Bestandesführung mit Satellitendaten und Wachstumsmodell

Mehr Wissen aus dem All

Mehrjährig ausgewertete Satellitendaten geben aus der Verteilung des Biomasseaufwuchses zuverlässige Hinweise auf Standortunterschiede von Schlägen. Das kontinuierliche Monitoring der Biomasseentwicklung während der Vegetationsperiode ist eine weitere Möglichkeit zur Nutzung von Satellitendaten im Precision Farming. Die Kombination mit einem Wachstumsmodell ermöglicht aktuelle und kleinräumige Prognosen.

Dr. Wolfgang Angermair[1], Dr. Heike Bach[2]

Optische Satellitensensoren, die landwirtschaftlich verwertbare Daten bereitstellen, gibt es seit rund 20 Jahren. Sie liefern Daten in einer räumlichen Auflösung, die mit den derzeitigen Anforderungen der teilflächenspezifischen Schlagbewirtschaftung zusammenpassen. Die derzeit für landwirtschaftliche Fragestellungen verwendetet Satellitensensorik basiert auf denselben Techniken, die auch von optischen Sensoren für den Schlepperanbau (N-Sensor, Greenseeker u.a.) bekannt sind. Im Vergleich zu fahrzeuggebundenen Sensoren erlauben Sensoren an Satelliten eine zeitgleiche räumliche Abdeckung großer Regionen bzw. des gesamten Betriebes. Da die Kosten für die Satelliteninfrastruktur als hoheitliche Aufgabe weitgehend vom Staat getragen werden, sind günstige Serviceangebote möglich. Die Beschaffung und Aufbereitung der Daten wird von spezialisierten Dienstleistern angeboten. Anwender müssen somit keine Investitionen in spezielles Know-how oder eigene personelle Ressourcen tätigen, um mit den Daten arbeiten zu können.

Neue Serviceangebote

Aufgrund der räumlichen Abdeckung und den Möglichkeiten der optischen Sensoren liegt die Unterstützung der Bestandesführung – Bestandesmonitoring – auf der Hand. Dafür gilt es, aus den hochwertigen Satellitenaufnahmen trotz der Unwägbarkeiten der Witterung zuverlässige und für den Nutzer planbare Produkte zu entwickeln. Das ist ein Ziel von TalkingFields. TalkingFields ist ein von der Europäischen Weltraumbehörde (ESA) im Rahmen von IAP (Integrated Applications Promotion) gefördertes Programm zur Nutzung von Satellitentechnik im Precision Farming unter Beteiligung der Firmen Vista Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH, Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), Department für Geographie, PC-Agrar GmbH und Land-Data Eurosoft, Pfarrkirchen. Ziel ist die Praxiseinführung satellitengestützter, integrierter Anwendungen im Ackerbau. Bisherige Angebote beschränken sich auf die Lieferung von aufbereiteten Satellitenbildern. Die in TalkingFields entwickelten Serviceangebote beziehen darüber hinaus produktionstechnische Informationen aus den Aufzeichnungen der Landwirte ein und verarbeiten diese in Simulationsmodellen. Die Kommunikation erfolgt über vernetzte Geodatendienste.

Satellitendaten zur Standortkartierung

Landwirte, die sich seit längerer Zeit mit der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung beschäftigen, wissen, welcher Aufwand zu betreiben ist, um zu einer zuverlässigen und belastbaren Einschätzung der Ertragsfähigkeit bzw. der Heterogenität der Flächen zu gelan-

Mit Sentinel 2, den die Europäischen Raumfahrtagentur 2013 ins All bringt, können mit Multispektralkameras hochaufgelöste Fotos von der Erdoberfläche angefertigt werden. *Foto: European Space Agency*

[1] *Land-Data Eurosoft Pfarrkirchen,* [2] *VISTA Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH München*

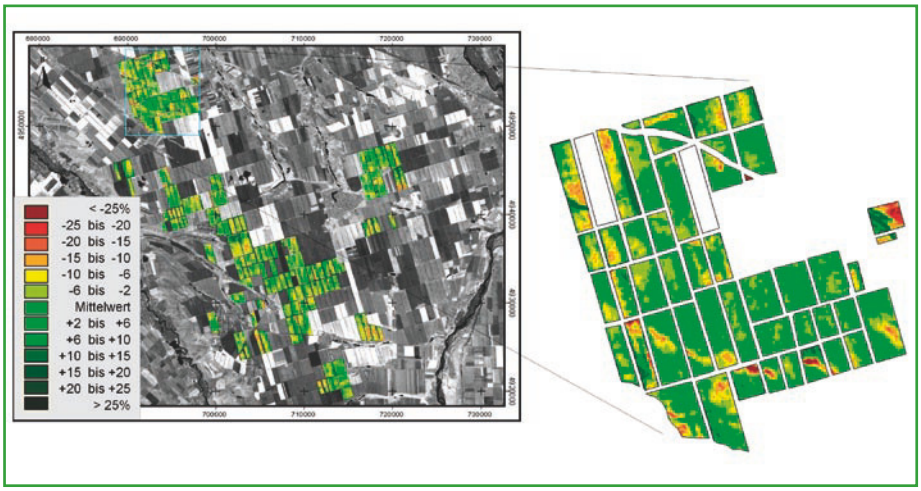

Abbildung 1: TalkingFields Basiskarte der Schläge eines Betriebes aus der Schwarzmeerregion.

Abbildungen 1 bis 5: www.talkingfields.de

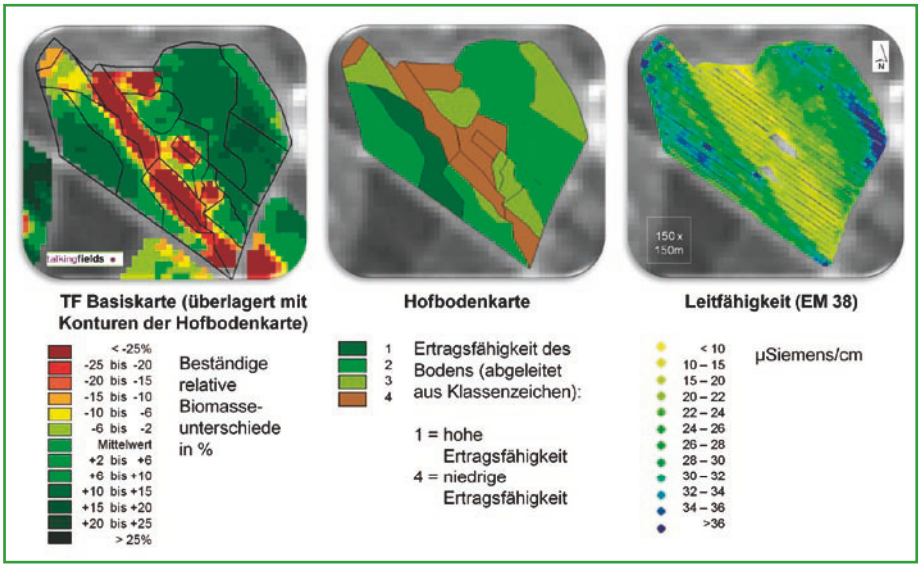

Abbildung 2: Vergleich der TalkingFields-Basiskarte mit der Hofbodenkarte und Leitfähigkeitsmessung.

gen. Die derzeit angewendeten Verfahren wie Luftbildanalyse, Leitfähigkeitsmessung oder die Scanergebnisse von Online-Sensoren sowie Ertragskarten sind bekannte und wissenschaftlich bestätigte Methoden. Sie erfordern mehr oder weniger Aufwand für die Datenerfassung und zusätzliches Know-how für die Aufbereitung und Interpretation der Daten. Sie liefern allerdings jeweils „nur" Momentaufnahmen. Wenn man Ergebnisse unterschiedlicher Verfahren hat, dann sind diese nicht direkt miteinander vergleichbar.

Der Ansatz von TalkingFields zur Standortkartierung zielt darauf ab, aus der Analyse einer größeren Zahl Satellitenaufnahmen beständige Unterschiede in den Eigenschaften eines Standortes herauszufinden. Das Ergebnis ist also kein Schnappschuss wie z. B. bei einem Luftbild, sondern das Ergebnis statistischer Auswertungen. TalkingFields nutzt hierzu Archivdaten und die Fachkompetenz, die sich die Kooperationspartner VISTA, Landdata Eurosoft und die LMU über viele Jahre in der Interpretation und Bewertung dieser Daten erarbeitet haben.

Wenn man einen Standort zuverlässig kartieren will, dann gilt es, die für ihn spezifischen Muster zu finden und zu quantifizieren. Diese Informationen befinden sich in den Satellitenaufnahmen. Die „Kunst" besteht darin, an den richtigen Stellen und mit den richtigen Methoden zu suchen. Mit den entwickelten geostatistischen Methoden sind die Ergebnisse reproduzierbar und können bewertet werden. Trotzdem gibt es keine Garantie, dass in jedem Fall beständige Muster zu finden sind. Aber auch dann hilft die Erkenntnis, dass der Schlag sehr homogen ist.

Der Aufwand für den Landwirt bei der Nutzung der satellitengestützten Standortkartierung ist gering. Er muss lediglich die Konturen der gewünschten Schläge zur Verfügung stellen und Sperrflächen markieren. Aufgrund der Auflösung gibt es natürlich Einschränkungen: Die Mindestschlaggröße beträgt derzeit 2 ha und als Mindestbestellumfang gilt ein Volumen von 200 ha.

Ein Ergebnis ist die sogenannte TF (TalkingFields) Basiskarte. Diese Karte zeigt die beständigen, relativen Biomasseunterschiede innerhalb der Schläge. Diese werden mit Hilfe von Satellitenaufnahmen zu mehreren Zeitpunkten in verschiedenen Jahren ermittelt. Diese Methode wurde in den letzten Jahren an einigen 10.000 ha erfolgreich erprobt.

Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse von Flächen eines Betriebes aus der Schwarzmeerregion. Verrechnet wurden Satellitendaten aus den Jahren 2007 bis 2009. Trotz augenscheinlich hervorragender natürlicher Verhältnisse, die die in dieser Region vorherrschende Schwarzerde erwarten lässt, zeigen auch diese Flächen ausgeprägte und persistente Unterschiede im Biomasseaufwuchs. Wie aus der Farbskala ablesbar, schwanken die Unterschiede um etwa +/–25 bis 30 % vom Mittelwert. Diese Unterschiede sind auf den Schlägen mit durchschnittlich 200 ha mit dem Auge größtenteils nicht feststellbar. Bei einem Ertragsniveau von etwa 5,2 t Weizen je Hektar dort im Schnitt der letzten Jahre bedeutet dies eine Differenzierung des Zielertrages von etwa 4 t bis 7 t. Natürlich liegt es an den Agronomen im Betrieb, aus diesen Informationen konkrete Maßnahmen abzuleiten, z. B. durch gezielte Bodenanalyse entsprechend der Zonierung der festgestellten beständigen Muster, durch Differenzierung der Aussaatstärke oder andere Maßnahmen.

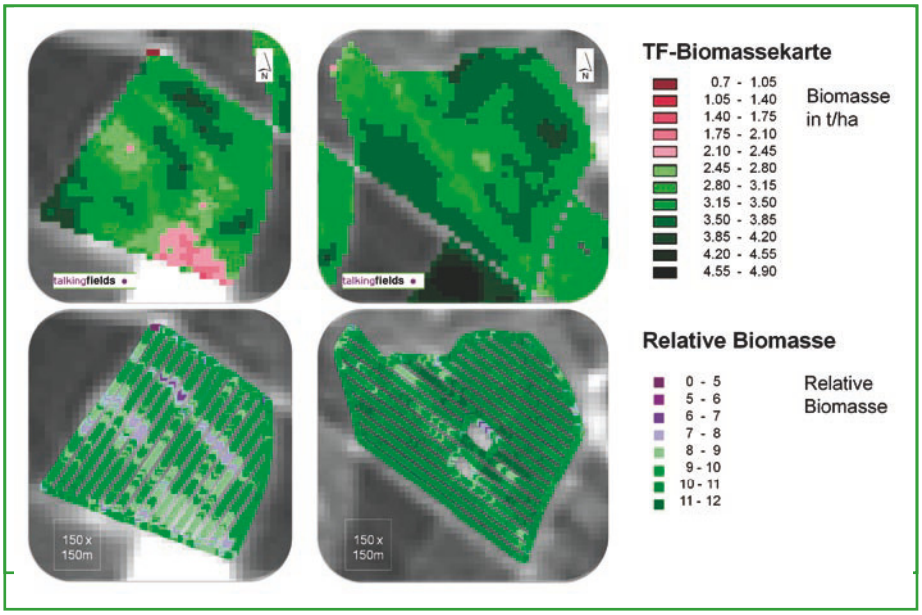

Abbildung 3: Vergleich der aus Satellitendaten ermittelten Biomasse mit vom Stickstoffsensor am Schlepper ermittelten Daten.

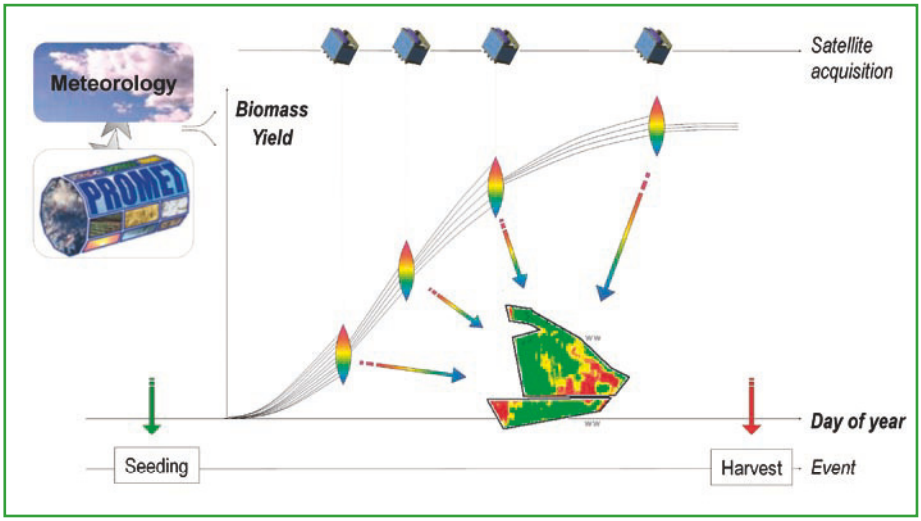

Abbildung 4: Funktionsprinzip der Nutzung von Satellitendaten im Wachstumsmodell Promet.

Vergleich mit anderen Kartierungsverfahren

Zur Überprüfung der Qualität der TalkingFields Basiskarte wurde für die Flächen des landwirtschaftlichen Betriebs von Rüdiger Klamroth (Börnecke, Sachsen-Anhalt) zunächst die TF Basiskarte erstellt. Der Betriebsinhaber zählt zu den Pionieren der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung und hat in den vergangenen Jahren bereits mehrere Verfahren der Standortkartierung durchgeführt, immer mit dem Ziel, das Wissen über die Beschaffenheit der Flächen zu verbessern.

Nach erster Analyse der TF-Basiskarte erfolgte der Vergleich mit der Hofbodenkarte und der Leitfähigkeitsmessung. Abbildung 2 zeigt den Vergleich beispielhaft für einen Schlag. Er bestätigt, dass die TF-Basiskarte die Zonierung der Hofbodenkarte sehr exakt und sogar in relativ kleinräumigen Übergängen gut abbildet. Die Verrechnung der mehr-

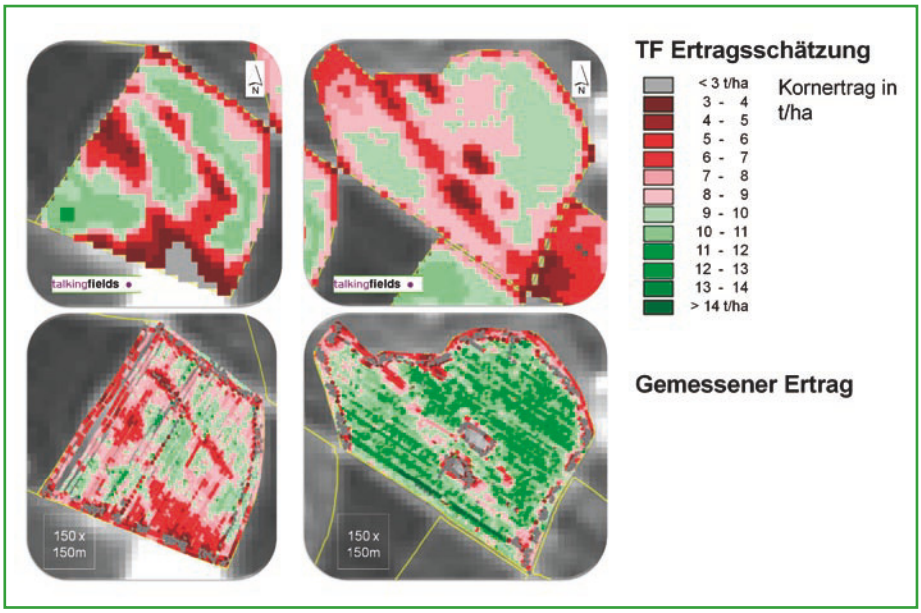

Abbildung 5: Vergleich von mit Promet modellierten Erträgen mit Daten der Ertragskartierung.

jährig ermittelten Biomassenunterschiede repräsentiert in einigen Grenzbereichen die Ertragsfähigkeit sogar tendenziell besser als die Hofbodenkarte. Eine Erklärung dafür liefert die unterschiedliche Perspektive der beiden Ansätze: Die Bodenkarte enthält umfassende bodenkundliche Informationen zum Standort und informiert damit über das Bodenpozential, das der Standort zur Verfügung stellen kann. Die TF Basiskarte interpretiert den Schlag durch Analyse der Biomasse. Die Biomasse projiziert neben den Bodenverhältnissen auch die weiteren wachstumsbestimmenden Faktoren wie Temperatur, Helligkeit und die tatsächlichen Wasserverhältnisse. Besonders der Faktor Wasser wird auch im Vergleich mit den Messergebnissen der elektrischen Leitfähigkeit augenscheinlich. Die Bereiche mit beständig besonders hoher Biomasse liegen auf diesem Standort überwiegend in den Zonen mit hoher Leitfähigkeit. Dort müssen nicht unbedingt die allerbesten Bodenverhältnisse vorliegen. Umgekehrt kann aus einer hohen Leitfähigkeit nicht zwangsläufig auf hohe Biomasse gefolgert werden. Wie die Darstellungen des Beispielschlages zeigen, reicht im nordwestlichen Bereich des Schlages auch eine hohe Leitfähigkeit (als Indiz für gute Wasserverhältnisse) bei den dort vorherrschenden Bodenverhältnissen nur für unterdurchschnittlichen Biomasseaufwuchs aus.

Mit der TF Basiskarte hat der Landwirt ein wirksames und preiswertes Hilfsmittel zur Standortkartierung. Diese kann als Grundlage für eine gezielte Bodenbeprobung und als hochwertige Informationsquelle zur Erstellung von Applikationskarten für die teilflächenspezifische Aussaat und (Grund-)Düngung genutzt werden. In Kombination mit anderen Verfahren wie z. B. der Bodenkarte kann die Qualität der Standortbeurteilung auf einem hohen Niveau hergestellt werden.

Satellitendaten zur Bestandsführung

Für die Bestandsführung sind möglichst tagesaktuelle Einschätzungen des Vegetationszustandes und der Vegetationsverteilung gefragt. Die zur Stickstoffdüngung verwendeten optischen Sensoren zum Schlepperanbau dienen genau diesem Zweck und funktionieren wie die Satellitensensoren nach dem Prinzip der Reflexionsmessung. Mehrfach angestellte Vergleiche bestätigen eine deckungsgleiche räumliche Verteilung der aus Satellitenbildern gewonnenen Daten zu den mittels Stickstoffsensor gemessenen Werten (Abbildung 3).

NEUE LANDWIRTSCHAFT FRAGT

Woher kommen die Satellitendaten, wie aktuell müssen sie sein?

Über die Zusammenarbeit der Entwickler von TalkingFields mit den Anbietern von Satellitendaten und über die Angebote für Landwirte sprach Neue Landwirtschaft mit **Dr. Heike Bach** von der VISTA Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH in München. Außerdem äußert sich die Spezialistin zur Eignung von TalkingFields für unterschiedliche Betriebsgrößen.

Für landwirtschaftliche Anwendungen aufbereitete Satellitendaten werden von verschiedenen Unternehmen angeboten. Meistens stammen sie von Tochterfirmen der Satellitenbetreiber. Von wem stammen die Aufnahmen für TalkingFields?

Da brauchen wir uns zum Glück nicht festzulegen, da wir völlig unabhängig von den Satellitenbetreibern agieren. Somit können wir alle technisch geeigneten Sensoren nutzen und das Risiko durch den Ausfall eines Sensors minimieren. Für den Landwirt bedeutet das, dass wir in seinem Sinne immer zur fachlich und finanziell besten Lösung greifen.

Nach landläufiger Meinung ist es mit Satellitendaten ähnlich wie mit der Tageszeitung, es zählt nur Aktualität. Was halten Sie von dieser Einschätzung?

Für die Standortkartierung sind topaktuelle Satellitenbilder nicht notwendig. Anders ist das für die Bestandesführung. Unser TalkingFields Ansatz sieht vor, dass prinzipiell täglich neue Informationen vom Landwirt abgerufen werden können. Dabei werden stets die aktuellen Wetterdaten genutzt und die Satellitenbilder werden, sobald sie zur Verfügung stehen, tagesaktuell in die Analysen integriert.

Welches Risiko geht ein Landwirt ein, wenn er TalkingFields-Services bestellt?

Eigentlich gar keines. Derzeit bieten wir eine TF-Basiskarte an. Die weiteren Produkte sind noch in der Demonstrationsphase bei ersten Testanwendern. Durch das Feedback dieser Anwender sowie den Vergleich mit den von ihnen eingesetzten konventionellen Methoden stellen wir sicher, dass nur validierte Produkte von uns angeboten werden. Wir gehen davon aus, dass das 2013 der Fall sein wird. Für die TF Basiskarte werden zahlreiche Satellitenbilder mehrerer Jahre genutzt. Sollten trotzdem keine geeigneten Satellitenaufnahmen vorliegen oder sollte aus sonst einem Grund das Verfahren keine statistisch verlässlichen Ergebnisse für einen Schlag liefern, dann wird dieser Schlag auch nicht in Rechnung gestellt.

Die landwirtschaftlichen Strukturen in Deutschland sind vor allem im Westen und Süden relativ kleinräumig. Ist das ein Markt für Satellitentechnologien?

Natürlich macht die landwirtschaftliche Struktur in Ostdeutschland den Einsatz von Satellitentechnologien einfacher und damit diesen Markt für Dienstleistungsanbieter wie TalkingFields attraktiver. Muss man sich aber nicht umgekehrt fragen, ob die meist kleineren Betriebs- und Schlaggrößen in West- und Süddeutschland und die damit verbundenen schwierigeren ökonomischen Rahmenbedingungen nicht eher nach einen Ausgleich verlangen? Sollten wir nicht gerade diesen Service z. B. der bayerischen Landwirtschaft anbieten, damit die Wettbewerbsnachteile nicht noch größer werden? Natürlich müssen die Schläge eine Mindestgröße haben, damit eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung prinzipiell Sinn macht. Aber ab dieser Größe sind auch Satellitenauswertungen sinnvoll möglich. Nun gilt es Lösungen zu finden, dass das Angebot der satellitengestützten Betriebsführung auch in West- und Süddeutschland lukrativ für den Landwirt und den Satellitendienstleister ist.

Trotz einer zeitlichen Differenz von 10 Tagen zeigen die aus den Satellitendaten gewonnenen Informationen flächendeckende sowie räumlich und zeitlich übereinstimmende, Biomasseinformationen zu den vom Stickstoffsensor am Schlepper ermittelten Daten.
Dem Vorteil der großräumlichen Abdeckung, d.h. die zeitgleiche Beobachtung großer Regionen bzw. des gesamten Betriebes, steht lediglich das Wolkenrisiko entgegen, da optische, fernerkundliche Systeme freie Sicht erfordern. Bekanntermaßen ist das Bewölkungsrisiko während der Vegetationsperiode vor allem unter den gegebenen mitteleuropäischen Klimaverhältnissen nicht kalkulierbar. Daher sind Geschäftsmodelle, die ausschließlich auf der Interpretation von Satellitendaten beruhen, dem Witterungsrisiko ausgesetzt. Dieser Überlegung folgend basiert der Ansatz von TalkingFields zur laufenden Bestandsführung auf einer Kombination von Fernerkundung und Wachstumsmodell, welches Prognosen in die Zukunft und einen lückenlosen Zeitverlauf herstellt.

In die Zukunft rechnen

Abbildung 4 zeigt das Funktionsprinzip des Wachstumsmodells Promet. Unter Verwendung standortspezifischer Daten zu Boden, Meteorologie und Produktionstechnik ermittelt das Wachstumsmodell die Entwicklung des Biomasseaufwuchses. Während der Vegetationsperiode erfolgt zu mehreren Terminen aus aktuellen Satellitenaufnahmen eine Kalibrierung der prognostizierten Werte mit den tatsächlich gemessenen Werten. Diese Kalibrierung ist nicht an bestimmte Termine oder Vegetationsstadien gebunden. Damit kann das Problem mit der Bewölkung minimiert werden. Als Ergebnis werden tagesgenau kleinräumige Aussagen zum Biomasseaufwuchs auf den Flächen prognostiziert. Während der Vegetationsperiode können aus diesen Informationen Applikationskarten für die (N-) Düngung sowie zur teilflächenspezifischen Ausbringung von Wachstumsreglern oder Fungiziden entwickelt werden.
Die Wachstumssimulation wird bis zum Ende der Vegetationsperiode fortgesetzt. Für die Planung der Ernte lassen sich unterschiedliche Reifegrade verschiedener Sorten bestimmen. Gerade in Jahren mit labilen Erntebedingungen (Sommer 2010) können derartige Informationen unschätzbare Vorteile zur vorbeugenden Qualitätssicherung leisten.
Zur Beurteilung der Güte der Prognose des Ertrages wurden vergleichende Untersuchungen vorgenommen. Der Vergleich mit den tatsächlich gemessenen und gewogenen Erträgen wird in Abbildung 5 für zwei Beispielschläge gezeigt. Es ist eine Deckungsgleichheit des modellierten Ertrages mit den gemessenen und gewogenen Daten der Ertragskartierung vorhanden. Selbst kleinräumige Ertragsunterschiede werden gut modelliert. Nach statistischer Verrechnung der Prognoseergebnisse aller Schläge wurde bei Weizen eine Überschätzung von rund 15 % des Ertrags für die Hauptsorte festgestellt. Dieses Ergebnis ist bereits beachtlich, wenn man bedenkt, dass die Modellierung ohne jede Kalibrierung oder Anpassung der Parametrisierung erfolgte. Für die weitere Verbesserung der Prognosequalität soll die Ertragsmodellierung parametrisiert werden, um die Einflüsse von Sorten, Vorfrucht und anderen Faktoren zu berücksichtigen.

Fazit: TalkingFields hat als Methode zur Schlaginventur die Ergebnisse anderer Verfahren bestätigt. Die Daten sind schnell und großräumig verfügbar, der Aufwand für den Betriebsleiter ist gering. Bei einem Einführungspreis in Höhe von 3 €/ha für die TF Basiskarte liegen die Kosten deutlich unter denen anderer Informationsquellen (z. B. Leitfähigkeitsmessung). Bei der Lokalisierung beständiger relativer Biomasseunterschiede sowie bei der Erstellung absoluter Biomassekarten sind die Ergebnisse deckungsgleich mit den verfügbaren Informationsquellen bzw. mit den Biomassekarten des Betriebes. Die Ertragsmodellierung führte ohne Parametrisierung qualitativ zu deckungsgleichen Ergebnissen im Vergleich zur Ertragskartierung, quantitativ war eine geringe Überschätzung festzustellen. Neben der Abschätzung des zu erwartenden Ertrags können daraus bereits frühzeitig wichtige Indikatoren zur Sortenwahl abgeleitet werden. *(mö)* NL