

Gefördert durch



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projekträger



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Erntezeitbestimmung im Silomais mittels Satellit

T. Kunkel, S. Miersch, M. Deutsch

Die Kenntnis über den Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) von Maisbeständen ist wichtig, um den Erntezeitpunkt für einen optimalen TS-Gehalt von 30 % bis 35 % zu bestimmen. Der TS-Gehalt ist dabei vom Kornanteil, der Körnerreife und dem Abreifegrad der Restpflanze abhängig. Je näher der Erntezeitpunkt heranrückt, desto wichtiger ist eine regelmäßige Reifekontrolle der Maisbestände. Seit 2017 stehen der Landwirtschaft, mit dem letzten Start der Sentinel-2 Erdbeobachtungssatelliten der Europäischen Weltraumorganisation (ESA), dafür neue Möglichkeiten zur Verfügung. Das Satellitenpaar umkreist die Erde in einer Flughöhe von ca. 790 km und misst die Reflexion des Sonnenlichts von der Erdoberfläche. Im Abstand von ungefähr 3 Tagen überfliegt ein Satellit Deutschland und generiert neue Aufnahmen in 290 km breiten Abtaststreifen. Die Aufnahmen werden im sichtbaren bis nahen Infrarotbereich in 13 Spektralkanälen erzeugt. Diese Spektralbilder werden kostenfrei durch die ESA zur Verfügung gestellt. Dabei ist eine wolkenfreie Sicht auf das Beobachtungsgebiet von entscheidender Bedeutung für die Qualität der Aufnahmen, da Wolken und Wolkenschatten die Reflexion stark beeinflussen. Die maximale Auflösung der Bilder beträgt zehn mal zehn Meter. Durch Verrechnen von zwei oder mehreren Spektralbildern können sogenannte Vegetationsindizes erstellt werden. Die verschiedenen Vegetationsindizes bilden indirekt, spezifische Vegetationsmerkmale wie z.B. Chlorophyllgehalt, Blattflächenindex oder Wassergehalt ab. Durch Hinzufügen von weiteren Informationen wie Aussaattermin, Niederschlagsmenge, Temperatursummen sowie Abreifeverhalten der angebauten Maissorte kann ein Algorithmus den TS-Gehalt errechnen, sowie eine Prognose über den zukünftigen Verlauf erstellen. Welche Vegetationsindizes und Informationen in die Berechnung des TS-Gehalts einfließen und wie diese gewichtet werden ist Entscheidung der jeweiligen Anbieter und des genutzten Modells. In der Regel ist die Nutzung von TS-Prognosemodellen an den Erwerb von Sorten der entsprechenden Anbieter gebunden und stehen anschließend kostenfrei zur Verfügung. Zur Nutzung ist es nötig sich auf den Portalen der jeweiligen Anbieter zu registrieren. Anschließend werden die Maisschläge mit den Sorten des Anbieters eingezeichnet bzw. die Feldgrenzen im shape-Format hochgeladen. Zusätzlich wird die angebaute Sorte, Menge gekaufter Einheiten, Chargennummer sowie Aussaatdatum abgefragt. Sind diese Informationen

eingetragen, erhält man ab August den aktuellen TS-Gehalt der eingetragenen Schläge sowie Prognosen über die weitere Abreife. Diese Angaben werden wöchentlich aktualisiert. Die Informationen können über die Webseite des Anbieters bzw. per App abgerufen werden. Um die Zuverlässigkeit von TS-Prognosemodellen zu beurteilen, wurden die Modelle ‚SAT-TS Monitoring‘ der Firma KWS Saat und ‚SKY TS‘ der Firma AgroMais gewählt. In den letzten Jahren haben weitere Anbieter TS-Prognosemodelle in ihr Angebot aufgenommen. Abbildung 1 zeigt beispielhaft einen Ausschnitt der Webanwendung ‚SAT-TS‘ für einen ausgewählten Schlag.



Abbildung 1: Ausschnitt der Webanwendung ‚SAT-TS Monitoring‘ der Firma KWS Saat mit TS-Prognose für den 25.08.2020 (das aktuelle Datum ist in der Kopfzeile weiß hinterlegt, die dargestellte Prognose für den 25.08.2023 ist orange unterstrichen)

An den Tagen mit dem Zusatz ‚Analyse‘ sind die mittels Satellitendaten berechneten TS-Gehalte angezeigt. Die jeweiligen TS-Werte sind in einem zehn mal zehn Meter Raster über den gesamten Schlag dargestellt und farblich hinterlegt. Werte von über 39,5 % TS werden farblich nicht weiter unterschieden. Die Anbieter aktualisierten die TS-Berechnungen einmal wöchentlich zum Donnerstag, basierend auf den Daten der letzten auswertbaren Satellitenaufnahme. Bereiche mit unterschiedlicher Abreife lassen sich somit leicht erkennen, was besonders in sehr heterogenen Beständen von Vorteil ist. Im Beispiel von Abbildung 1 variieren die prognostizierten TS-Gehalte innerhalb des Schlags am 25.08.2020 von 29 % bis 34 %. Im Mittel über den gesamten Schlag liegt der prognostizierte TS-Gehalt bei 33 %. Eine Prognose über die Entwicklung der TS-Gehalte für die folgenden Tage ist ebenfalls verfügbar. Abbildung 2 zeigt eine Zeitreihe der TS-Gehaltsprognose für den gleichen Schlag von Beginn der Beobachtung bis kurz vor die Ernte.

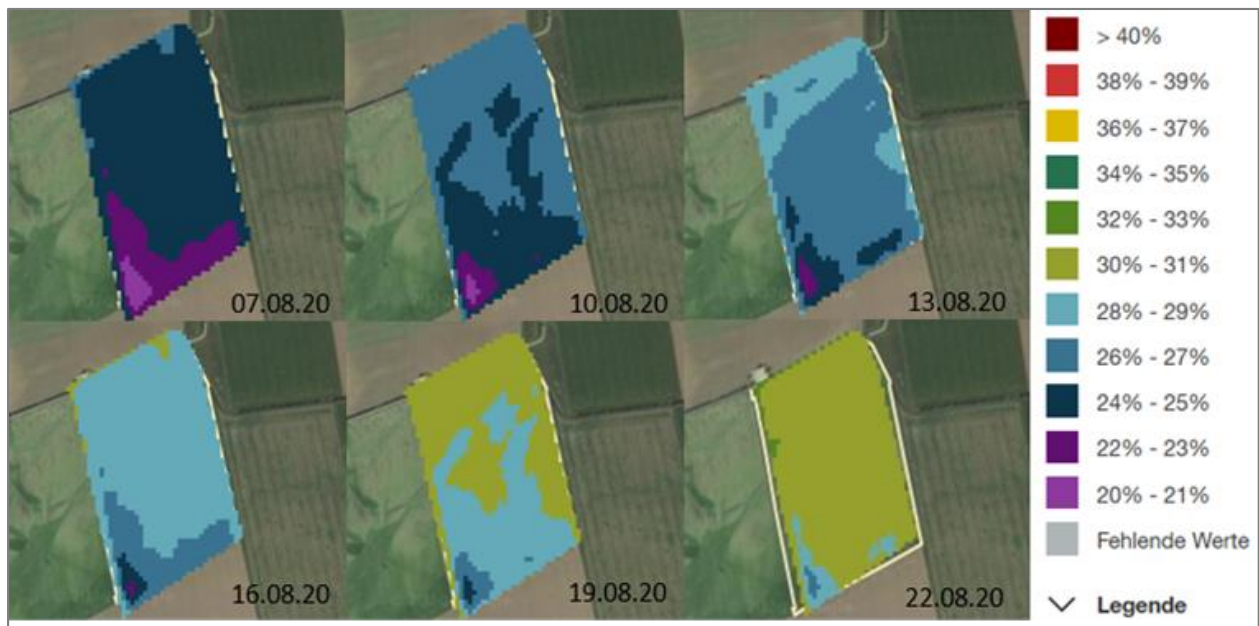


Abbildung 2: Zusammenstellung einer Zeitreihe der TS-Gehaltsprognose für einen ausgewählten Schlag vom 07.08.2020 bis zum 22.08.2020 auf Grundlage der Webanwendung 'SAT-TS Monitoring'

Als Kriterium für die Auswertbarkeit von Satellitenaufnahmen wird üblicherweise eine maximale Bewölkung von 20 % im Bildausschnitt empfohlen (COZACU ET AL. 2022). Dadurch kann es vorkommen, dass es über längere Zeiträume keine geeigneten Aufnahmen gibt. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass die Prognosemodelle auf die zuletzt auswertbaren Satellitendaten zurückgreifen. Zur Beurteilung der Vorhersagegenauigkeit wurden im Rahmen des LANDNETZ-Projekts seit 2020 zwei Prognosemodelle getestet. Auf insgesamt sechs Schlägen am Lehr- und Versuchsgut (LVG) Köllitsch, des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), wurden TS-Gehalte verschiedener Maissorten schlagspezifisch erfasst und verglichen. Die TS-Gehalte mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) auf dem Feldhäcksler für den gesamten Schlag direkt erfasst. Zur Überprüfung der NIRS Messungen wurden am Tag der Ernte auf fünf Schlägen zusätzliche Handproben zur TS-Bestimmung genommen. Dabei unterscheiden sich die TS-Werte der Handproben und NIRS-Messungen lediglich um 0,6 % bis 1,6 % im durchschnittlichen TS-Gehalt über den gesamten Schlag. Durch die hohe Übereinstimmung wurde die NIRS-Messung als Referenzmethode für einen ganzflächigen Vergleich mit den errechneten TS-Werten der Prognosemodelle gewählt. Eine Übersicht der Ergebnisse aus drei Versuchsjahren findet sich in der folgenden Tabelle 1.

Tabelle 1: Trockensubstanzgehalte der Nahinfrarotmessung im Feldhäcksler und der Prognose in Abhängigkeit von Prognosemodell, Sorte, Schlag und Erntejahr

Prognosemodell	Sky TS		Sky TS		SAT TS		Sky TS		SAT TS		SAT TS	
Schlaggröße	13,7 ha		8,4 ha		15,1 ha		13,7 ha		37,1 ha		12,5 ha	
Sorte	AMAVIT (S 210)		AMAVIT (S 210)		SIMPATICO (S 250)		AMAVIT (S 210)		SIMPATICO (S 250)		KWS JARO (S 230)	
Ernte	24.08.2020		25.08.2020		25.08.2020		22.09.2021		13.09.2021		06.09.2023	
Methode	NIRS	Prognose	NIRS	Prognose	NIRS	Prognose	NIRS	Prognose	NIRS	Prognose	NIRS	Prognose
TS-Gehalt Min. (%)	38,2	32,5	32,3	32,5	29,0	28,5	35,5	36,5	25,0	30,5	39,1	36,5
TS-Gehalt Mittel (%)	45,1	32,5	40,7	32,5	35,2	32,3	41,2	38,6	30,7	33,1	50,9	38,6
TS-Gehalt Max. (%)	51,9	32,5	46,7	32,5	41,2	32,5	47,0	39,5	36,0	38,5	62,0	39,5

Die vorhergesagten TS-Gehalte der Prognosemodelle zeigten im direkten Vergleich zur NIRS Messung auf dem Feldhäcksler teils starke Abweichungen. In Abbildung 3 sind beispielhaft die gemessenen TS-Gehalte durch NIRS mit den prognostizierten TS-Gehalten des Modells ‚SAT-TS‘ am Tag der Ernte (25.08.2020) gegenübergestellt (Abbildungen 4 – 8 zu den weiteren Ernteterminen finden sich im Anhang).

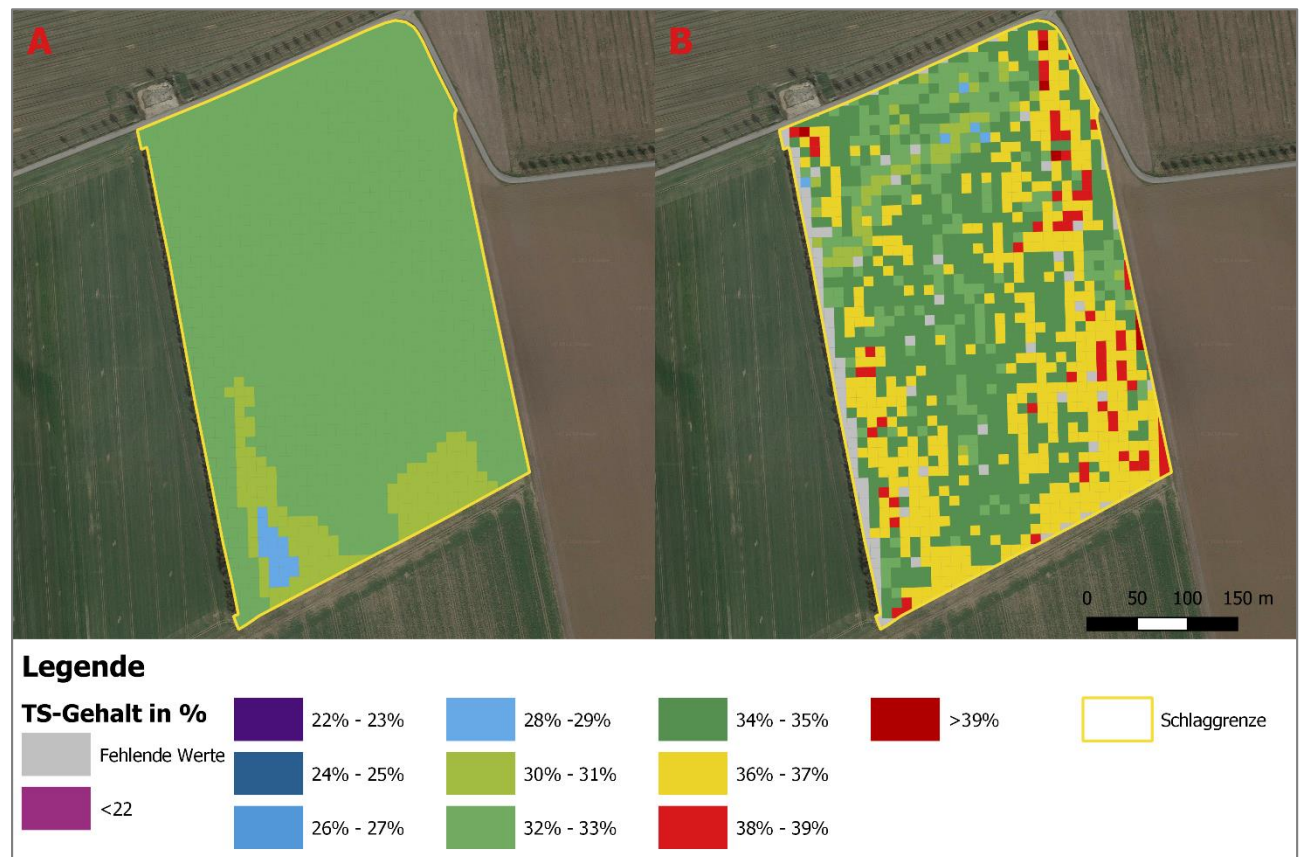


Abbildung 3: TS-Gehalt nach Prognosemodell „SAT TS“ von KWS (A) und NIRS im Feldhäcksler (B) am Tag der Ernte, 25.08.2020

Beim Vergleich der TS-Gehalte aus Tabelle 1 scheint der Jahreseffekt den größten Einfluss zu haben. Das Erntejahr 2020 war durch eine ausgeprägte Trockenheit über die gesamte Vegetationsperiode gekennzeichnet. Dies führte zu einem schnellen ab- bzw. vertrocknen

der Restpflanze. Dadurch wurden die Silomaisbestände in Köllitsch bereits Ende August geerntet. Wie bereits erwähnt, ist eine wolkenfreie Sicht auf den Schlag, ohne Beschattung, Voraussetzung für eine Berechnung des TS-Gehalts mittels Satellitendaten. In 2020 wurde die TS-Prognose vor der Ernte zuletzt am 20.08 aktualisiert. Die letzte wolkenfreie Satellitenaufnahme wurde am 16.08.2020 aufgenommen, acht bis neun Tage vor der Ernte. Der mittlere TS-Prognosewert der frühen Sorte AMAVIT (S210) unterschied sich um 8 % bzw. 13 % vom tatsächlichen TS-Gehalt zur Ernte (NIRS). Die gemittelten TS-Werte der Sorte SIMPATICO (S 250) unterschieden sich lediglich um 3 % zwischen beiden Methoden. Im Vergleich zur mittelfrühen Sorte SIMPATICO ist die frühe Sorte AMAVIT während der extrem trockenen und heißen Tagen vor der Ernte wesentlich schneller abgereift als vom Prognosemodell erwartet. In 2021 waren die Wachstumsbedingungen für die Silomaisbestände am LVG Köllitsch mit 120 Liter/m² Niederschlag von Anfang August bis zur Ernte im September und maximalen Temperaturen von 30° C wesentlich günstiger im Vergleich zum Vorjahr. Die Maisbestände befanden sich in einem guten Zustand und es kam zu einer normalen physiologischen Abreife. Im Erntejahr 2021 unterschieden sich die mittleren TS-Werte zwischen NIRS und Prognosemodell bei beiden Sorten lediglich um ca. 3 %. Die letzte auswertbare Satellitenaufnahme wurde am 08.09.2021 aufgenommen. Die Ernte der Sorte AMAVIT (S210) erfolgte erst 14 Tage später. Trotz der recht langen Zeitspanne zwischen Satellitenaufnahme und Ernte lag der prognostizierte TS-Werte nur 2,6 % unter dem gemittelten NIRS-Wert des Feldhäckslers. Anscheinend konnten die Prognosemodelle in der Saison 2021 auf Grund der im Vergleich zu 2020 gleichmäßiger und langsamer verlaufenden Abreife genauere TS-Werte berechnen. In der Saison 2023 prognostizierte das Modell SAT-TS für die Sorte KWS JARO (S230) einen um 12 % geringeren TS-Gehalt im Vergleich zur NIRS Messung. Wie bereits 2020 litten die Silomaisbestände in Köllitsch im Erntejahr 2023 unter erheblichen Wassermangel. Von Anfang August bis zur Ernte Mitte September, gab es lediglich 57 Liter/m² Niederschlag bei gleichzeitig hohen Temperaturen von bis zu 34° C. Die letzte auswertbare Satellitenaufnahme für die Prognose zum Erntetermin am 06.09.2023 gab es am 26.08.2023.

Fazit

Basierend auf den gewonnenen Erfahrungen scheinen die TS-Prognosemodelle bei schnell abreifenden bzw. abtrocknenden Beständen an Genauigkeit zu verlieren. Es ist bekannt, dass bei Temperaturen von über 30° C die TS-Gehalte der Gesamtpflanze schnell um mehr als 1 % pro Tag ansteigen können. Besonders unter diesen Umständen sind aktuelle Satellitendaten notwendig, um die Abreife der Bestände nachvollziehen zu können. Durch die Komplexität der Modelle ist es für den Anwender nicht nachvollziehbar, welche Datengrundlage für die angezeigte Prognose verwendet wurde. Auch wenn die Prognosemodelle zum

Teil eine starke Abweichung zur tatsächlichen Entwicklung der TS-Gehalte zeigten, bieten sich doch einige Vorteile für den Landwirt. Auf den anwenderfreundlich gestalteten Portalen, lässt sich schnell und einfach ein Überblick über die voranschreitende Abreife mehrere Schläge verschaffen. Eine rechtzeitige Probennahme zur TS-Bestimmung der Maisbestände ist aber nach wie vor unerlässlich, um den Erntetermin für eine möglichst optimale Silagequalität zu planen. Durch die ganzflächige Darstellung der Maisbestände in den Prognosemodellen, lassen sich gerade auf heterogenen Schlägen, Zonen unterschiedlicher Abreife identifizieren. Somit können wichtige Hinweise gewonnen werden, wann und wo mit der Bestandsbeobachtung begonnen werden sollte.

1. Anhang

1.1. Vergleich TS-Prognose und NIRS im Feldhäcksler 2020

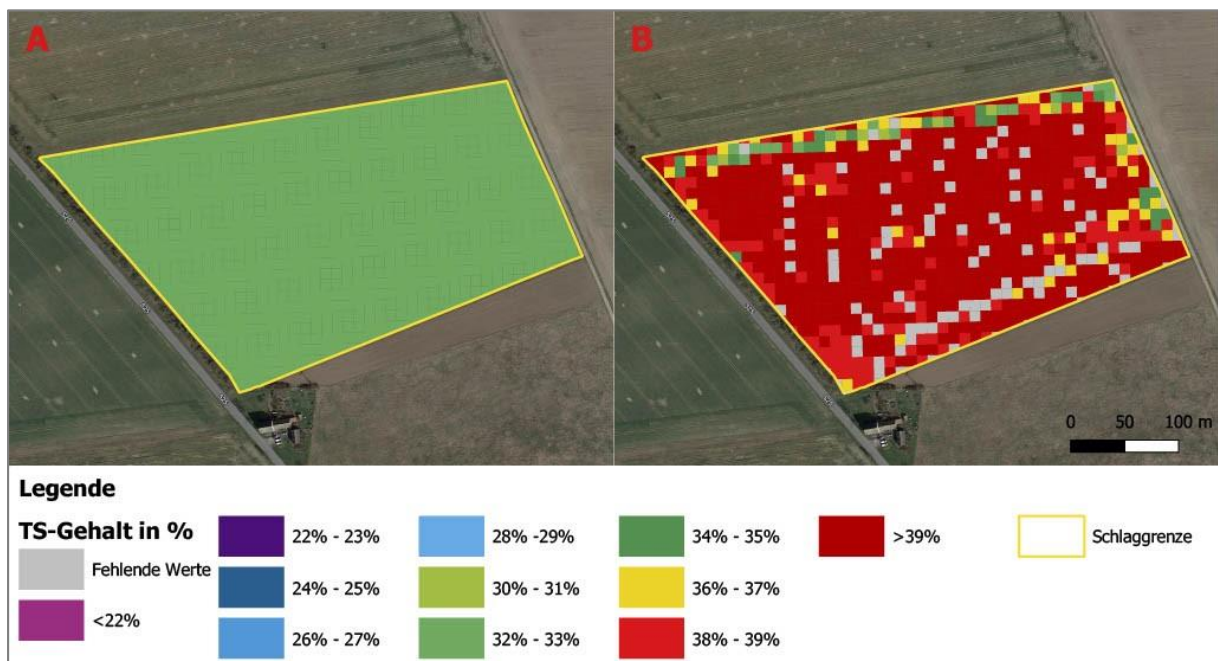


Abbildung 4: TS-Gehalt nach Prognosemodell „Sky-TS“ von AgroMais (A) und NIRS im Feldhäcksler (B) am Tag der Ernte, 25.08.2020



Legende

TS-Gehalt in %	22% - 23%	28% - 29%	34% - 35%	>39%	Schlaggrenze	
Fehlende Werte	24% - 25%	30% - 31%	36% - 37%			
<22%	26% - 27%	32% - 33%	38% - 39%			

Abbildung 5: TS-Gehalt nach Prognosemodell „Sky-TS“ von Agromais (A) und NIRS im Feldhäcksler (B) am Tag der Ernte, 24.08.2020

1.2. Vergleich TS-Prognose und NIRS im Feldhäcksler 2021

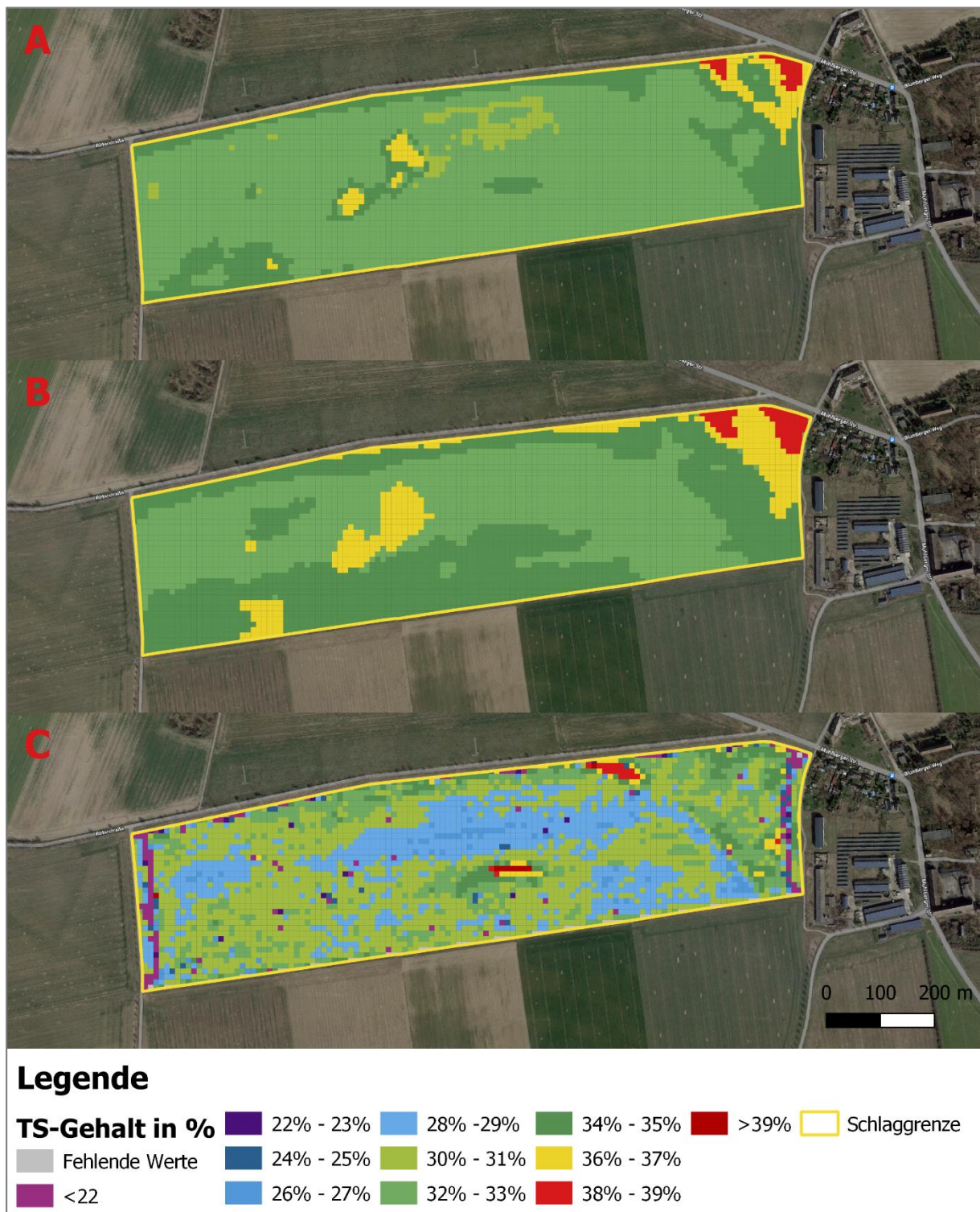


Abbildung 6: TS-Gehalt nach Prognosemodell „SAT TS“ von KWS (A) am 13.09.2021 und (B) 15.09.2021, sowie dem NIRS im Feldhäcksler (C) am Tag der Ernte, 13.09.2021

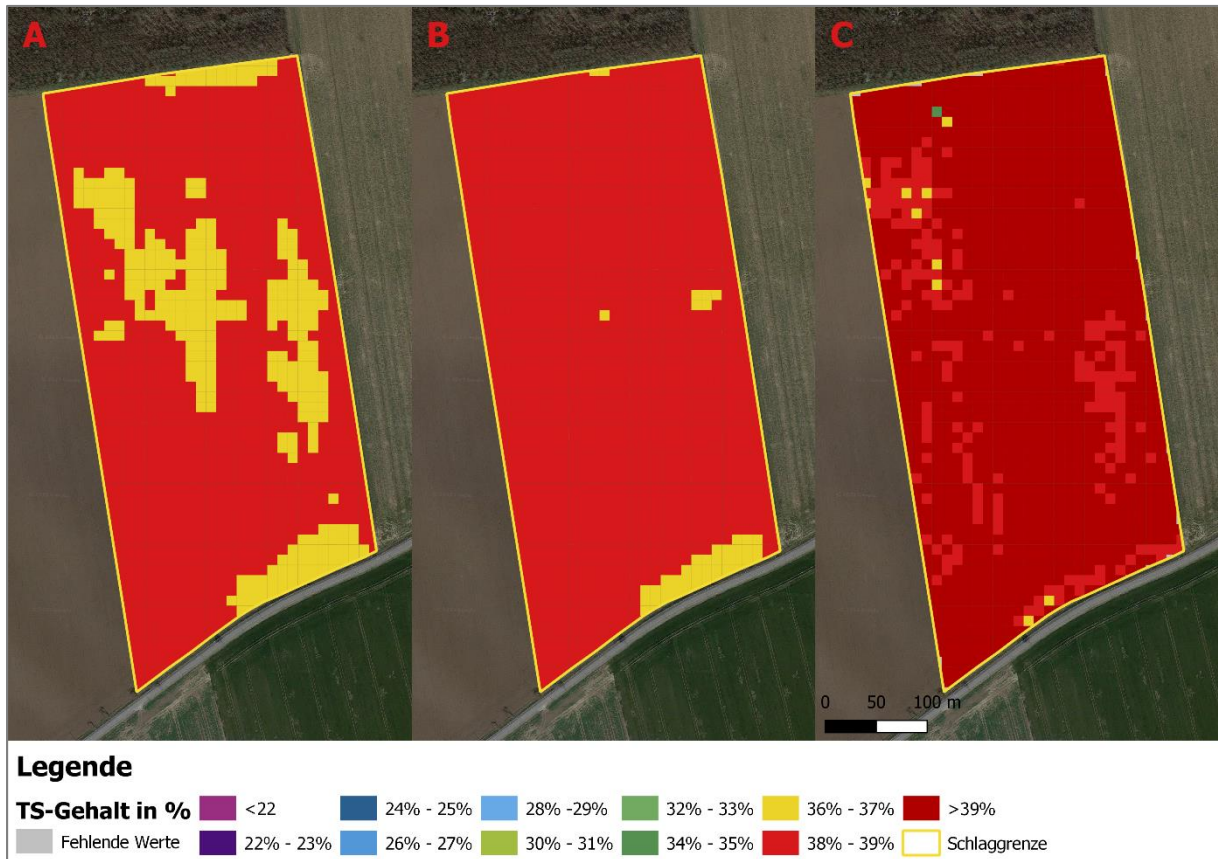


Abbildung 7: TS-Gehalt nach Prognosemodell „Sky-TS“ von Agromais (A) am 20.09.2021 und (B) 21.09.2021, sowie dem NIRS im Feldhäcksler (C) am Tag der Ernte ,22.09.2021

1.3. Vergleich TS-Prognose und NIRS im Feldhäcksler 2023

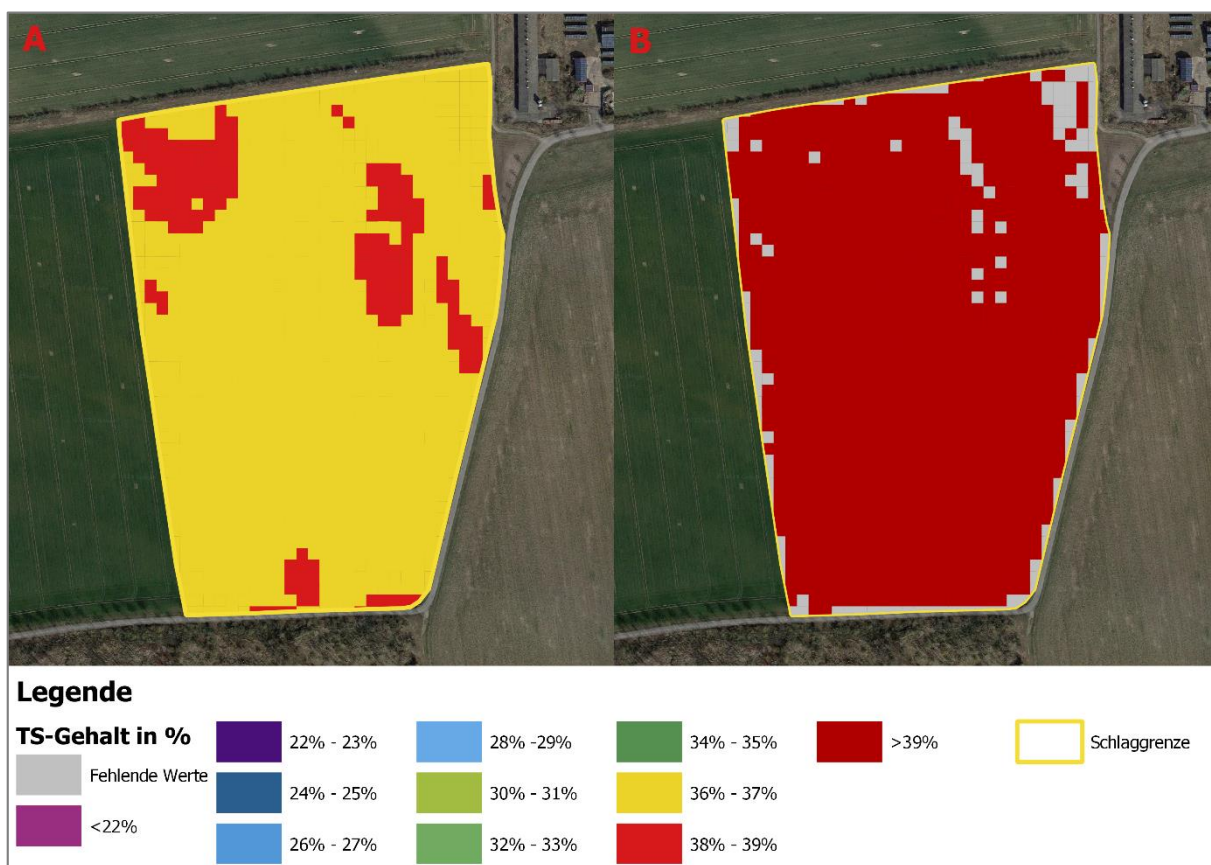


Abbildung 8: TS-Gehalt nach Prognosemodell „SAT TS“ von KWS (A) am 08.09.2023 und dem NIRS im Feldhäcksler (C) am Tag der Ernte, 06.09.2023