

# Qualitätskontrolle in der Erntetechnik

*Erntemaschinen sollen künftig mit Nahinfrarot (NIR) -Spektrometern bestückt werden, die die Erntegüter auf Inhaltsstoffe wie Protein, Stärke und Öl untersuchen können. Damit wird es möglich, Sortenprüfungen oder Düngungsversuche direkt bei der Ernte auszuwerten. Der Einsatz von NIR-Spektrometern in Erntemaschinen führt so zu einer erheblichen Vereinfachung der Qualitätssicherung im Acker- und Futterbau und stellt einen weiteren Schritt zu einer qualitätsgerechten und umweltschonenden Landwirtschaft dar. Die Inhaltsstoffbestimmung direkt bei der Ernte ist jedoch nur sinnvoll, wenn über eine entsprechende Standardisierung dafür gesorgt wird, dass die gewonnenen Informationen eine breite Akzeptanz finden und auch zum Qualitätsnachweis dienen können.*

Dipl.-Ing. André Heinrich ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Landmaschinen (Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Bernhardt), Institut für Verarbeitungsmaschinen, Landmaschinen und Verarbeitungstechnik der TU Dresden, Bergstraße 120, 01069 Dresden; e-mail: [heinrich@landmaschinen.tu-dresden.de](mailto:heinrich@landmaschinen.tu-dresden.de)

## Schlüsselwörter

Nahinfrarot (NIR)-Spektroskopie, Qualitätskontrolle, teilflächenspezifische Landwirtschaft

## Keywords

Near-infrared (NIR) spectroscopy, quality control, precision farming

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 02406 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

In jüngster Zeit nimmt die Forderung nach mehr Qualitätskontrolle in der Landwirtschaft stark zu. Einerseits ist dies bedingt durch strengere Normen und Kennzeichnungspflichten bei Lebensmitteln, andererseits sensibilisieren Skandale in der Lebensmittel- und Futtermittelindustrie den Endverbraucher für Qualitätsinformationen. Diese Qualitätsinformationen erfordern eine lückenlose Dokumentation von der Ernte bis zur Endverarbeitung. Auch im Hinblick auf die teilflächenspezifische Landwirtschaft ist die Gewinnung von Informationen zu den Inhaltsstoffen der Erntegüter anzustreben. Die moderne Landtechnik ermöglicht es dem Landwirt bereits heute, Masse und Feuchtegehalt des geernteten Gutes sowie Informationen zu Fläche, Ort und Zeit zu ermitteln und aufzuzeichnen. Die Ermittlung der Inhaltsstoffe von Erntegütern im Sinne einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung wird in Kürze eine weitere Forderung sein, die auf die Landmaschinenhersteller zukommt. Dazu müssen geeignete und rentable Analysemethoden für den Herstellungs- und Ernteprozess gefunden werden. Die NIR-Spektroskopie ist eine solche Methode, die schon seit längerem zur Analyse organischer Inhaltsstoffe eingesetzt wird. Mit der Entwicklung robuster und erschütterungsunempfindlicher NIR-Diodenarrays für die Spektroskopie sind für die Zukunft die technischen Voraussetzungen für den Einsatz dieser Technik auf Erntemaschinen gegeben.

## Prinzip und Möglichkeiten der NIR-Spektroskopie

Das Prinzip der NIR-Spektroskopie beruht auf der frequenzspezifischen Absorption des Infrarotlichtes durch molekulare Strukturen im Frequenzbereich des nahen Infrarot. Die Ermittlung des Absorptionsspektrums kann im Reflexions- oder Transmissionsverfahren erfolgen. Aus dem erhaltenen Spektrum wird mittels einer Kalibration die Konzentration verschiedener Inhaltsstoffe im Gut ermittelt. Aufgrund der hohen Absorption durch OH - Gruppen dominiert der Feuchtegehalt das Absorptionsverhalten des Erntegutes. Der Einfluss der Konzentration anderer Inhaltsstoffe auf das Absorptionsverhalten ist geringer, aber dennoch ausreichend für eine sichere Messung.

Die Herleitung der Kalibrationen geschah früher auf der Basis selektierter Wellenlängen. Im Zuge der Entwicklung moderner und leistungsfähiger Rechentechnik kommen heute meist multivariante „Vollspektralmethoden“ zur Anwendung. Diese Methoden nutzen die gesamte spektrale Information [1]. Die Kalibrationen für die NIR – Spektrometer sind also empirisch ermittelte Regressionsmodelle und in der Regel geräte- und produktspezifisch. Für die Übertragung von NIR – Spektroskopie Kalibrationen auf andere Geräte gibt es verschiedene Methoden [1,3].

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die NIR-Spektroskopie ein geeignetes Werkzeug für den quantitativen Nachweis organischer Inhaltsstoffe ist und somit zur Qualitätskontrolle herangezogen werden kann.

## Die Einsatzgebiete der NIR-Spektroskopie in der Erntetechnik

Die Ermittlung ertragsorientierter Parameter im Acker- und Futterbau stellt heute den Stand der Technik dar. So können bereits teilflächenspezifische Informationen über Masse und Feuchtegehalt des geernteten Gutes genutzt werden. Gemeinsam mit der Information über die Inhaltsstoffe stünde hier eine sehr umfassende Information sowohl für den Landwirt als auch den Abnehmer der Produkte zur Verfügung. Noch besteht in der Landtechnik für die Ermittlung der Inhaltsstoffe kein zwingender Bedarf, wengleich das Interesse an Qualitätsinformation in letzter Zeit stark gestiegen ist. Dies resultiert einerseits aus erhöhten Anforderungen an die Qualität der Erntegüter [7] sowie auch aus der Forderung diese Qualität nachzuweisen, andererseits ergibt sich auch aus der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung der Wusch nach Informationen zu den Inhaltsstoffen. Das zeigt, wie wichtig die Arbeiten zur Ermittlung von Inhaltsstoffen sind, zumal beispielsweise durch die Gesetzgebung der Qualitätsnachweis schnell zum Thema werden kann.

Für die Pflanzenzüchtung besteht der Bedarf an Qualitätskontrollsystemen in der Erntetechnik schon jetzt. Hier nimmt die Bestimmung der Konzentration der Inhaltsstoffe einen sehr hohen Stellenwert ein. Die Me-



Bild 1: Der Arbeitskreis „Kontinuierliche Qualitätskontrolle in der Erntetechnik“

Fig. 1: The working committee „Continuous quality control for harvesting technology“

thoden zur zerstörungsfreien Erfassung der Inhaltsstoffe sind bei den Pflanzenzuchtunternehmen weit verbreitet. Die Ermittlung der Inhaltsstoffe erfolgt im Laborbetrieb. Durch den Einsatz von NIR-Spektroskopiesystemen in der Erntetechnik kann in diesen Unternehmen eine große Kostenersparnis erzielt werden. Hier gibt es bereits marktreife Lösungen [4].

Ein Kernproblem für alle Anwender von NIR-Spektroskopiesystemen bleibt die aufwendige Kalibrierung. Speziell beim Einsatz in der Ernte stellt sich hier vor allem das Problem der Referenzprobennahme [2], da sicherzustellen ist, dass zwischen Feld und Referenzlabor keine Umwandlungsprozesse im Gut stattfinden. Hier müssen Standards geschaffen werden, die ein exaktes Arbeiten mit NIR-Spektroskopiesystemen ermöglichen.

Aus dieser Situation lässt sich schließen, dass eine Qualitätskontrolle nur dann Sinn macht, wenn all jene zusammenarbeiten, für die die Inhaltsstoffbestimmung interessant ist. Beispielsweise können die Landwirte so auf bereits vorhandene Erfahrungen der Züchter zurückgreifen. Nur eine breite gemeinsame Anwendung der Qualitätskontrolle mittels NIR-Spektroskopie führt auch zu der nötigen Genauigkeit der Werte, die im Endeffekt eine breite Akzeptanz der Inhaltsstoffbestimmung ermöglichen und die Eignung für Qualitätsnachweise begründen kann.

### Der Arbeitskreis „Kontinuierliche Qualitätskontrolle auf Erntemaschinen“

Das größte Problem für eine kontinuierliche Inhaltsstoffbestimmung stellt also die Referenzierbarkeit der Messwerte dar [2]. Hier muss eine zumindest landesweite, besser noch europaweite Standardisierung erfolgen. Auch für die Sensorik müssen einheitliche und herstellerübergreifende Bedingungen geschaffen werden. Aus dieser Erkenntnis heraus wurde von den John Deere Werken Zweibrücken der Workshop „Kontinuierliche Qualitätskontrolle auf Erntemaschinen“ initiiert, zu dem alle Interessenten eingeladen waren. Zu diesem Workshop am 18. und 19. 2. 2002 in Homburg waren Uni-

versitäten, Versuchsanstalten, Sensorhersteller, Landtechnik- und Futtermittelhersteller vertreten.

Diskutiert wurde unter anderem die Problematik der Standardisierung und Systemspezifikation [3], die Einflussfaktoren auf die NIR-Messung [4], die Anforderungen an die Messgenauigkeit der NIR-Systeme im Parzellenerntebereich und bei leistungsfähigen Großmaschinen [6].

Betont wurde noch einmal, dass ein Qualitätskontrollsystem nur dann erfolgreich eingeführt werden kann, wenn Sensorik, Probenhandhabung, Laboranalyse und Kalibrierung standardisiert sind. Nur „akzeptierte“ Werte bringen dem Kunden einen Nutzen [5], denn sie schaffen eine wertvolle Möglichkeit zur gezielten und besseren Vermarktung landwirtschaftlicher Produkte.

Als wesentliches Ergebnis wurde festgehalten, dass der Arbeitskreis „Kontinuierliche Qualitätskontrolle auf Erntemaschinen“, der sich zu diesem Workshop zusammengefunden hatte, als solcher weiterbestehen und zusammenarbeiten wird. Der Arbeitskreis wurde dazu in vier Arbeitsgruppen unterteilt (Bild 1).

Die Arbeitsgruppe *Marketing* Bereich *Marktfrucht* unter der Leitung von Prof. Isensee, Universität Kiel, richtet sich an die Zielgruppen Nahrungsmittelindustrie, Öl/Mühlen, Lohnunternehmer und Landwirte, Futtermittelindustrie, Mälzereien, Landhandel sowie Gesetzgebung.

Die Arbeitsgruppe *Marketing* Bereich *Futterbau* unter der Leitung von Dr. Snell, Universität Göttingen, wendet sich an die Zielgruppen Lohnunternehmer und Landwirte, Forschungsanstalten, Siliermittelhersteller und -prüfer, Tierernährung, DLG-Arbeitskreise sowie Gesetzgebung.

Die Arbeitsgruppe *Marketing* Bereich *Versuchswesen* arbeitet unter der Leitung von Dr. Paul, FAL Braunschweig. Die Zielgruppen dieser Arbeitsgruppe sind Saatzucht, Versuchsansteller, Hersteller, DLG-Arbeitskreise sowie Gesetzgebung.

Die Arbeitsgruppe *Technik / Kalibrierung* ist unter der Leitung von Prof. Bernhardt, TU Dresden, tätig. Hier sind Landmaschinenhersteller, Sensorhersteller, VDLUFA,

Laboratorien, „Datenbankbetreiber“, und Forschungseinrichtungen angesprochen.

### Ziele des Arbeitskreises

Wichtigstes Ziel des Arbeitskreises ist die Klärung der Frage ob, wo und wie Qualitätskontrolle in der Ernte umzusetzen ist. Dazu gilt es alle Nutzungsmöglichkeiten von Qualitätsdaten aufzuzeigen und herauszufinden, welche Qualitätsmerkmale überhaupt wichtig sind. Diese Nutzungsmöglichkeiten müssen natürlich den Kosten gegenübergestellt werden, um klarzustellen, wie sich Qualitätsdaten für den Landwirt auszahlen können.

Zur Klärung der Frage, wie Qualitätskontrolle in der Ernte umzusetzen ist, soll die Tätigkeit der Arbeitsgruppe *Technik / Kalibrierung* einen entscheidenden Beitrag leisten. Hier konzentrieren sich die Arbeiten auf die Entwicklung von Sensorlösungen, die dem Anspruch an die Inhaltsstoffbestimmung an sich sowie an die Standardisierung in diesem Bereich gerecht werden. Für diese Lösungen ergeben sich Probleme wie Materialführung zum Sensor, konstante Bedingungen der Probennahme, Automatisierung der Probennahme. Ein weiterer Schwerpunkt wird die Weiterentwicklung von Kalibriertechniken mit dem Blick auf eine Standardisierung sein.

Für die Arbeitsgruppe *Technik / Kalibrierung* ist ein Treffen in der 37. Kalenderwoche in Dresden geplant. Ziel dieses Treffens ist es, die Aufgaben und Arbeiten innerhalb der Arbeitsgruppe zu planen sowie Vorarbeiten für das nächste Treffen des Arbeitskreises zu leisten. Das nächste Treffen des Arbeitskreises soll Ende 2002 in Braunschweig unter der Leitung von Dr. Paul stattfinden.

Alle einzelnen Arbeitsgruppen stehen grundsätzlich jedem offen. Die Mitarbeit Interessierter in den jeweiligen Arbeitsgruppen sowie zu den Treffen ist ausdrücklich erwünscht. Besonders wichtig für die Tätigkeit des gesamten Arbeitskreises wäre die Mitarbeit der Lebensmittelindustrie und der Arbeitskreise der DLG.

### Zusammenfassung

Mit der NIR-Spektroskopie wird es bald möglich sein, auf der Erntemaschine Inhaltsstoffe und damit wesentliche Qualitätsparameter von Erntegütern zu erkennen. Dazu sind jedoch noch viele Arbeiten sowohl zu technischen als auch zu wirtschaftlichen Fragen notwendig. Der Arbeitskreis „Kontinuierliche Qualitätskontrolle in der Erntetechnik“, der sich dieser Arbeiten annehmen will, wurde in diesem Zusammenhang vorgestellt und die Arbeitsschwerpunkte und Ziele des Arbeitskreises erläutert.