedingungen auf die Ausbreitung und das räumliche und zeitliche Auftreten von Pflanzenkrankheiten gezogen werden können. Hierzu sind weitere Untersuchungen in der Vegetationsperiode 2006 notwendig.

6.4.5 Soll-Ist-Vergleich mit den im Projektantrag angestrebten Ergebnissen bzw. vorgesehenen Meilensteine

Tabelle 25 zeigt die Meilensteinplanung für die gesamte Projektdauer und die bisher erledigten Vorhaben (√). Es wird ersichtlich, dass bis jetzt alle Meilensteine in der geplanten Zeit erfüllt worden sind. Zur weiteren Absicherung der bislang erzielten Ergebnisse zur Kalibrierung für die Krankheiten *Erysiphe graminis*, *Septoria tritici* und *Pseudocercospora herpotrichoides* werden die Gewächshausversuche fortgeführt sowie neue Versuchsreihen angelegt. Zur Übertragung der Kalibrierungen aus den Gewächshausversuchen in die Praxis, wurden im Oktober 2005 bereits wieder Feldversuche auf dem Schlag 431 in Wulfen angelegt und bereits teilweise mit den entsprechenden Pflanzenkrankheiten inokuliert.

Tabelle 25: Vorgesehene Meilensteine und bisher Erreichtes

Table 25: Milestones and achieved output

Zeitschritte	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Aktivitäten	2005	2005	2005	2006	2006	2006	2007	2007	2007
Gewächshausversuche, Erstellung von Kalibrierungen für Mehltau, Blattdürre und Halmbruch	√	√	√						
Quantitative Befallsanalyse im Gewächshaus und Datenauswertung		√	√						
Anlage Feldversuche, Nahsensorikmessungen unter Praxisbedingungen	√	√	√						
Quantitative Befallsanalysen im Feld und Datenauswertung	√	√							
Erhebung zur räumlichen und zeitlichen Ausbreitung der Pflanzenkrankheiten		√							
Erhebung von Bestandes- und Bodenparametern	√	√	√						

Zeitschritte	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Aktivitäten	2005	2005	2005	2006	2006	2006	2007	2007	2007
Vergleich von Nahsensorik und Fernerkundung									
Entwicklung von Algorithmen für das Krankheitsmodul in DSSAT 4.0 bzw. APOLLO									
Algorithmen zur zeitlichen und räumlichen Ausbreitung von Krankheiten in Abhängigkeit variabler Standortfaktoren									
Überprüfung der Algorithmen und Modellprognosen anhand der Feldversuche									

6.4.6 Geplante nächste Arbeitsschritte

In den kommenden Monaten werden insbesondere die Gewächshausversuche zur weiteren Absicherung der bislang erzielten Ergebnisse zur Kalibrierung für die Krankheiten *Erysiphe graminis*, *Septoria tritici* und *Pseudocercospora herpotrichoides* weitergeführt. Der nächste Schritt hierzu ist das Durchführen von zwei Versuchsreihen zu *Pseudocercospora herpotrichoides*. Für diesen Versuch wurden bereits Winterweizenpflanzen in Mitscherlichgefäßen (6 kg) angezogen und zum Vernalisieren ins Freie gebracht. Zudem wurden die Pflanzen vor der Vernalisation mit *Pseudocercospora herpotrichoides* (CBS 118.47, UK) inokuliert. Hierzu wurden befallene Weizenkörner in den Töpfen verteilt. Eine weitere Inokulation erfolgt sobald die Töpfe in das Gewächshaus zurückgebracht werden. Es wurden folgende Inokulationsstufen angelegt: Kontrolle = 0 % Inokulum, 20 % Inokulum, 40 % Inokulum, 60 % Inokulum, 80 % Inokulum sowie 100 % Inokulum. Jede Inokulationsstufe wird drei Mal wiederholt. Die ersten Messungen mit der digitalen Kamera erfolgen am voll entwickelten Fahnenblatt. Nach den Versuchsreihen mit *Pseudocercospora herpotrichoides* erfolgen weitere Versuchsreihen zu den Krankheiten *Erysiphe graminis* und *Septoria tritici*.

Des Weiteren wurden bereits die neuen Feldversuche auf dem Schlag 431 in Wulfen angelegt (derselbe Schlag wie im Versuchsjahr 2005). Der Winterweizen wurde am 12.10.05 ausgesät, wobei der Boden zuvor nur flachgründig bearbeitet wurde. Der Versuch wurde als vollständig randomisierte Blockanlage mit drei Wiederholungen angelegt. Je drei Parzellen werden erneut mit den Krankheiten *Erysiphe graminis*, *Septoria tritici* und *Pseudocercospora herpotrichoides* inokuliert. Eine erste Inokulation mit *Pseudocercospora herpotrichoides* erfolgte bereits am 24.11.05. In weiteren Schritten erfolgt eine zweite Inokulation mit *Pseudocercospora herpotrichoides*, sowie eine erste Inokulation mit *Erysiphe graminis* und *Septoria tritici*. Für die Inokulation mit *Pseudocercospora herpotrichoides* und *Septoria tritici* wird bereits Inokulum vermehrt. Für die Versuche mit *Erysiphe graminis* werden ab Mitte März Töpfe mit Weizenpflanzen angezogen und mit *Erysiphe graminis* inokuliert. Diese befallenen Töpfe werden dann wiederum Mitte April zur Inokulation in die Parzellen gestellt.

Für eine weitere Untersuchung zur räumlichen und zeitlichen Ausbreitung der Pflanzenkrankheiten werden erneut zusammen mit dem TP 10 Versuche angelegt (s. dort).

6.4.7 Erkenntnisse aus den Arbeiten des Jahres 2005 für das Anliegen des Projektbereiches bzw. aus Sicht des Gesamtprojektes

Alle Teilprojekte, die im Projektbereich 3, Standort- und Bestandescharakterisierung sowie 4, Bestandesführung angesiedelt sind, richten ihre wissenschaftliche Aufmerksamkeit auf die variablen Eigenschaften der Standorte bzw. der Bestände und auf die teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Es soll eine umfangreiche Methodenentwicklung und Erprobungen zur Charakterisierung von Bestandeszuständen und Ableitung von Maßnahmen in den Praxisschlägen erfolgen. Kenntnisse über den aktuellen Zustand von Kulturpflanzenbeständen der Teilflächen von heterogenen Ackerflächen werden in der informationsgeleiteten Pflanzenproduktion im Wesentlichen aus drei Gründen benötigt:

- Der aktuelle Zustand determiniert die weitere Entwicklung des Bestandes. Die gegenwärtigen Zustände können dazu veranlassen, geeignete Maßnahmen zu veranlassen, um eine gewünschte Richtung dieser Entwicklung zu erreichen (z.B. bei Krankheitsbefall durch Pilze etc.). Kenntnis über den aktuellen Bestandeszustand unterstützt somit die Entscheidungsfindung in der taktischen Planung bzw. der operativen Gestaltung.
- Der aktuelle Zustand der Pflanzenbestände ermöglicht Rückschlüsse auf die standörtlichen Eigenschaften der Teilfläche. Durch geeignete Auswertungsmethoden können somit Standortcharakterisierungen (s. PB 3, Kapitel 5) deutlich unterstützt werden.
- Der aktuelle Zustand der Pflanzenbestände ermöglicht es, die Wirkung der vorangegangenen pflanzenbaulichen Maßnahmen hinsichtlich ihres Zielerreichungsgrades sowie die von exogenen Einflussfaktoren (u.a. Witterung) zu analysieren. Diese Analyse erlaubt bei entsprechender Dokumentation auch die schrittweise Verbesserung der Produktionsfunktionen spezifischer Maßnahmen für die jeweiligen Teilflächentypen.

Um den aktuellen Zustand von Pflanzenbeständen auf Teilflächen zu erkennen, werden Verfahren der Nah- und der Fernerkundung mittels Sensoren eingesetzt bzw. entwickelt.

Das TP 12 übernimmt in diesem Zusammenhang die Kalibrierung der Nahsensorik. Durch die Kalibrierung der Nahsensorik kann dann eine Hochskalierung der Sensortechnologie von der digitalen Kamera über das Field Spec® Hand Held und dem YARA N-Sensor bis hin zum AVIS Sensor und dem CHRIS Satelliten erfolgen. Aus den Ergebnissen des Jahres 2005 können nun Wellenlängenbereiche identifiziert werden, in denen ein Erkennen von Pflanzenkrankheiten möglich ist. Diese Erkenntnisse werden können nach erfolgter Absicherung von den Teilprojekten 9, 10, 11 und 13 zur Kalibrierung und Validierung ihrer Sensoren bzw. zur Entwicklung und Verbesserung teilflächenspezifischer Decision Support Tools z.B. Proplant herangezogen werden.

6.4.8 Zitierte Literatur/Quellen

BERGMANN, W. (1992): Nutritional disorders of plants. Gustav Fischer Verlag, Jena.

CIE (1986): Colorimetry 2nd ed., Publication CIE No. 15.2.Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage.

WEST, J.S., BRAVO, C., OBERTI, R., LEMAIRE, D., MOSHOU, D., MCCARTNEY, H.A. (2003): The potential of optical canopy measurement for targeted control of field crop diseases. Annual Review of Phytopathology, Vol. 41:593-614

Anschrift der Autoren:

Ms. Sci. agr. Kerstin Gröll
Dr. Simone Graeff-Hönniger
Prof. Dr. Wilhelm Claupein
Universität Hohenheim
Institut für Pflanzenbau (340)
Fruwirthstraße 23
70593 Stuttgart
Telefon: 0711/45923-79, -76
Telefax: 0711/4594344
E-Mail: groell@uni-hohenheim.de
graeff@uni-hohenheim.de