



Für intensiv bewirtschaftete Flächen funktionierte die Prognose des Schnittzeitpunktes gut.

# Wann muss gemäht werden?

Foto: Wiernans

Den optimalen Schnittzeitpunkt zu treffen, ist heikel. Tobias Reuter und Dieter Trautz haben ein digitales System getestet, das die Entscheidung erleichtern soll.

Zu Beginn der Grünlandernte müssen oft schnelle Entscheidungen getroffen werden. Wann gemäht wird, machen Sie neben der Aufwuchshöhe und dem Wetterbericht auch von Ihrem »Bauchgefühl« abhängig. Wie gut wäre es, wenn Sie auf ein System zurückgreifen könnten, das Sie in Ihrer Entscheidung unterstützen kann. Hier kommt die Künstliche Intelligenz (KI) ins Spiel. Sie bietet die Möglichkeit, große Datenmengen zu verarbeiten und zu vereinfachen und somit bei Entscheidungen zu unterstützen. Dabei können auch komplexe, ungewisse Situationen bewältigt werden. Ebenso ist es möglich, Wissen zu formalisieren und Anwendenden zur Verfügung zu stellen. Dabei ist zwischen verschiedenen Arten der KI zu unterscheiden. Aktuell sind durch »ChatGPT« Neuronale Netze sehr promi-

nent. Sie sind dem menschlichen Gehirn nachempfunden und ermöglichen es, basierend auf einem Datenpool, Muster selbstständig zu erlernen. In der Landwirtschaft werden diese häufig für die Bilderkennung von Unkräutern oder Ertragsprognosen verwendet, aber auch weitere Anwendungen sind möglich. Im Folgenden wird ein neu entwickeltes Expertensystem zur Entscheidungsunterstützung bei der Ernte von Grünlandflächen vorgestellt und die ersten Evaluierungsergebnisse diskutiert.

**Entscheidungsunterstützungssystem: vom Expertenwissen zu Regeln.** Als Grundlage für das Entscheidungsunterstützungssystem wurden Experteninterviews sowie Literaturrecherchen durchgeführt, um darauf aufbauend Schlussfolgerungs-

regeln zu formulieren. Das System kann auf Grundlage dieser Regeln verschiedene Managementoptionen vorschlagen und berücksichtigt dabei unterschiedlichste Daten als Input. Generell sind mehrere Anwendungsfälle möglich, auch außerhalb des Grünlands. Das System ist jederzeit erweiter- und veränderbar.

**Die Wettervorhersage des Deutschen Wetterdienstes** kann man automatisch anhand der Postleitzahl des Schlags ermitteln, um anschließend daraus den Mahdzeitpunkt zu bestimmen. Dabei wird für Silage eine trockene Periode von zwei Tagen vor und drei Tagen nach dem Schnitttag vorausgesetzt. Für Heu ist eine längere Trockenzeit von fünf Tagen nach dem Schnitt nötig.

Weiterhin wird der Pflanzenbestand beobachtet, um zu entscheiden, ob dieser die Voraussetzung für die Ernte erfüllt. Für die Ernte sollte die Pflanzenhöhe mindestens 25 cm betragen. Auch beim Wachstumsstadium gibt es Unterschiede zwischen Heu- und Silageflächen. Durch die für Silage angestrebte höhere Verdaulichkeit ergibt sich die Empfehlung, zwischen Beginn und Ende des Rispschiebens zu ernten. Bei Heu hingegen soll erst zur Blüte oder später gemäht werden, um einen ausreichenden Rohfasergehalt zu gewährleisten.

Durch Nutzung eines Wachstumsmodells ist es möglich, parallel dazu den Rohfasergehalt zu ermitteln, um daraus den optimalen Schnittzeitpunkt von Silage zu bestimmen. Die Regeln sind so formuliert, dass nicht alle Daten vorhanden sein müssen, um eine Entscheidung zu treffen, wenn z. B. die Pflanzenhöhe nicht erhoben werden konnte. Alle vorhandenen Daten führen zu einer Empfehlung des Schnittzeitpunkts sowie Verwendung des Mähguts (Silage oder Heu).

**Wie gut funktioniert das System in der Praxis?** 2022 wurde auf 13 Betrieben in West- und Nordwestdeutschland das Entscheidungssystem angewandt. Betrachtet wurden insgesamt 29 Flächen, die unterschiedliche Standortbedingungen und Managementformen hatten. Der überwiegende Anteil wurde von konventionellen Milchviehbetrieben bewirtschaftet, dane-

ben waren auch ökologische Milchvieh-, Ackerbaubetriebe sowie Pensionspferdehalter vertreten. Die Flächen waren in intensiv und extensiv eingeteilt. Bei extensiven Flächen erfolgte die erste Mahd nach dem 31. Mai 2022. Darunter fielen alle Heu-, aber auch einige Silageflächen. Insgesamt wurden 198 Einzelmessungen durchgeführt. Für vergleichbare Untersuchungsergebnisse wurde eine Kurzanleitung erstellt, mit der sich innerhalb von zehn bis fünfzehn Minuten eine Fläche beurteilen lässt. Die Datenaufnahme erfolgte in Zeitintervallen zwischen sieben und 21 Tagen. Neben dem eigentlichen Boniturtermin waren die vier darauffolgenden Tage potentielle Schnitzeitpunkte, da der Pflanzenbestand in diesem Zeitraum keinen gravierenden Veränderungen unterworfen ist und das Wetter nicht konstant sein muss. Die Empfehlungen des Systems wurden dann rückblickend mit den Entscheidungen der Betriebsleitung (Expertenwissen) verglichen und bewertet. Wird der gesamte Datensatz betrachtet, zeigt das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) von

## Expertensystem

Seit den 1960er Jahre sind Expertensysteme bekannt und im Einsatz. Dabei wird menschliches Wissen in formalisierte Regeln übersetzt, oft als Wenn-dann-Regeln. Daraus können konkrete Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Der Vorteil ist, dass hierzu keine großen Datensätze notwendig sind, um die KI zu trainieren, da diese logischen Verknüpfungen auf menschlichem Wissen basieren. Dadurch sind Funktionsweise und Schlussfolgerungen vollkommen transparent.

0,746 eine befriedigende Genauigkeit (Grafik, S. 16). Ein  $R^2$  von 1 würde einen perfekten Zusammenhang darstellen. Im Mittel weicht die Empfehlung um 7,8 Tage ab. Die maximale Abweichung ist aber 49

Tage, was für eine praktische Anwendung deutlich zu hoch ist. Werden nur die intensiv bewirtschafteten Flächen betrachtet, zeigt sich ein deutlich höheres Bestimmtheitsmaß  $R^2$  von 0,891 und die mittlere Abweichung sinkt auf 3,2 Tage. Für intensiv bewirtschaftete Silageflächen sind die Ergebnisse also gut, anders sieht es bei extensiver Bewirtschaftung aus.

**Die große Differenz beim gesamten Datensatz** lässt sich damit erklären, dass für extensive Flächen eine frühe Empfehlung als Silage erfolgte. In der Realität wurde diese aber erst mehrere Wochen später als Heu oder Silage geerntet. Dies waren Flächen für Werbung von Pferdeheu oder Futter für die extensive Rinderhaltung. Eine Fläche durfte aufgrund der Teilnahme des Betriebs an einem Naturschutzprogramm erst ab 1. Juni geerntet werden. Entsprechende Managementstrategien waren bisher nicht im Entscheidungsunterstützungssystem implementiert und konnten daher nicht berücksichtigt werden. Stattdessen wurde der nächst-

**Stärker.  
Breiter.  
Besser.**

**EINS**  
MIT GETREIDE.

MIT  
**BOOSTING-  
EFFEKT**

Pflanzenschutzmittel vorsichtig verwenden. Vor Verwendung stets Etikett und Produktinformation lesen. Warnhinweise und -symbole beachten.  
Bilder: aerial333, dule964, sveten (stock.adobe.com)

**Verben™**

**FUNGIZID**

**Das neue Universalfungizid  
im Getreide**

- Mit dem Wirkungsplus gegen Mehltau, Halmbruch und viele mehr
- Ideale Wirkstoffkombination für den perfekten Start
- Günstiges Anwendungsprofil

*Das Prognosemodell war mit seinem Schnitzeitpunkt leicht zu früh dran, aber noch im passenden Qualitätsfenster.*

mögliche Termin vorgeschlagen. Künftig soll es möglich sein, zwischen weiteren Zielprodukten zu wählen, wenn es sich z. B. nicht um Silage handelt. Für alternative Nutzungen ist eine Anpassung der Regeln notwendig. Besonders die minimale Wuchshöhe sollte erhöht werden.

**War die Empfehlung richtig?** Die recht geringen Rohfasergehalte aus Futtermittelanalysen von vier Flächen zeigen, dass die beteiligten Milchviehbetriebe 2022 eher früh, aber doch im passenden Qualitätsfenster geerntet haben. Das Jahr 2022 war durch geringe Niederschläge und Hitze geprägt, wodurch die Bestände schnell reiften und die Landwirte sich für eine frühere Ernte entschieden. Die Empfehlungen waren daher für Silage in der Regel leicht zu früh, aber dennoch sachgerecht. Es muss beachtet werden, dass auch die Entscheidungen in der Praxis suboptimal sein können. Denn der Mahdzeitpunkt ist auch abhängig von Maschinen- und Arbeitskräfteverfügbarkeit. So wird z. B. der Schnitt gegebenenfalls verschoben, wenn

die Getreideernte ansteht. Das System empfiehlt zurzeit auf Feldebene. In der Realität würde über den Erntetermin für alle infrage kommenden Grünlandflächen des Betriebs entschieden, was teilweise Kompromisse nötig macht. Eine weitere Erklärung für Unterschiede könnte die Frequenz der Datenaufnahme sein, die bisher nur alle sieben bis 21 Tage erfolgt. Geeignete Wachstumsmodelle können die Datenlücken durch Interpolierung schließen. Fernerkundliche Daten auf Basis von Drohnen bzw. Satelliten können diese Modelle weiter verbessern und den Landwirt bei der Datenaufnahme entlasten.

Die Empfehlung der Ernteform war in der Regel richtig. Oft wurden sowohl Sila-

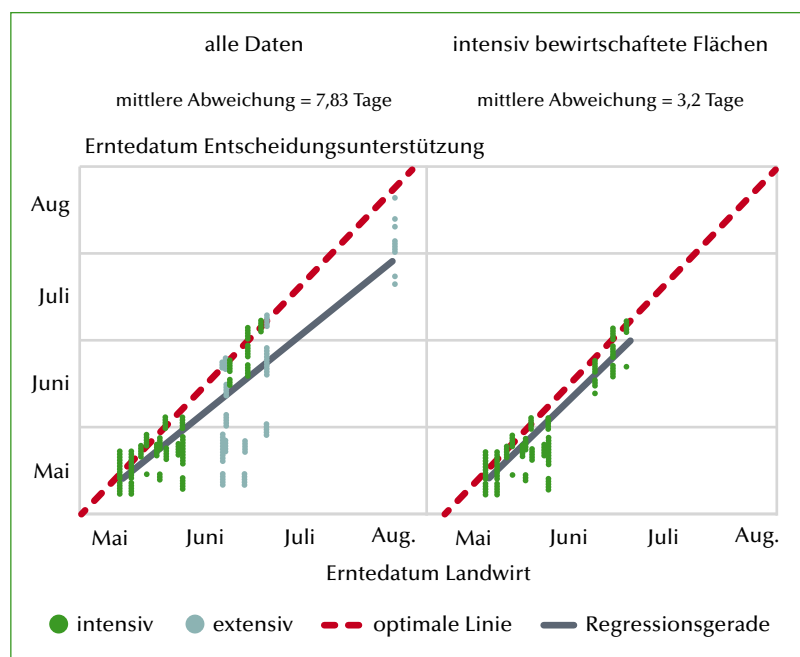
ge als auch Heu empfohlen, wenn die Wetterbedingungen den Voraussetzungen entsprachen. Dies ist so vorgesehen, damit der Landwirt entscheiden kann, was für seinen Betrieb am besten geeignet ist.

**Ausblick.** Eine gute Vorhersagegenauigkeit konnte bei den Empfehlungen zum Schnitt von Silageflächen als Milchviehfutter erzielt werden. Dennoch ist ein Anpassen der Regeln nötig, um die Ergebnisse weiter zu verbessern. Für die Schnittempfehlungen von extensiv genutzten Flächen sind umfangreichere Veränderungen notwendig. Das System ist zur Entscheidungsunterstützung konzipiert und soll die Anwendenden beraten und ihnen keinesfalls die Entscheidung abnehmen. Die betrieblichen Bedingungen in der Praxis sind komplex und aufgrund dessen schwer in Regeln zu formalisieren. Entscheidungsunterstützung kann diese komplexen Vorgänge vereinfachen, indem sie Daten zusammenfasst und mit formalisiertem Expertenwissen kombiniert. Daher soll künftig eine benutzerorientierte Ergebnispräsentation ergänzt werden, die übersichtlich zeigt, wann und wie geerntet werden kann. Dies könnte in Form von Tabellen oder als Karten in Geoinformationssystemen geschehen. Potentiell können für viele weitere Themengebiete ähnliche Entscheidungsunterstützungssysteme entwickelt werden, wie z. B. für Düngung oder Pflanzenschutz. Das Fachwissen dafür ist in der Landwirtschaft vorhanden, und eine gute Datenbasis liegt im Allgemeinen vor.



Foto: Wiermans

## Wie weit weicht die Ernteempfehlung ab?



Die Grafik zeigt den Zusammenhang zwischen dem tatsächlichen Erntedatum und dem empfohlenen der Entscheidungsunterstützung.

*Tobias Reuter und Prof. Dr. Dieter Trautz,  
Arbeitsgruppe Agrarökologie und  
umweltschonende Landbewirtschaftung,  
Fachhochschule Osnabrück*

# Eine genauere Ertragsprognose für den Aufwuchs

**GrasProg.** Bislang gab es kein System, das den Ertrag im Grünland deutschlandweit, für sämtliche Schnitzeitpunkte und abhängig von lokalen Niederschlägen exakt voraussagen konnte. Das bisherige Ertragsmodell »FOPROQ« der Universität Kiel konnte dies lediglich für den nordwestdeutschen Raum und auch nur für den ersten und zweiten Schnitt.

Deshalb startete die Gruppe Grünland und Futterbau der Universität Kiel unter der Leitung von Prof. Dr. Friedhelm Tabbe 2021 ein Forschungsprojekt zur Weiterentwicklung des Modells, nun unter dem Namen »GrasProg«. Ziel war es, das Modell für Intensivgrünlandstandorte zu kalibrieren, Optimierungspotentiale aufzuzeigen und die Anwendungsoberfläche neu zu gestalten.

**Praxistauglichkeit erwiesen.** Kürzlich wurden die Ergebnisse vorgestellt. Das Prognosemodell hat die Praxisreife erreicht. Vorausgesetzt wird darin, dass die Bewirtschaftung, z. B. Düngung, technische Verfahren in der Grünlandpflege und ein hoher Anteil Weidelgras, vom Betrieb optimal durchgeführt wird. Neben Bestands-

merkmalen, die das Wachstumspotential während der Vegetationsperiode beschreiben, gehen Umweltfaktoren als Schätzgröße für den verfügbaren Bodenwasservorrat (eingeteilt in leicht, mittel und schwer) ein. Dazu gehört z. B. die Bodenart. Ein weiterer wichtiger Bestandteil sind die täglichen Wetter- und Niederschlagsdaten.

**Zentrale Bedeutung für die späteren Ergebnisse** hat die Qualität der erfassten Eingabedaten der Witterungsparameter. Deshalb wurde bereits in der Startphase des Projektes überprüft, wie die Eingangsdaten verbessert werden können.

In der bisherigen Forschung bildeten überwiegend die öffentlich zugänglichen Wetterdaten die Grundlage. Diese erhebt in der Regel eine vom untersuchten Feldstück mehrere Kilometer entfernte Station. Das kann zu Fehlprognosen führen. Deshalb wurden an den Messstandorten Wetterstationen platziert. Sie erfassen die Wetterdaten unmittelbar vor Ort. Das ermöglicht eine genauere Bewertung des Einflusses der Wetterdaten auf die Modelergebnisse und damit die zu erwartende Aufwuchsmenge.

– fu –

## Nimm die Zukunft in die Hand.

**EINS**  
MIT GETREIDE.

**Premium-  
produkt  
zum fairen  
Preis**

Pflanzenschutzmittel vorsichtig verwenden. Vor Verwendung stets Etikett und Produktinformation lesen. Warnhinweise und -symbole beachten.

## Univoq™

Inatreq™ active

**FUNGIZID**

**Der neue Wirkstoff gegen Krankheiten im Getreide**

- Beeindruckende Wirkung gegen alle relevanten Krankheiten im Getreide
- Höchste Wirksamkeit gegen Septoria inkl. resistenter Stämme
- Zukunftsweisende i-Q4 Formulierung für höchste Anwenderzufriedenheit

