Von Erik Borg,
Anja Klisch,
Rainer Ressl,
Carolin Wloczyk
und Edgar Zabel

# Precis

## Satellitenfernerkundung für

# ion

## eine nachhaltige Landwirtschaft

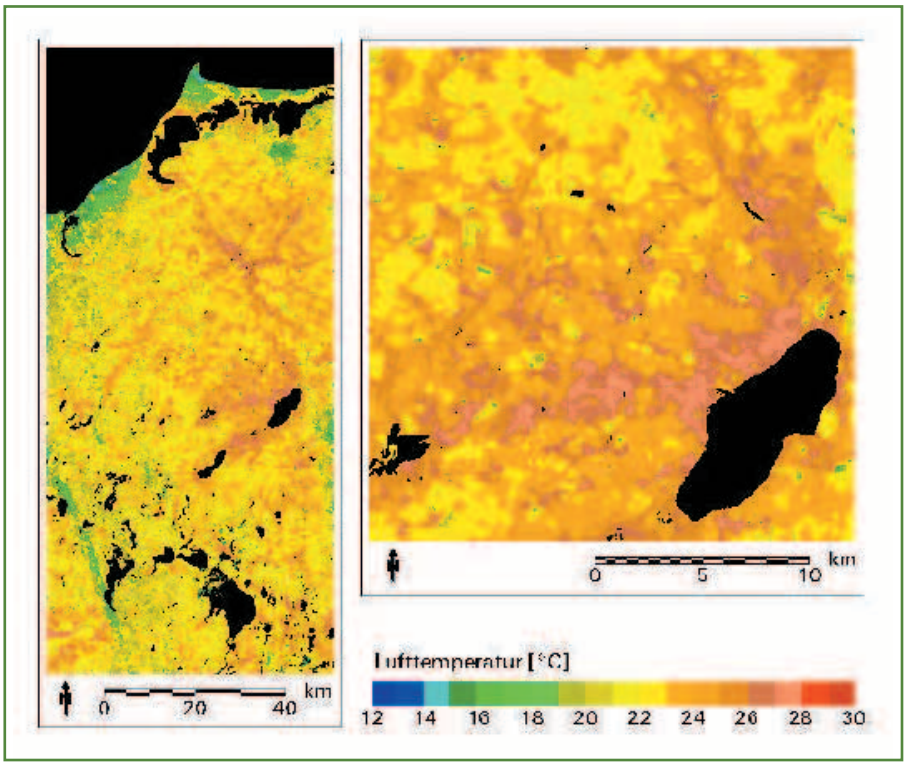
# Farming

Die Landwirtschaft dient dem gezielten Pflanzenanbau und der Haltung von Tieren zur Erzeugung von Nahrungsmitteln oder Rohstoffen für die Industrie. Auch sie unterliegt wie jeder andere Wirtschaftszweig marktwirtschaftlichen Randbedingungen, die zu konsequenter Optimierung der Produktion zwingen. Die Anpassung der Landschaft an die Bedürfnisse einer industriellen Bewirtschaftung, die Züchtung leistungsfähiger Sorten und der zunehmende Einsatz von Agrochemikalien (Kunstdünger, Insektizide, Fungizide, Herbizide) sind ein deutlicher Ausdruck dafür. Im Kern aller Bestrebungen steht immer die Erhöhung der Qualität und der Erträge bei gleichzeitiger Senkung des erforderlichen Betriebsmitteleinsatzes.

Insbesondere in Ostdeutschland entstanden deshalb große Schläge, die eine industrielle Bewirtschaftung ermöglichen. Dabei wird im Pflanzenbau der Schlag als kleinste Planungseinheit unter technologischen, fruchtfolgetechnischen und standörtlichen Aspekten definiert und durch annähernd gleiche Produktionseigenschaften charakterisiert. Wurden die Schlagform und -größe zunächst durch die jeweiligen Standortbedingungen (Boden, Hangneigung und andere) begrenzt, traten bei bewirtschaftungs- und prozessökonomischer Betrachtung zunehmend technisch-technologische Aspekte in den Vordergrund. Im Ergebnis nahm die schlaginterne Heterogenität permanent zu. Konflikte mit dem Umwelt- und Verbraucherschutz (Rückstände in Nahrungsmitteln) waren damit geradezu vorprogrammiert. Vor diesem Hintergrund ist Precision Farming (Teilschlagmanagement) eine richtige Antwort auf ökonomische und ökologische Fragen des gezielten Ackerbaus.

## Precision Farming

Das Konzept des Precision Farming ist denkbar einfach. Teilflächen eines Schlages, die sich in ihrem Ertragspotenzial voneinander unterscheiden, werden nicht einheitlich, sondern örtlich gezielt und bedarfsgerecht bewirtschaftet. Dazu muss eine lagegetreue Erfassung der Boden- und Bestandesheterogenität erfolgen, um sie in Entscheidungsprozessen berücksichtigen zu können. Ermöglicht wurde diese Entwicklung durch die umfassende Einführung komplexer Sensoren, der Navigation mit dem Global Positioning System (GPS) und Geographischer Informationssysteme (GIS) in den landwirtschaftlichen Betrieben.




## Informationsbedarf und Informationsquellen

Standortinformationen können in relativ stabile und in dynamische Informationen unterschieden werden. Als stabil werden Parameter bezeichnet, die einer geringen Prozessdynamik unterliegen. Die Aktualisierung der Daten kann somit in großen Zeitintervallen erfolgen. Dynamische Standortparameter unterliegen dagegen

einer hohen zeitlichen Variabilität, was eine Überwachung dieser Parameter in kurzen Zeitintervallen erforderlich macht.

Ganz prinzipiell bieten sich zur Erfassung der standörtlichen Variabilität unterschiedliche Verfahren an, die sich ergänzen oder ausschließen können:

- Digitalisierung analoger Unterlagen (z.B. Karten) ,
- In-situ-Messungen, Bonituren und Sichtkontrollen für die lokale und aktuelle Zustandserfassung und -kontrolle,
- maschinengestützte Applikationssensoren, geophysikalische Messverfahren und Messeinrichtungen zur aktuellen und positionsgenauen Steuerung der Maschinentechnik und Erfolgskontrolle (z.B. Ertragskartierungen),
- routinemäßige Low-cost „Spontanbefliegungen" mittels Kleinflugzeugen zur Beobachtung von Prozessabläufen,
- sporadische flugzeuggetragene Fernerkundung zur aktuellen Erfassung von Betriebssituationen,
- satellitengestütztes Fernerkundungsmonitoring zur aktuellen Erfassung von Prozesszuständen mit dem Schwergewicht auf der Interpretation quantitativer geophysikalischer Parameter.

Da die Bereitstellung flächendeckender Standortdaten aufwendig und kostenintensiv ist, werden die entsprechenden Verfahren ökonomisch kritisch hinterfragt. Das Potenzial zur Ableitung produktionsrelevanter Parameter vorausgesetzt, tritt die satellitengestützte Fernerkundung somit in Konkurrenz zu den anderen Verfahren. Dabei ist das Interesse auf folgende Parameterkomplexe gerichtet:

- bodenorientierte Informationen (z.B. Verbesserte Bodenkarte, Höhenmodell, Erosionsgefährdung, Wasserhaltevermögen, Makro- und Mikronährstoffe),
- vegetationsorientierte Informationen (z.B. Vegetationsstadien, Pflanzenkrankheit, Schädlingsbefall, Ertragsprognose),
- technologische Informationen (z.B. technologische Produktionskarten),
- agrarmeteorologische Informationen (z.B. Boden- und Lufttemperatur) sowie
- bewirtschaftungsorientierte Informationen (z.B. Parameter zum Nachweis nachhaltigen Bewirtschaftens).

## Satellitengestützte Fernerkundung für Precision Farming

Die satellitengestützte Fernerkundung kann großräumig flächendeckende Daten in relativ kurzen Zeitintervallen liefern. Da die Beobachtung bestimmter Boden- und Pflanzenzustände saisonal nur in einem sehr kleinen Zeitfenster möglich ist, besteht für die satellitengestützte Fernerkundung jedoch vielfach das Problem der Bereitstellung zeitkritischer Parameter mit nur einem Sensor. Hier kann die Verknüpfung verschiedener Sensoren, die eine Ableitung des gleichen Parameters erlauben, Abhilfe schaffen. Werden die gewonnenen Daten durch Assimilation zusammengeführt und in mathematische und Umweltmodelle integriert, kann die fehlende Information erzeugt werden. Da jedoch die Informationsgewinnung aus Satellitendaten vielfach für komplexe steuerungsrelevante Parameter noch mit hohem manuellem und zeitlichem Aufwand verbunden ist, werden diese im Bereich der dynamischen Parameter zur Steuerung landwirtschaftlicher Produktionsprozesse relativ selten eingesetzt. Hier muss eine zumindest teilweise automatisierte Verarbeitung der Daten in einem Realtime Service entwickelt werden. Um dann die Informationsprodukte optimal für das Precision Farming einzusetzen, müssen die Ergebnisse entweder in eine Beratung für den Landwirt eingebunden oder für eine Maschinensteuerung aufbereitet werden.

## Anwendungsbeispiele

Die Entwicklung und Vitalität von Pflanzenbeständen wird über ihre gesamte Entwicklung wesentlich durch agrarmeteorologische Parameter beeinflusst. Parameter, wie z.B. Temperatur und Feuchte, erscheinen auf großräumigen Wetterkarten relativ invariabel. Tatsächlich können sie aber auch innerhalb eines Schlages

*Abb. oben: Maschinengestützte Applikationssensoren (Stickstoffsensor auf Traktoren).*

*Abb. unten: Aus LANDSAT ETM+ - Daten Lufttemperatur (links: Überblicksdarstellung mit der Müritz im unteren Teil des Bildes, rechts: räumliche Verteilung der Lufttemperatur im Raum Demmin).*

*Abb. oben: Ableitung des Blattflächenindizes und Bedeckungsgrades aus Landsat-TM-Daten für das Erosionsmodell EROSION 3D.*

*Abb. unten: Anbaudaten der Interessengemeinschaft Demmin im Bereich Kruckow. Die Daten sind in einem Geographischen Informationssystem gespeichert und können so für spätere Auswertungen mit anderen Daten verschnitten werden.*

großen Schwankungen unterworfen sein. Und obwohl der Landwirt diese Größen selbst nicht beeinflussen kann (Ausnahmen sind die Be- und Entwässerung), sind agrarmeteorologische Daten für ihn von Interesse. Sie können beispielsweise darüber Auskunft geben, ob ein Bestand unter Hitze-, Trocken- oder Feuchtestress leidet. Zum einen können bestimmte Witterungsverläufe phytosanitäre Probleme (z.B. Pflanzenkrankheiten und Schädlingsbefall) nach sich ziehen oder zu ungünstigen Versorgungszuständen von Pflanzenbeständen führen. Bei rechtzeitiger Diagnose von Risikozuständen kann der Landwirt geeignete Gegenmaßnahmen einleiten, um den Ursachen dieser Stresssituationen entgegenzuwirken oder diese zumindest zu identifizieren.

Zudem ist der Landwirt im Rahmen der Umweltgesetzgebung verpflichtet, bei bestimmten agrochemischen Maßnahmen (z.B. bei der Applikation von Insektiziden und Pestiziden) definierte Grenzwerte (z.B. Windgeschwindigkeit) einzuhalten und nachzuweisen.

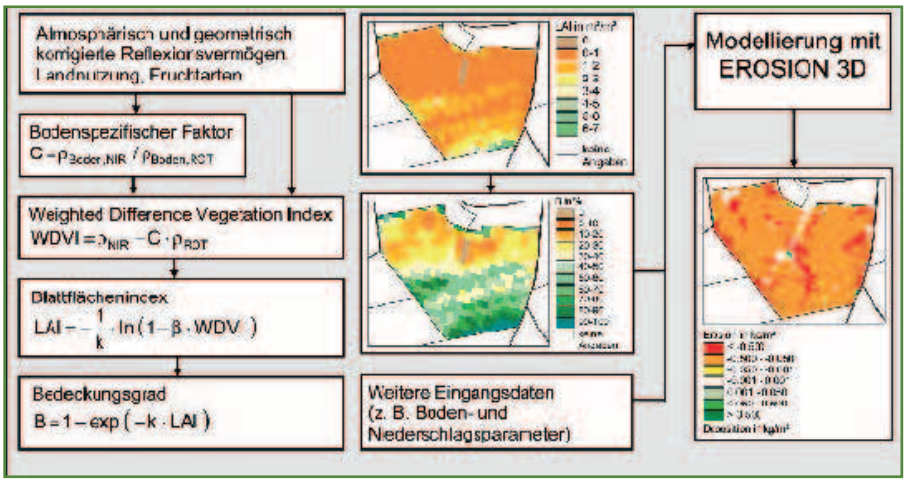
Neben diesen für den Landwirt ganz pragmatischen Ansätzen, sind agrarmeteorologische Daten für viele physikalisch orientierte Prozess- und Umweltmodelle entscheidende Eingangsgrößen. So können dem Landwirt hochwertige und praxisrelevante Fernerkundungsdatenprodukte über den Umweg der Nutzung von Umweltmodellen bereitgestellt werden. Das folgende Anwendungsbeispiel soll diese Vorgehensweise verdeutlichen.

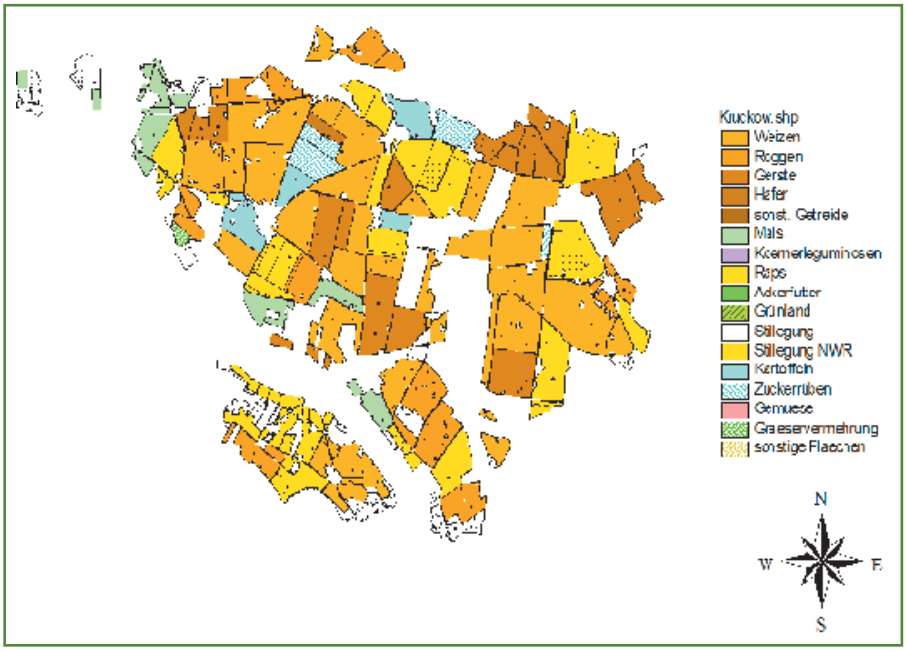
Die Erosion ist ein den Ertrag stark mindernder Prozess. Da dieser Prozess zum Teil schleichend ist, ist Kenntnis über die Lage erosionsgefährdeter und erodierter Schlagteile wichtig für die Ergreifung von Gegenmaßnahmen. Der Bereitstellung von Daten zum Erosionsprozess sind aber aufgrund des damit verbundenen Aufwandes erhebliche Grenzen gesetzt. Zur Schließung von Datenlücken wird dann auf Schätzparameter zurückgegriffen. Aus satellitengestützten Fernerkundungsdaten lassen sich aber eine ganze Reihe erosionsrelevanter Parameter ableiten, die das Relief, den Boden oder die Vegetation beschreiben. Diese können als Eingangsgrößen für Modelle verwendet werden, die beispielsweise den Stoff- und Wassertransport simulieren. Gerade die Modellierung der Bodenerosion von Wasser, die sich eine quantitative Erfassung von on-site-Folgen (z.B. Schäden auf landwirtschaftlichen Flächen) und off-site-Folgen (Schäden außerhalb des Standortes) zum Ziel setzt, kann einen Beitrag für Entscheidungsprozesse im Umfeld des Precision Farming leisten. Mit zunehmender Komplexität solcher Modelle werden eine höhere Anzahl aktueller Eingangsparameter erforderlich, deren Bestimmung im Feld arbeits- und kostenaufwendig ist. Zudem werden die Parameter punktuell, also an bestimmten Stellen und nicht flächenhaft wie bei der Fernerkundung, erfasst. In der vorliegenden Abbildung wird die beispielhafte Ableitung der Vegetationsparameter Blattflächenindex und Bedeckungsgrad für das physikalisch basierte Erosionsmodell EROSION 3D in einem Untersuchungsgebiet in Sachsen aus satellitengestützten Daten veranschaulicht.

## Praxistest

Wesentlich für die Entwicklung und Praxiseinführung von Fernerkundungsdatenprodukten ist deren Validation unter Praxisbedingungen. Nur über den Nachweis einer Praxistauglichkeit kann die Akzeptanz zu diesen Produkten beim Praktiker aufgebaut werden.

Mit der seit einigen Jahren bestehenden Kooperation zwischen der Interessengemeinschaft DEMMIN und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) wurde die dazu erforderliche Basis geschaffen. Mit der Interessengemeinschaft DEMMIN hat das DLR einen starken landwirtschaftlichen Partner mit circa 30.000 Hektar in Mecklenburg/Vorpommern mit sehr hoher Kompetenz im Precision Farming gewonnen. Eines der Ziele dieser Kooperation ist die Installation eines gemeinsamen Dauertestfeldes „Durable Environmental Multidisciplinary Monitoring Information Network (DEMMIN)“. Hier




sollen zum Teil sogar automatisch die für die Validation von Fernerkundungsdatenprodukten erforderlichen In-situ Daten gewonnen werden. Des Weiteren stehen für die Entwicklung praxisrelevanter Datenprodukte und deren Validation die naturwissenschaftlichen Betriebsdaten der Landwirte (z.B. Boden- und Nährstoffkarten, Ertragskartierungen) zur Verfügung.

## Ausblick

Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass für den Landwirt einfache Informationsprodukte, wie zum Beispiel Vegetationsindizes kaum nutzbar sind, da er die weitere Interpretationsarbeit zur Inwertsetzung dieser Produkte selbst nicht leisten kann. Zudem müssen die Ergebnisse den Landwirt während der Vegetationsperiode sehr schnell erreichen, damit er sie in seinem Entscheidungsprozess überhaupt berücksichtigen kann. Dazu muss einerseits die Auswertung von Fernerkundungsdaten (insbesondere komplexer Produkte) deutlich beschleunigt werden und zum anderen die Interpretationsergebnisse in einer für den Landwirt verständlichen und nutzbaren Art und Weise bereitgestellt werden. Zudem kann die satellitengestützte Fernerkundung gerade dann ihre Stärke ausspielen, wenn sie in umfassender Weise eine Vielzahl von geowissenschaftlichen Parametern zur Verfügung stellt, die dann in einer Umweltmodellierung zu hoch veredelten Endprodukten münden.

Mit der Kooperation zwischen der Interessengemeinschaft Demmin und dem DLR wurden wichtige Weichen gestellt, um den Dialog zwischen Praxis und Wissenschaft zu führen.

---

*Erik Borg, Anja Klisch, Rainer Ressl und Carolin Wloczyk sind wissenschaftliche Mitarbeiter des Deutsches Fernerkundungsdatenzentrums, Neustrelitz. Edgar Zabel ist Geschäftsführer der Geoinformatik Zabel und wissenschaftlicher Berater der Interessengemeinschaft Demmin.* ◄