

# Aussage von $N_{\min}$ -Untersuchungen nach der Ernte



# Landwirtschaftlicher Gewässerschutz Präzision und Aussage von N<sub>min</sub>-Untersuchungen nach der Ernte

Markus Theiß, Dr. Wilfried Schliephake; AgUmenda GmbH Leipzig

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>7</b>
2.1	Vorgehen bei der Bodenprobenahme .....	7
2.2	Hinweise zu den beprobten Flächen .....	9
2.3	Wetterdaten .....	9
2.4	Grundlage der genutzten Potenzialkarten .....	10
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>12</b>
3.1	Winterraps - Fläche 1 (AI-Standort im Landkreis Nordsachsen).....	12
3.2	Wintergerste – Fläche 2 (D3-Standort im Landkreis Nordsachsen) .....	18
3.3	Winterweizen - Fläche 3 (D-Standort im Landkreis Nordsachsen) .....	24
3.4	Winterweizen - Fläche 4 (D3-Standort im Landkreis Meißen) .....	29
3.5	Winterweizen - Fläche 5 (Lö-Standort Landkreis Mittelsachsen).....	34
3.6	Mais – Fläche 6 (Lö-Standort im Landkreis Leipzig).....	39
3.7	Abgleich der Ertragspotenzialkarten mit der Ertragskartierung .....	45
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>49</b>
<b>Anhang</b>	.....	<b>51</b>
<b>A 1</b>	<b>N<sub>min</sub>-Ergebnisse Winterraps - Schlag-Nr. 1</b> .....	<b>51</b>
<b>A 2</b>	<b>N<sub>min</sub>-Ergebnisse Winterraps - Schlag-Nr. 2</b> .....	<b>52</b>
<b>A 3</b>	<b>N<sub>min</sub>-Ergebnisse Winterraps - Schlag-Nr. 3</b> .....	<b>53</b>
<b>A 4</b>	<b>N<sub>min</sub>-Ergebnisse Winterraps - Schlag-Nr. 4</b> .....	<b>54</b>
<b>A 5</b>	<b>N<sub>min</sub>-Ergebnisse Winterweizen - Schlag-Nr. 5</b> .....	<b>55</b>
<b>A 6</b>	<b>N<sub>min</sub>-Ergebnisse Winterweizen - Schlag-Nr. 6</b> .....	<b>56</b>
<b>A 7</b>	<b>Cropsat Satellitenbild von Schlag 1 (Raps) vom 02.06.2020</b> .....	<b>57</b>
<b>A 8</b>	<b>Cropsat Satellitenbild von Schlag 2 (Gerste) vom 21.05.2020</b> .....	<b>58</b>
<b>A 9</b>	<b>Cropsat Satellitenbild von Schlag 3 (Weizen) vom 02.06.2020</b> .....	<b>59</b>
<b>A 10</b>	<b>Cropsat Satellitenbild von Schlag 4 (Weizen) vom 02.06.2020</b> .....	<b>60</b>
<b>A 11</b>	<b>Cropsat Satellitenbild von Schlag 5 (Weizen) vom 02.06.2020</b> .....	<b>61</b>
<b>A 12</b>	<b>Cropsat Satellitenbild von Schlag 6 (Mais) vom 31.08.2020</b> .....	<b>62</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ungemischte Bodenprobe auf dem Bodensieb .....	8
Abbildung 2: Gesiebte Bodenprobe .....	8
Abbildung 3: Erstelltes Geotiff von einem Beprobungsschlag (Winterraps) mit den standardmäßig im Programm vorgegebenen fünf Zonen .....	11
Abbildung 4: Potenzialkarte mit Probepunkten für den Rapschlag .....	13
Abbildung 5: Wassergehalt der Proben in den jeweiligen Potenzialzonen in den zwei Bodentiefen auf dem Schlag .....	13
Abbildung 6: Mittlere Ergebnisse der $N_{\min}$ -Werte der beteiligten Labore .....	14
Abbildung 7: Beziehung zwischen den in dem jeweiligen Labor ermittelten $N_{\min}$ -Werten .....	14
Abbildung 8: $N_{\min}$ -Beträge der jeweiligen Probenpunkte einschließlich der in den Mischproben (MP) ermittelten $N_{\min}$ -Werte sowie den aus den entsprechenden Einzelproben berechneten Mittelwerten (MW) .....	15
Abbildung 9: Beziehung zwischen den $N_{\min}$ -gehalten vor der N-Düngung und nach der Ernte .....	15
Abbildung 10: Mittlere $N_{\min}$ -Gehalte in den Potenzialzonen vor der N-Düngung im Frühjahr und nach der Ernte des angebauten Winterrapses .....	16
Abbildung 11: Mittlere Vegetationsindizes vom Rapsbestand im Bereich der Probenpunkte .....	16
Abbildung 12: Mittlerer Rapsenertrag in den jeweiligen Potenzialzonen .....	17
Abbildung 13: Beziehung zwischen den zum 02.06.2020 ermittelten Vegetationsindices und dem Rapsenertrag im Bereich der Probenpunkte .....	17
Abbildung 14: Lage der Probenpunkte in den jeweiligen drei Potenzialzonen .....	19
Abbildung 15: Wassergehalte in den drei Zonen vor der Düngung und nach der Ernte .....	19
Abbildung 16: Mittlere Ergebnisse der $N_{\min}$ -Werte der beteiligten Labore .....	20
Abbildung 17: Beziehung zwischen den in dem jeweiligen Labor ermittelten $N_{\min}$ -Werten .....	20
Abbildung 18: $N_{\min}$ -Beträge der jeweiligen Probenpunkte einschließlich der in den Mischproben (MP) ermittelten $N_{\min}$ -Werte sowie den aus den entsprechenden Einzelproben berechneten Mittelwerten (MW) vom Labor LKS .....	21
Abbildung 19: Mittlere $N_{\min}$ -Gehalte in den Potenzialzonen vor der N-Düngung im Frühjahr und nach der Ernte der angebauten Wintergerste (Labor LKS) .....	21
Abbildung 20: Beziehung zwischen den $N_{\min}$ -gehalten vor der N-Düngung und nach der Ernte .....	22
Abbildung 21: Mittlerer Gerstenertrag in den jeweiligen Potenzialzonen .....	22
Abbildung 22: Beziehung zwischen den Vegetationsindices vom 21.05.2020 zum Gerstenertrag im Bereich der einzelnen Probenpunkte .....	23
Abbildung 23: Lage der Probenpunkte in den jeweiligen drei Potenzialzonen .....	24
Abbildung 24: Wassergehalte in den drei Zonen vor der Düngung und nach der Ernte .....	24
Abbildung 25: Mittlere Ergebnisse der $N_{\min}$ -Werte der beteiligten Labore .....	25
Abbildung 26: Beziehung zwischen den $N_{\min}$ -Werten der Labore .....	25
Abbildung 27: $N_{\min}$ -Beträge der jeweiligen Probenpunkte einschließlich der in den Mischproben (MP) ermittelten $N_{\min}$ -Werte sowie den aus den entsprechenden Einzelproben berechneten Mittelwerten (MW) .....	26
Abbildung 28: Mittlere $N_{\min}$ -Gehalte in den Potenzialzonen vor der N-Düngung im Frühjahr und nach der Ernte des angebauten Winterweizens .....	26
Abbildung 29: Bestandsindizes im Bereich der Probenpunkte des Weizenschlages .....	27
Abbildung 30: Weizenertrag im Bereich der Probenpunkte der jeweiligen Potenzialzone .....	27
Abbildung 31: Beziehung zwischen den Bestandsindizes und dem Ertrag im Bereich der Probenpunkte .....	28
Abbildung 32: Probenpunkte und Potenzialzonen auf dem Weizenschlag .....	29
Abbildung 33: Wassergehalte in den jeweiligen Bodenschichten der drei Potenzialzonen .....	29
Abbildung 34: Mittlere $N_{\min}$ -Werte der beiden Labore .....	30

Abbildung 35: Beziehung zwischen den $N_{\min}$ -Werten der beiden Labore.....	30
Abbildung 36: $N_{\min}$ -Beträge der jeweiligen Probenpunkte einschließlich der in den Mischproben (MP) ermittelten $N_{\min}$ -Werte sowie den aus den entsprechenden Einzelproben berechneten Mittelwerten (MW).....	31
Abbildung 37: Mittlere $N_{\min}$ -Werte im Frühjahr und nach der Ernte in den drei Potenzialzonen .....	31
Abbildung 38: Beziehung zwischen den $N_{\min}$ -Werten im Frühjahr zu denen nach der Ernte an den jeweiligen Probenpunkten.....	32
Abbildung 39: Bestandsindizes im Bereich der Probenpunkte des Weizenschlages .....	32
Abbildung 40: Mittlerer Weizenertrag im Bereich der Probenpunkte.....	33
Abbildung 41: Beziehung zwischen den Bestandsindizes und Ertrag (im Mittel der Probenpunkte) .....	33
Abbildung 42: Lage der Probenpunkte in den jeweiligen drei Potenzialzonen .....	34
Abbildung 43: Bodenwassergehalte im Frühjahr vor der N-Düngung und nach der Weizenernte .....	35
Abbildung 44: $N_{\min}$ -Wert der Labore im Mittel der untersuchten der Bodenproben .....	36
Abbildung 45: Beziehung zwischen den jeweilig ermittelten $N_{\min}$ -Werten .....	36
Abbildung 46: $N_{\min}$ -Beträge der jeweiligen Probenpunkte, einschließlich der in den Mischproben (MP) ermittelten $N_{\min}$ -Werte sowie aus den entsprechenden Einzelproben berechneten Mittelwerten (MW).....	37
Abbildung 47: Mittlere $N_{\min}$ -Werte in den drei Potenzialzonen im Frühjahr und nach der Ernte .....	37
Abbildung 48: Veränderung der Bestandsindizes im Bereich der drei Potenzialzonen im Verlauf des Juni2020 .....	38
Abbildung 49: Potenzialzonenkarte mit der Lage der Probenpunkte.....	39
Abbildung 50: Wassergehalt des Bodens an den Probepunkten (21.09.2020).....	40
Abbildung 51: Vergleich der im Mittel durch die Labore ermittelten $N_{\min}$ -Werte .....	41
Abbildung 52: Beziehung zwischen den durch die Labore ermittelten $N_{\min}$ -Werten .....	41
Abbildung 53: $N_{\min}$ -Beträge der jeweiligen Probenpunkte, einschließlich der in den Mischproben ermittelten $N_{\min}$ -Werte sowie den aus den entsprechenden Einzelproben berechneten Mittelwerten .....	42
Abbildung 54: Veränderung der Indizes im Bereich der Probepunkte in den drei Zonen in der Zeit von Ende Juli bis Anfang September .....	42
Abbildung 55: Beziehung zwischen den Indizes von zwei Terminen für den Pflanzenbestand des Maisschlages.....	43
Abbildung 56: Mais-Trockenmasse-Ertrag und der N-Entzug in den drei Potenzialzonen.....	44
Abbildung 57: Beispiel für die räumliche Differenzierung des $N_{\min}$ in und zwischen den Reihen .....	45
Abbildung 58: Abgleich der Potenzialkarte mit der Ertragskartierung am Beispiel des Weizenschlages in Kapitel 3.3.....	46
Abbildung 59: Schlag 3: Weizen nach Zuckerrüben - Zusammenhang zwischen dem mit CLAAS CropView eingeschätzten Ertragspotenzial der Teilflächen und dem tatsächlich realisierten Weizenertrag .....	47
Abbildung 60: Schlag 4: Weizen nach Raps - Zusammenhang zwischen dem mit CLAAS CropView eingeschätzten Ertragspotenzial der Teilflächen und dem tatsächlich realisierten Weizenertrag .....	47
Abbildung 61: Schlag 1: Raps nach Wintergerste- Zusammenhang zwischen dem mit Cropsat eingeschätzten Ertragspotenzial der Teilflächen und dem tatsächlich realisierten Rapsenertrag.....	48

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schlagkenndaten .....	9
Tabelle 2: Bewirtschaftung der Flächen .....	9
Tabelle 3: Niederschläge in dem für die Ertragsbildung von Raps und Wintergetreide bedeutsamen Vegetationsabschnitt .....	10
Tabelle 4: Berechnung der N-Nachlieferung für den Raps .....	18
Tabelle 5: Berechnung der N-Nachlieferung für den Gerstenschlag .....	23
Tabelle 6: Berechnung der N-Nachlieferung Weizenschlag.....	28
Tabelle 7: Berechnung der N-Nachlieferung Weizenschlag.....	34
Tabelle 8 Berechnung der N-Nachlieferung für den Maisschlag.....	44

## Abkürzungsverzeichnis

BfUL	Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
BKR	Boden-Klima-Raum (nach Roßberg et al. 2007)
DüV	Düngeverordnung
LKS	Landwirtschaftliche Kommunikations- und Service- GmbH
MP	Mischprobe
MW	Mittelwert
sig.	Signifikant
TM	Trockenmasse

# 1 Aufgabenstellung

Das Projekt „Präzision und Aussage  $N_{\min}$ -Untersuchung“ beschäftigte sich mit den  $N_{\min}$ -Gehalten von zwölf heterogenen Ackerschlägen im Frühjahr 2020. Die im Folgenden vorzustellenden Ergebnisse stellen eine Weiterführung dieser Untersuchungen dar. Dabei wurde die Heterogenität der Schläge über Potenzialkarten beschrieben. Die Zonierung der zu beprobenden Ackerflächen erfolgte hierbei mithilfe des Online-Werkzeuges CLAAS Crop View. Berücksichtigt wurden hierbei Satellitenaufnahmen vergangener Jahre, welche die auf den Schlägen angebauten Pflanzenbestände in der Phase der Abreife zeigen. Jeder Schlag wurde anhand dieses Vorgehens in drei Potenzialzonen eingeteilt.

Ziel der weiterführenden Untersuchungen war es, den Einfluss der Zonierung und der  $N_{\min}$ -Frühjahrswerte auf die Bestandsentwicklung, das Ertragsgeschehen und die Rest- $N_{\min}$ -Gehalte nach der Ernte zu erfassen und zu beurteilen. Für die Projektförderung wurden von den bereits erwähnten zwölf heterogenen Schlägen (je vier Raps- und Getreideschläge sowie vier Maisflächen) im Nitratgebiet sechs Flächen ausgewählt. Neben drei Weizenschlägen handelt es sich um einen Raps-, einen Gerste- und einen Maisschlag. Ein wichtiges Kriterium bei der Auswahl der Schläge war dabei, dass die Ernte in den Betrieben mittels Ertragskartierung erfolgen konnte.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Vorgehen bei der Bodenprobenahme

Die  $N_{\min}$ -Beprobung erfolgte wie im Frühjahr im Bereich von jeweils fünf Probenpunkten der jeweiligen Zone, die je nach Situation über den Schlag verteilt waren. Die Beprobung wurde jeweils wenige Tage nach der Ernte der Bestände realisiert.

Die Probennahme erfolgte in einer Tiefe von 0-60 cm in zwei Schichten (0 bis 30 cm und 30 bis 60 cm) mit mindestens 15 Einstichen. Die Erhöhung der Einstiche wurde vorgenommen, da die Beprobung maschinell mit einem Bohrstock mit geringerem Innendurchmesser erfolgte. Da unter den Jahresbedingungen nach der Ernte der Wasservorrat zumeist erschöpft war, konnte auf einem Schlag mit sehr steinigem Untergrund nur eine Beprobung bis in 30 cm Bodentiefe durchgeführt werden. Ziel war eine Bodenmenge von etwa 1000 g je 30 cm Schicht. Je Schlag ergab sich daraus eine Mindestzahl von 225 Einstichen.

Die Bodenproben wurden wiederum nach der Entnahme bis zur weiteren Bearbeitung (Herstellung von Mischproben) kühl gelagert (4 – 6 °C). Bei mehr als 24 h Zwischenlagerung wurden sie im Gefrierschrank bei -18 °C eingefroren. Jede Probe wurde gekrümelt und gemischt und durch ein 4 x 4 mm Sieb gedrückt und dann noch einmal intensiv gemischt (Abbildung 1 und 2). Von der Gesamtprobe wurden jeweils 200 g Boden abgenommen und für die Herstellung von Mischproben genutzt (eine je Potenzialzone und eine über alle drei Zonen). Die Bodenproben wurden im Labor des LKS und des BfUL untersucht.



**Abbildung 1: Ungemischte Bodenprobe auf dem Bodensieb**



**Abbildung 2: Gesiebte Bodenprobe**

## 2.2 Hinweise zu den beprobten Flächen

Angaben zu den beprobten Schlägen finden sich in Tabelle 1 und zur Bewirtschaftung in Tabelle 2.

Tabelle 1: Schlagkenndaten

Schlagnummer	Flächengröße (ha)	durchwurzelbare Bodentiefe	Bodenart	Ackerzahl	BKR	Bemerkung
1	42,8	80 bis 110 cm	schluffiger Ton bis lehmiger Ton	60 bis 80	104	heterogener als BK50
2	65,0	45 bis 90 cm	Sand bis Ton	25 bis 60	104	
3	32,6	50 bis 90 cm	schluffiger Sand bis sandiger Schluff	50 bis 70	108	Teilbereiche schlechter als BK 50
4	49,3	70 bis 100 cm	sandiger Lehm	48 bis 56	108	
5	22,1	110 cm	toniger Schluff	80 bis 90	108	
6	18,5	90 cm	sandiger Schluff	60 bis 80	108	

(BKR 104 = diluviale Böden des ostdeutschen Tieflandes, BKR 108 = Lößübergangslagen Ost)

Tabelle 2: Bewirtschaftung der Flächen

Schlagnummer	Landkreis	Abkürzung	angebaute Kultur	organische Düngung im Herbst kg N <sub>ges</sub> /ha	angebaute Vorfrucht	organische Düngung Vorfrucht kg N <sub>ges</sub> /ha
1	Nordsachsen	AL	Winterraps	ohne	Wintergerste	ohne
2	Nordsachsen	D_3	Wintergerste	ohne	Winterraps	60 kg N <sub>ges</sub>
3	Nordsachsen	Lö_3	Winterweizen	ohne	Zuckerrüben	ohne
4	Meißen	D_3	Winterweizen	ohne	Winterraps	58 kg N <sub>ges</sub>
5	Mittelsachsen	Lö_4	Winterweizen	ohne	Zuckerrübe	ohne
6	Leipzig	D_4	Mais	ohne	Winterweizen	ohne

## 2.3 Wetterdaten

Neben der eingesetzten N-Düngermenge und dem zu Vegetationsbeginn im durchwurzelbaren Bodenvolumen vorhandenen N<sub>min</sub>, beeinflusst auch die N-Freisetzung aus der organischen Bodensubstanz die N-Ernährung der Bestände im Laufe der Vegetationsperiode. Letzteres wird neben dem Gehalt an leicht umsetzbarer organischer Substanz von den Bodentemperaturen und dem bereitstehenden Bodenwasser beeinflusst. Geprägt wird dies insbesondere durch den Temperaturverlauf und den jeweiligen Niederschlägen. Hinsichtlich der Temperatur in den betroffenen Regionen gab es nur leicht höhere mittlere Werte im Vergleich zum langjährigen Mittel. Bei den Niederschlägen waren die Abweichungen in der für die Ertragsbildung bei Raps und den Wintergetreiden wichtigen Periode von März bis Juli beträchtlich. Ein Vergleich zwischen den langjährigen Niederschlagssummen mit denen vom Jahr 2020 von vier Messstationen des LfULG belegt das deutliche Niederschlagsdefizit.

**Tabelle 3: Niederschläge in dem für die Ertragsbildung von Raps und Wintergetreide bedeutsamen Vegetationsabschnitt**

Messstelle	Langjährige Niederschlagssumme März bis 31. Juli	Niederschlagssumme im Jahr 2020 März bis 31. Juli	% von langjähriger Niederschlags- summe
Köllitsch	242,8	115	47
Wurzen	224,2	100	45
Dürrweitzschen	287,9	150	52
Nossen	286,4	163	57

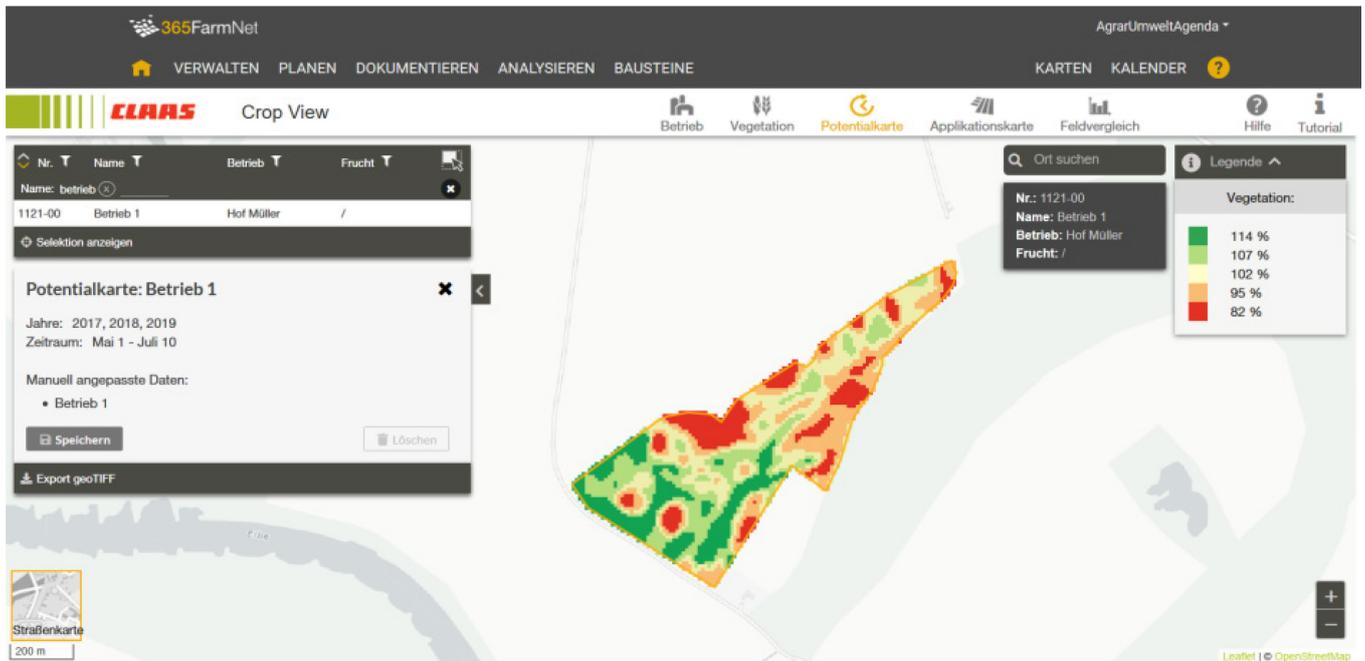
## 2.4 Grundlage der genutzten Potenzialkarten

Für die Erstellung der Potenzialkarten wurde eine marktübliche Plattformanwendung genutzt. Es handelt sich um die Anwendung CLAAS „CropView“ auf der Plattform von 365FarmNet. Möglich ist damit eine recht unkomplizierte Erstellung von Potenzialkarten. Interessierten Landwirten werden die im Rahmen des Projektes erstellten Potenzialkarten zur weiteren Nutzung im Betrieb zur Verfügung gestellt.

Die Basis unserer Potenzial- oder Managementzonenkarten sind Satellitenbilder (Sentinel) aus den Jahren 2016 bis 2019 von den in der Abreife befindlichen Kulturen. Durch Kenntnis der Fruchtart und der Erntetermine lassen sich oft geeignete Satellitenaufnahmen finden. Dieser Entscheidung ging eine Validierung einzelner Schläge anhand von anderen Abreifekarten, N-Sensordaten, Ertragsdaten und Bodenkarten (EM38) voraus. Effekte wie Wolken, Wolkenschatten, Feldversuche, Schlagteilung/-zusammenlegung, verschiedene Sorten, starke Verunkrautung, blühende Bestände, Schädlingsbefall usw. machen aber immer eine manuelle Überprüfung der erstellten Karten nötig.

Nach dem Einlesen der Schlaggrenzen unter Verwalten und Schläge Importieren lässt sich die Anwendung nach der Aktivierung unter Planen „Cropview“ öffnen. Durch die Selektion nach Schlagnummer oder -name kann sehr schnell der gewünschte Schlag isoliert werden. Danach lässt sich der Zeitraum der zu berücksichtigenden Bilder auswählen. Das Wissen um die Fruchtfolge erleichtert hierbei die Auswahl. Nach Vergabe eines Dateinamens wird die Karte erstellt. Nach kurzer Zeit erscheint dann die Potenzialkarte (vgl. Abbildung 3: Erstelltes Geotiff von einem Beprobungsschlag (Winterraps) mit den standardmäßig im Programm vorgegebenen fünf Zonen

Wenn die Werte über 10% nach oben oder unten variieren, lässt sich vermuten, dass der Schlag eine entsprechend hohe Heterogenität aufweist.



**Abbildung 3: Erstelltes Geotiff von einem Beprobungsschlag (Winterraps) mit den standardmäßig im Programm vorgegebenen fünf Zonen**

Der wichtigste Teil ist die Überprüfung der Vorauswahl der jeweils drei Karten pro Jahr auf Repräsentativität. Dabei hat sich gezeigt, dass die Vorauswahl oftmals unbefriedigend war. Nach der Überprüfung wurden oft nur zwei, in Einzelfällen auch nur ein, charakteristisches Satellitenbild pro Jahr ausgewählt. Die Überarbeitung der erstellten Geotiffs (Rasterformat) erfolgte mit der Gis-Software QGIS. Nach der Vektorisierung wurden die jeweiligen Schläge nach der Methode „Natürliche Grenzen“ in drei Potenzialzonen eingeteilt.

Die Festlegung der Probepunkte in den Zonen (niedrig / mittel / hoch) erfolgte manuell im QGIS. Für die Auswahl muss das DGM Höhenmodell berücksichtigt werden, um Effekte wie Senken oder Kuppen zu erkennen.

Festzustellen ist, dass dieser Weg der Erstellung keine praxistaugliche Lösung für den landwirtschaftlichen Alltag darstellt, da in den Betrieben oft das Wissen im Bereich Geodatenverarbeitung fehlt. Für die Umsetzung des Projektes ließ sich jedoch gut mit dieser Anwendung arbeiten.

# 3 Ergebnisse

Nachfolgend sollen die Ergebnisse der Untersuchungen auf den eingangs erwähnten sechs Ackerschlägen vorgestellt werden. Dargestellt werden jeweils die für die Interpretation der Ergebnisse wichtigen Fakten. Neben den erstellten Potenzialkarten dienen die im Labor von den Bodenproben ermittelten Wassergehalte zur Beurteilung der Bodenunterschiede. Ein Vergleich der Frühjahrswerte mit denen nach der Ernte soll Auskunft über die natürliche Wasserhaltefähigkeit geben, die im engen Zusammenhang mit der Ertragsfähigkeit (u.a. Ton-, Humusgehalt) in den jeweiligen Potenzialzonen steht.

Die eigentliche Frage, die mit diesem Projekt geklärt werden sollte, war in welchem Umfang die Bodenheterogenität bzw. das davon geprägte Ertragspotenzial Einfluss auf den Pflanzenbestand bzw. die Erträge ausgeübt. Dafür wurden um die jeweiligen Punkte die Vegetationsindices von Satellitenkarten bzw. die mit dem Mährescher kartierten Erträge in einem Raster von 20 x 20 m jeweils erfasst und für die Auswertung gemittelt. Von Interesse war auch die Höhe des nach der Ernte verblieben Rest- $N_{\min}$  unter den angebauten Früchten.

Für die Auswertung der  $N_{\min}$ -Ergebnisse blieben die in den jeweiligen Schichten ermittelten Werte unberücksichtigt. Entscheidend für die Aussagefähigkeit der Beprobung in den Potenzialzonen ist die Summe des  $N_{\min}$  in 0-60 cm Bodentiefe. Verglichen werden auch die in den beiden Laboren ermittelten  $N_{\min}$ -Werte.

## 3.1 Winterraps - Fläche 1 (AI-Standort im Landkreis Nord-sachsen)

### ■ Heterogenität des Bodens

Der Raps Schlag weist deutliche Bodenunterschiede auf. Nahe an der Elbe gelegen handelt es sich um einen alluvial geprägten Standort mit recht kleinräumigen Bodenunterschieden. Wie aus der Potenzialkarte (Abbildung 4) ersichtlich, finden sich selbst im schluffreichen Hohertragsbereich Inseln mit sandigem Bodenmaterial, die aufgrund des geringen Wasserspeichervermögens durch eine geringe Ertragsfähigkeit und in feuchten vegetationslosen Perioden durch einen erhöhten Nährstoffaustrag gekennzeichnet sind.

Die im Februar ermittelten Wassergehalte (Abbildung 5) belegen die vorhandenen Bodenunterschiede und die damit verbundene Wasserhaltefähigkeit. Im Mittel beträgt der Unterschied zwischen dem Bereich mit schwachem und dem mit hohem Potenzial in der Bodenschicht von 0-60 cm etwa 70 mm Niederschlag. Die im Vergleich dazu nach der Ernte ermittelten Wassergehalte weisen nicht mehr die großen Unterschiede zwischen den Bodenschichten auf. Insbesondere betrifft dies den Hohertragsbereich. Das lässt vermuten, dass entweder bis zum Probenahmetermin im Februar in der Tiefe von 30-60 cm die Feldkapazität nicht aufgefüllt war, oder nach der Ernte in den jeweiligen Bodenschichten die Wasserausnutzung durch den Rapsbestand nicht vollständig erfolgte. Anders war das vermutlich im schwachen Ertragsbereich. Hier scheint der Raps den Wassergehalt bis zum permanenten Welkepunkt abgesenkt zu haben.

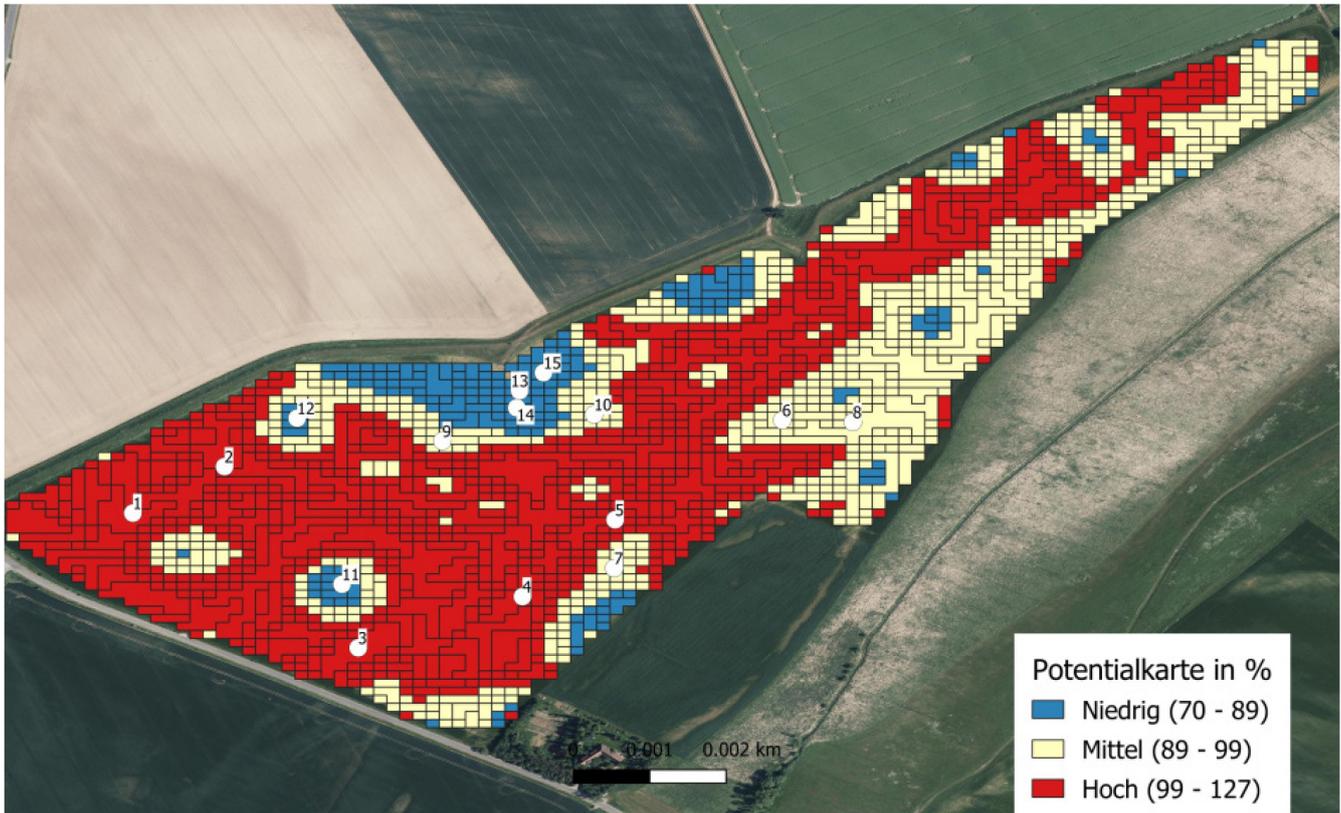


Abbildung 4: Potenzialkarte mit Probestpunkten für den Rapschlag

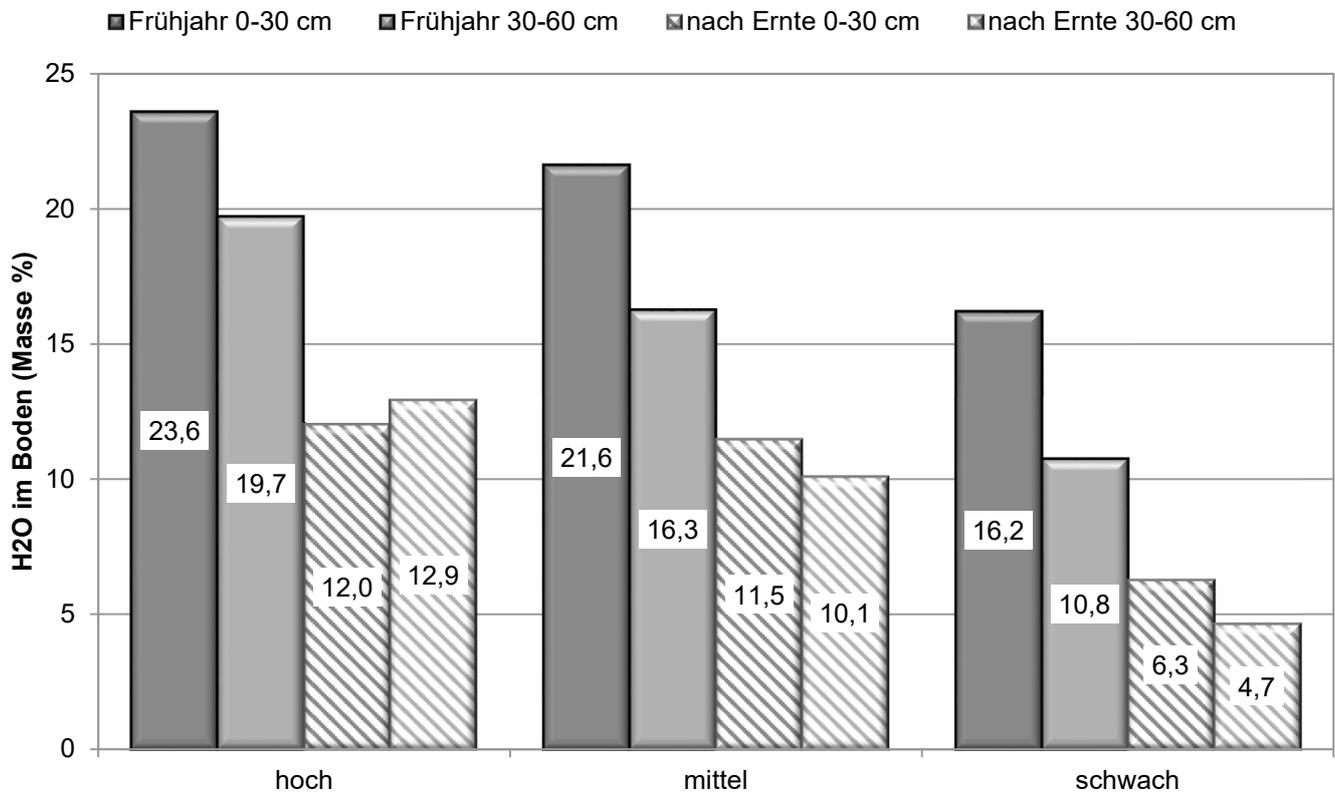


Abbildung 5: Wassergehalt der Proben in den jeweiligen Potenzialzonen in den zwei Bodentiefen auf dem Schlag

### ■ N<sub>min</sub> in den Potenzialzonen

Wie bereits im Frühjahr wurden die aufbereiteten Bodenproben in zwei Laboren untersucht. Bei dem ermittelten N<sub>min</sub>-Werten findet sich kein Unterschied zwischen den Laboren (Abbildung 6). Zwischen den Einzelwerten besteht ein sehr enger Zusammenhang (Abbildung 7).

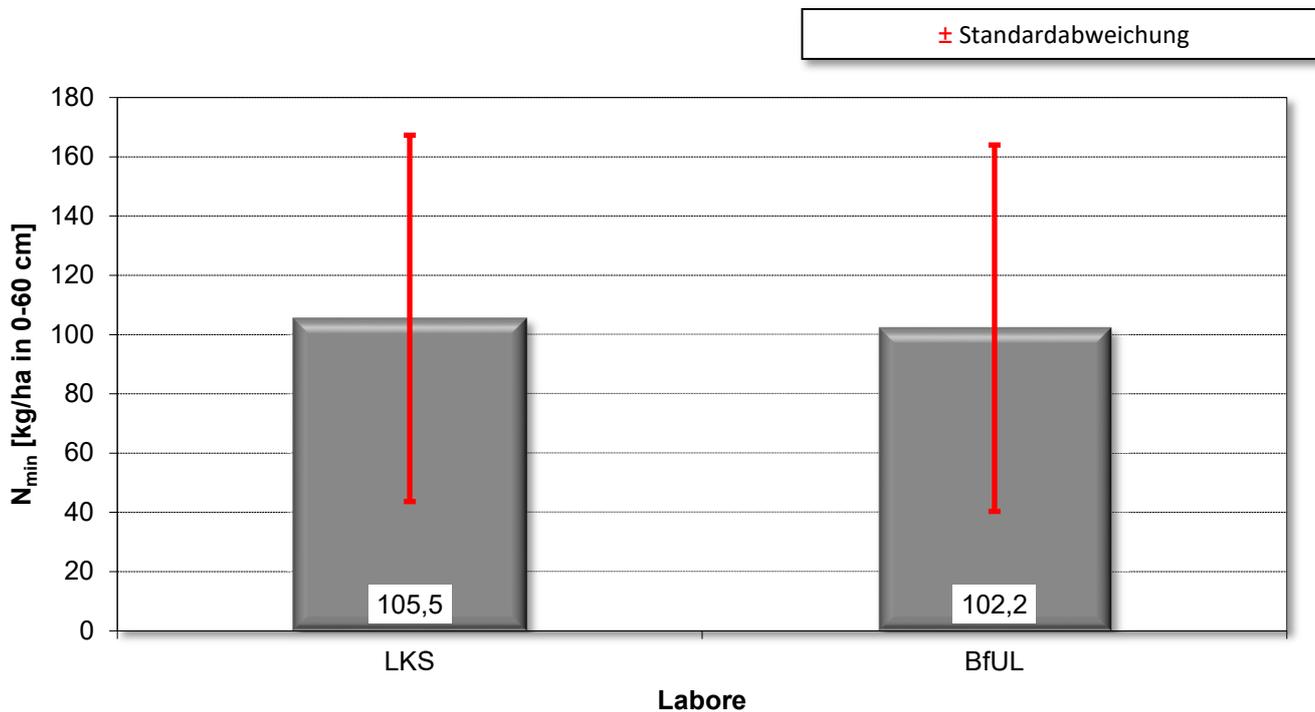


Abbildung 6: Mittlere Ergebnisse der Nmin-Werte der beteiligten Labore

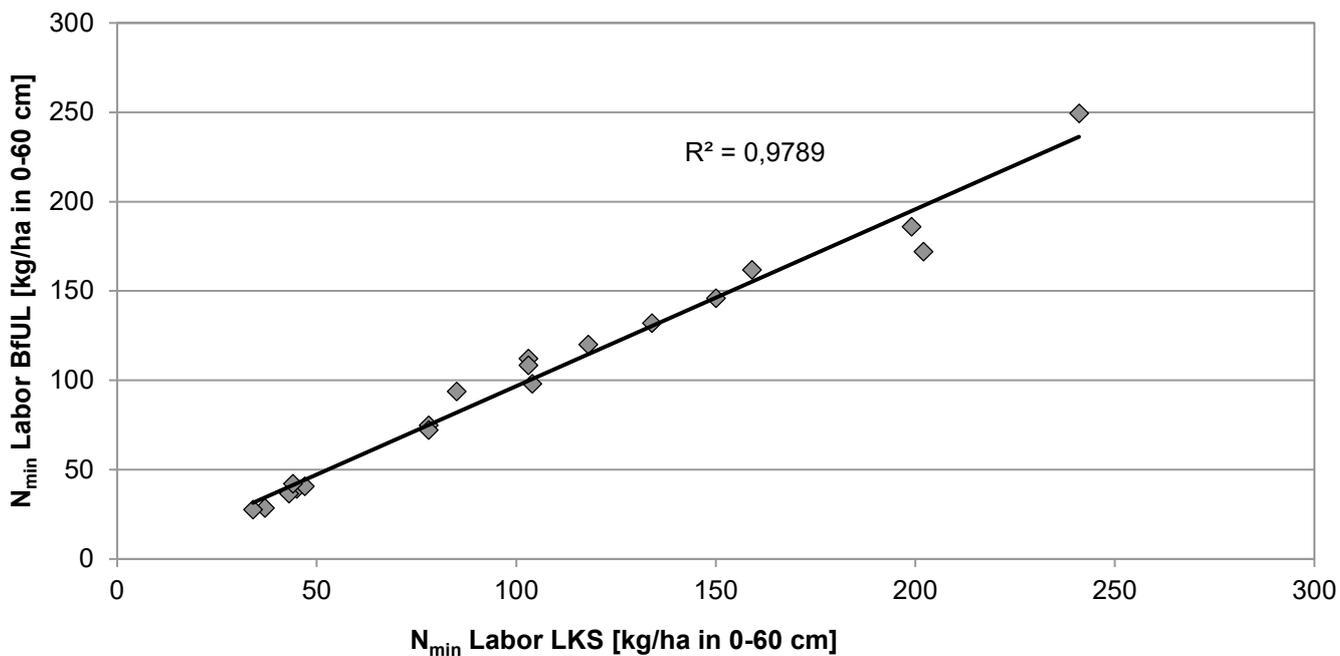
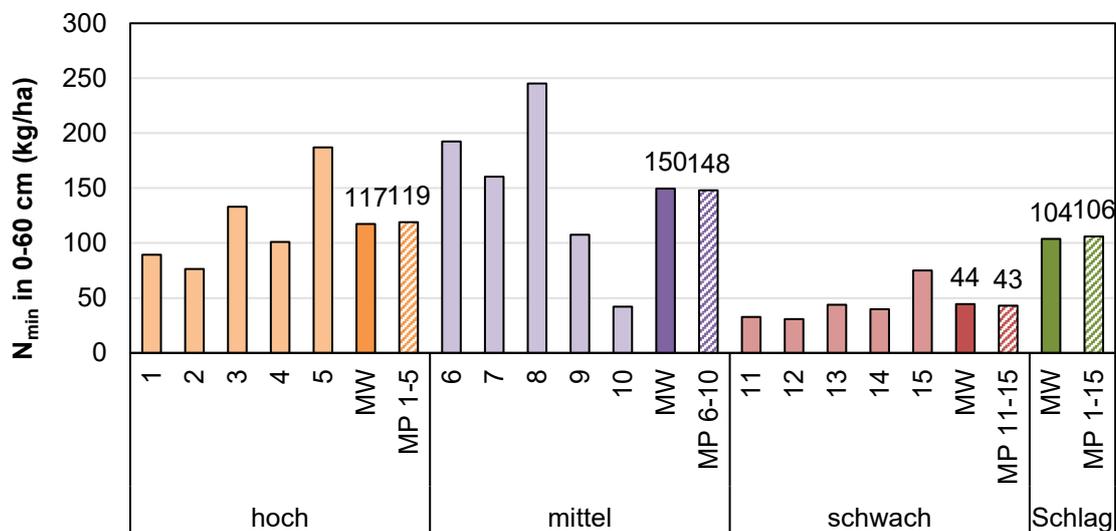


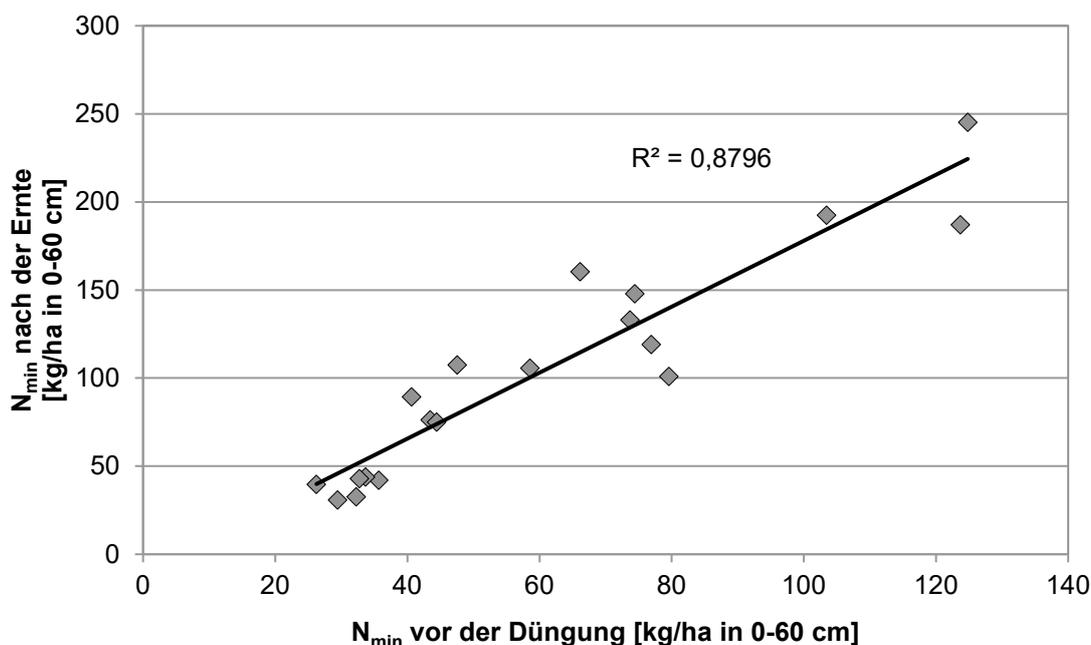
Abbildung 7: Beziehung zwischen den in dem jeweiligen Labor ermittelten Nmin-Werten

In Abbildung 8 finden sich dann die Einzelwerte der jeweiligen Probenpunkte als Mittelwert der beiden Labore. Deutlich wird hier, dass insbesondere in der mittleren und hohen Ertragszone große Unterschiede in den  $N_{\min}$ -Gehalten angetroffen wurden. Die im Mittel festgestellten Rest- $N_{\min}$ -Mengen befinden sich mit 120 bzw. 150 kg/ha in 0-60 cm Tiefe auf einem beachtlichen Niveau. Im schwachen Ertragsbereich wurden mit etwa 44 kg  $N_{\min}$ /ha hingegen deutlich niedrigere Gehalte angetroffen.



**Abbildung 8:  $N_{\min}$ -Beträge der jeweiligen Probenpunkte einschließlich der in den Mischproben (MP) ermittelten  $N_{\min}$ -Werte sowie den aus den entsprechenden Einzelproben berechneten Mittelwerten (MW)**

Bei einheitlich durchgeführter Düngung verwundert das insofern, da es zwischen den Erträgen der jeweiligen Zonen deutliche Unterschiede gab. Eine Gegenüberstellung der  $N_{\min}$ -Ergebnisse vom Frühjahr mit denen nach der Ernte zeigt dann allerdings eine enge Korrelation ( $r = 0,94$ ) zwischen den Gehalten an den einzelnen Probepunkten (Abbildung 9). Waren die  $N_{\min}$ -Werte in den Zonen mit hohem und mittlerem Ertragspotenzial bereits höher als im schwachen Bereich, so erfuhren diese Werte bis nach der Ernte noch eine deutliche Erhöhung (Abbildung 10).



**Abbildung 9: Beziehung zwischen den  $N_{\min}$ -Gehalten vor der N-Düngung und nach der Ernte**

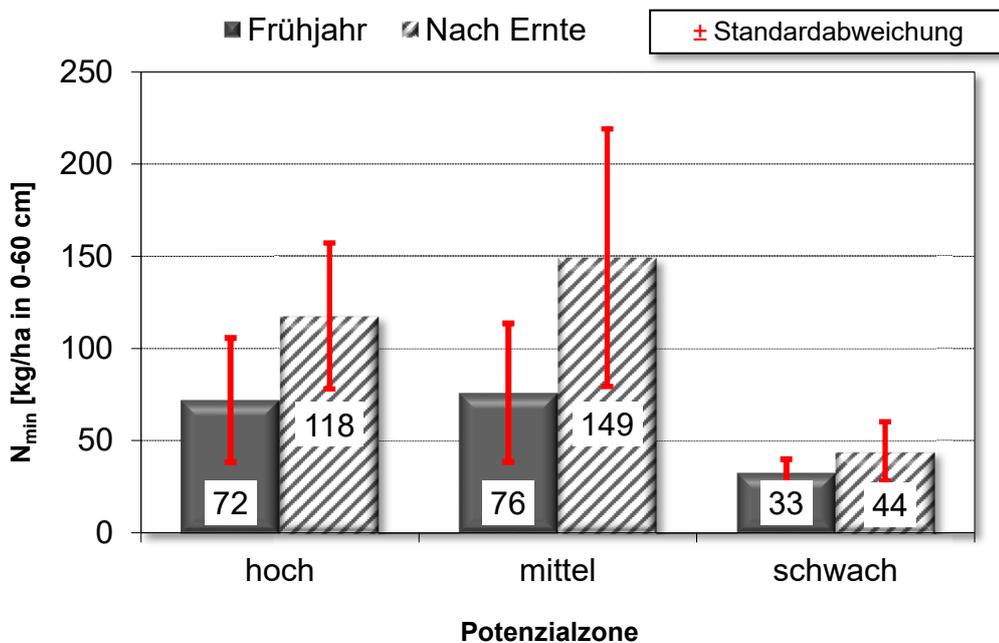


Abbildung 10: Mittlere  $N_{\min}$ -Gehalte in den Potenzialzonen vor der N-Düngung im Frühjahr und nach der Ernte des angebauten Wintertrapses

#### ■ Ertrag in den Potenzialzonen

Satellitenaufnahmen Anfang Juni wiesen bereits auf eine deutliche Differenzierung des Bestandes in den drei Potenzialzonen hin (Abbildung 11).

Im Mittel wurde auf dem Ackerschlag ein Rapsertag von 28,6 dt/ha bei 91 % TM erzielt. Die zwischen den Potenzialzonen angetroffenen Unterschiede im Ertrag waren beachtlich (Abbildung 12). Die dargestellten Erträge sind Mittelwerte der jeweils fünf Probenpunkte. Je Probenpunkt wurden wiederum die Messwerte aus der Ertragskartierung von einer Fläche von 400 m<sup>2</sup> gemittelt.

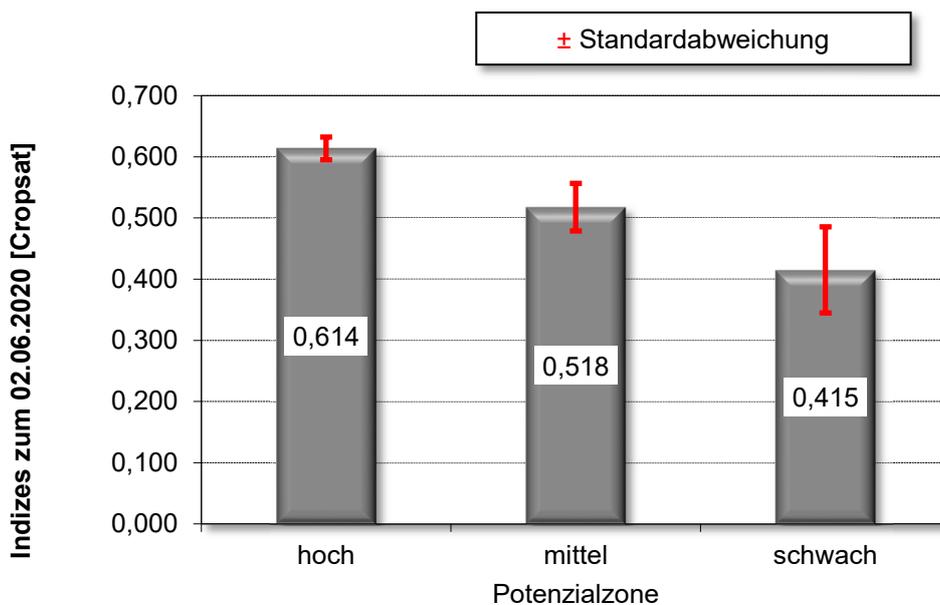


Abbildung 11: Mittlere Vegetationsindizes vom Rapsbestand im Bereich der Probenpunkte

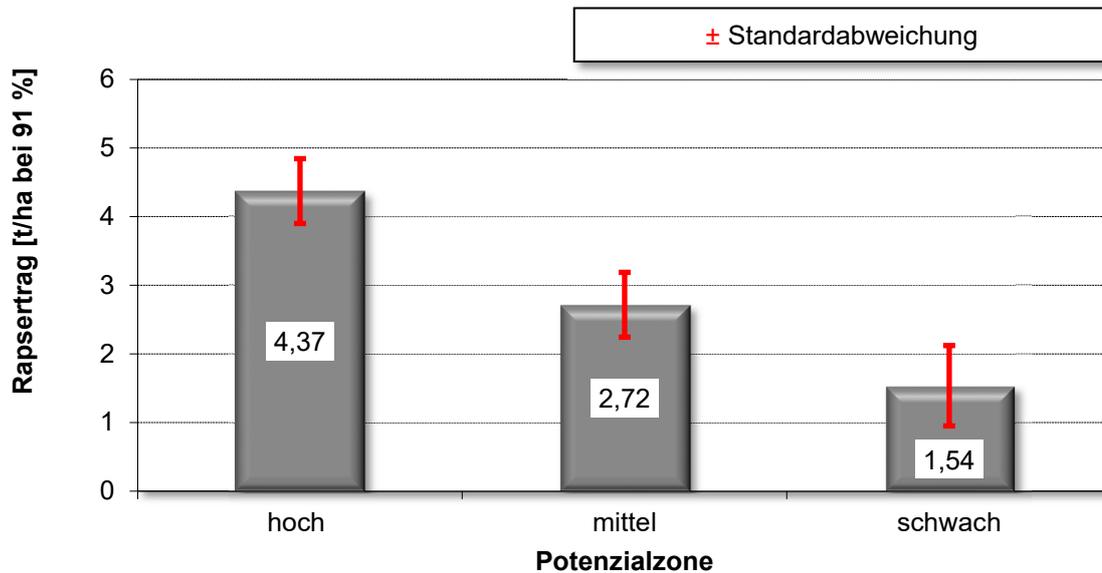


Abbildung 12: Mittlerer Rapserttrag in den jeweiligen Potenzialzonen

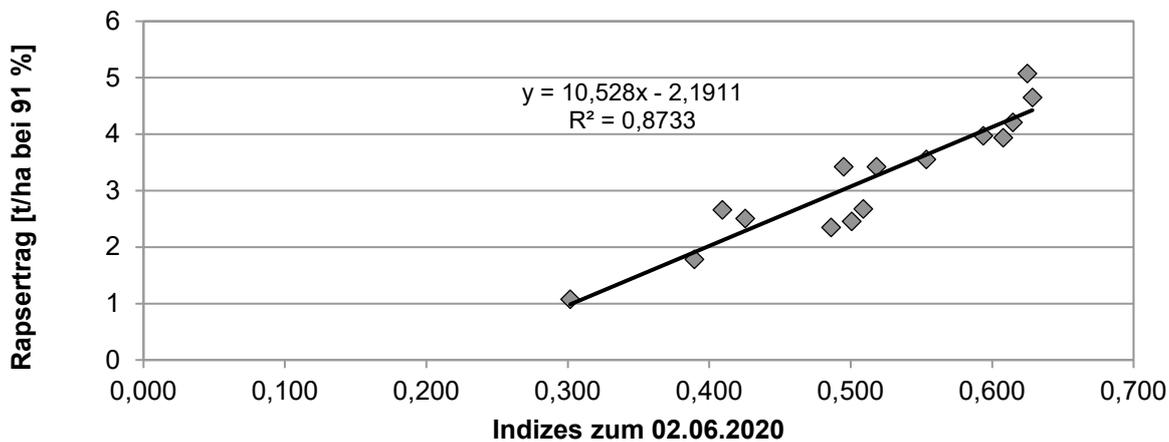


Abbildung 13: Beziehung zwischen den zum 02.06.2020 ermittelten Vegetationsindices und dem Rapserttrag im Bereich der Probenpunkte

Bei einheitlicher N-Düngung wird deutlich, dass bei derart differenzierten Erträgen in den Teilflächen das N-Saldo ebenfalls sehr unterschiedlich ausfällt (Tabelle 4; vorletzte Zeile). Während sich in der schwachen Potenzialzone ein deutlich positiver Saldo errechnet, ist er im Hochertragsbereich stark negativ. Die überschlägig berechnete N-Nachlieferung überrascht insofern, da in der schwachen und mittleren Zone eine deutliche N-Nachlieferung ausgewiesen wird. Dagegen wird in der Zone mit dem höchsten Ertrag ein leichter negativer Betrag ausgewiesen. Bei der Einschätzung der berechneten Werte soll darauf hingewiesen werden, dass die N-Entzüge über Tabellenwerte berechnet wurden. Erfahrungsgemäß finden sich bei einem Überangebot und niedrigen Erträgen erhöhte N-Gehalte im Rapssamen und Stroh. Im Bereich mit hohem Ertragspotenzial ist vermutlich das Gegenteil der Fall. Die hohen  $N_{\min}$ -Werte nach der Ernte in der mittleren und hohen Zone weisen zu mindestens darauf hin, dass hier der Unterboden unter 60 cm Bodentiefe zur N-Ernährung des Bestandes beigetragen hat. Die Zunahme im  $N_{\min}$  vom Frühjahr bis nach der Ernte kann aus dem verbliebenen Dünger-N und der N-Mineralisation erklärt werden.

**Tabelle 4: Berechnung der N-Nachlieferung für den Raps**

Merkmale	Potenzialzone schwach	Potenzialzone mittel	Potenzialzone hoch
Ertrag (dt/ha bei 91)	15,4	27,2	43,7
N-Entzug Korn und Stroh (kg/ha)*	70	123	198
N-Düngung insgesamt (kg/ha)	140	140	140
N <sub>min</sub> Frühjahr (kg/ha in 0-60 cm)	33	76	72
N <sub>min</sub> nach der Ernte (kg/ha in 0-60 cm)	44	149	118
N-Entzug minus pflanzenverfügbaren N aus Düngung (kg/ha)	70	17	-58
N-Nachlieferung (kg/ha)**	81	90	-12

\* Berechnet aus BEFU-Tabellenwerten; \*\*N-Nachlieferung aus organischer Bodensubstanz und tieferen Bodenschichten

### ■ Fazit zur Rapsfläche

Im Gegensatz zu den anderen im Frühjahr untersuchten Rapsflächen wies der hier vorgestellte Schlag bereits vor der N-Düngung deutliche Unterschiede im N<sub>min</sub> auf. Diese waren eng mit dem inhomogen entwickelten Pflanzenbestand korreliert. Hohe N<sub>min</sub>-Werte fanden sich in der lehmig/tonigen Zone, in welcher der Pflanzenbestand ungleichmäßig aufgelaufen war. Bei einheitlicher N-Düngung haben sich diese Unterschiede erhalten. Probenbereiche mit hohen N<sub>min</sub>-Werten zu Beginn der Vegetation wiesen auch nach der Ernte die höchsten Werte auf. Auf den schwachen Ertragsbereichen entwickelte sich vor Winter ein gleichmäßiger, deutlich kräftigerer Pflanzenbestand. Im Verlauf der Frühjahrsentwicklung glichen sich diese Unterschiede allerdings aus.

Zur Zeit der Samenbildung und Reife zeigen die Vegetationsindizes dann bereits die im Samenertrag festgestellte Differenzierung zwischen den drei Potenzialzonen. Die höheren N<sub>min</sub>-Gehalte in den ertragreichen Schlagteilen lassen sich vermutlich auf deren Tiefgründigkeit und die trockenen Witterungsbedingungen zurückführen. Zum einen ist dann die N-Aufnahme aus dem ausgetrockneten Oberboden begrenzt und die Ertragsbildung wird zum anderen durch die Reserven an Wasser und Nährstoffen im Unterboden gefördert.

Während sich im Allgemeinen bei gleichmäßig kräftig gewachsenen Rapsbeständen eine N<sub>min</sub>-Beprobung nach Zonen als unnötig erwiesen hat, stellt dieser Schlag eine Ausnahme dar. Wo aufgrund von Witterung und Bodenbedingungen kein gleichmäßiger Bestand etabliert werden kann, sollte daher auch in den jeweiligen Teilzonen beprobt und gedüngt werden. Das Ergebnis macht aber auch deutlich das hier weiterer Untersuchungsbedarf besteht.

## 3.2 Wintergerste – Fläche 2 (D3-Standort im Landkreis Nordsachsen)

### ■ Heterogenität des Bodens

Der Wintergerstenschlag ist gekennzeichnet von einem breiten Bodenspektrum. Zu finden sind Teilbereiche mit Sand und lehmigem Sand über sandigem Lehm bis hin zum Lehm. In Abbildung 14 ist die Potenzialkarte dargestellt. Die auf das unterschiedliche Ertragspotenzial der Teilflächen hinweisenden Relativwerte schwanken mit 53 bis 127 % beträchtlich. Das stimmt weitgehend mit den bei der Bodenprobenahme angetroffenen Bodenarten und den Wassergehalten der Bodenproben (Abb. 15) überein.

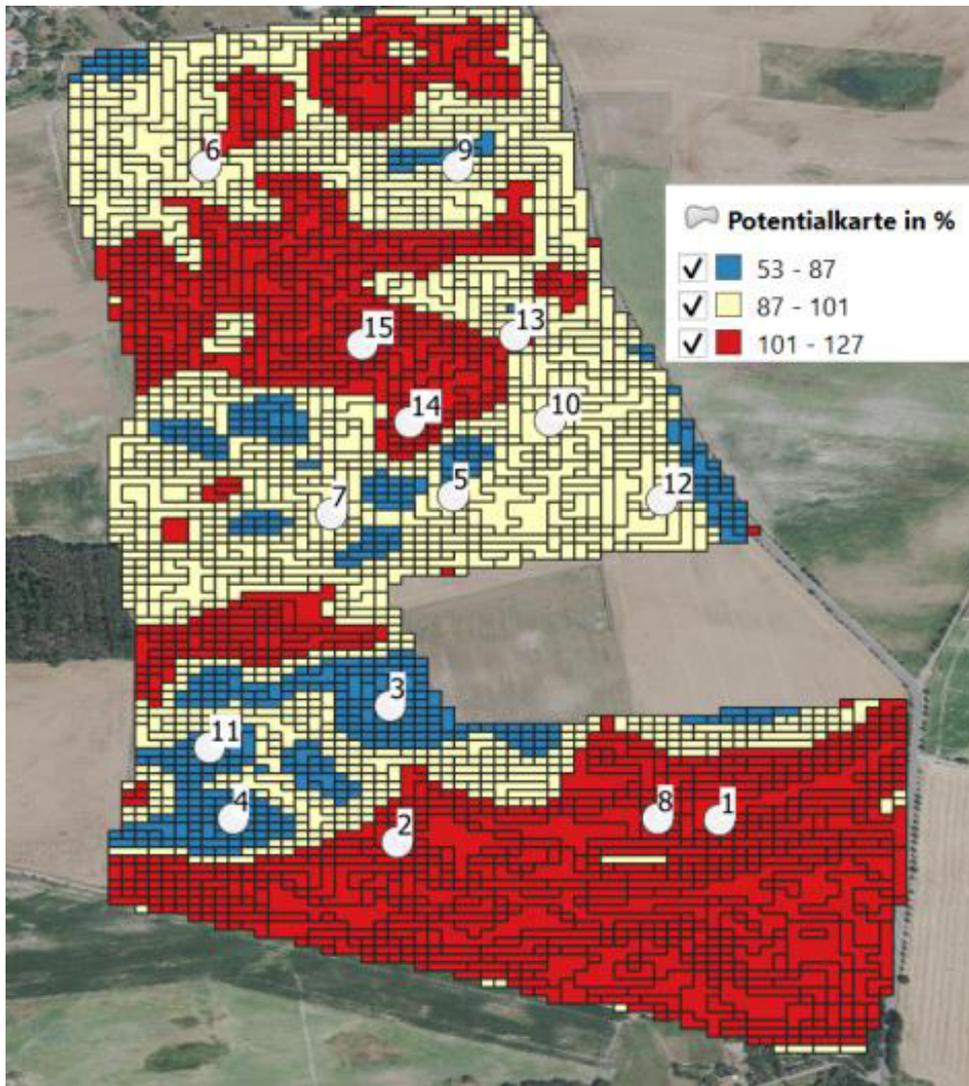


Abbildung 14: Lage der Probenpunkte in den jeweiligen drei Potenzialzonen

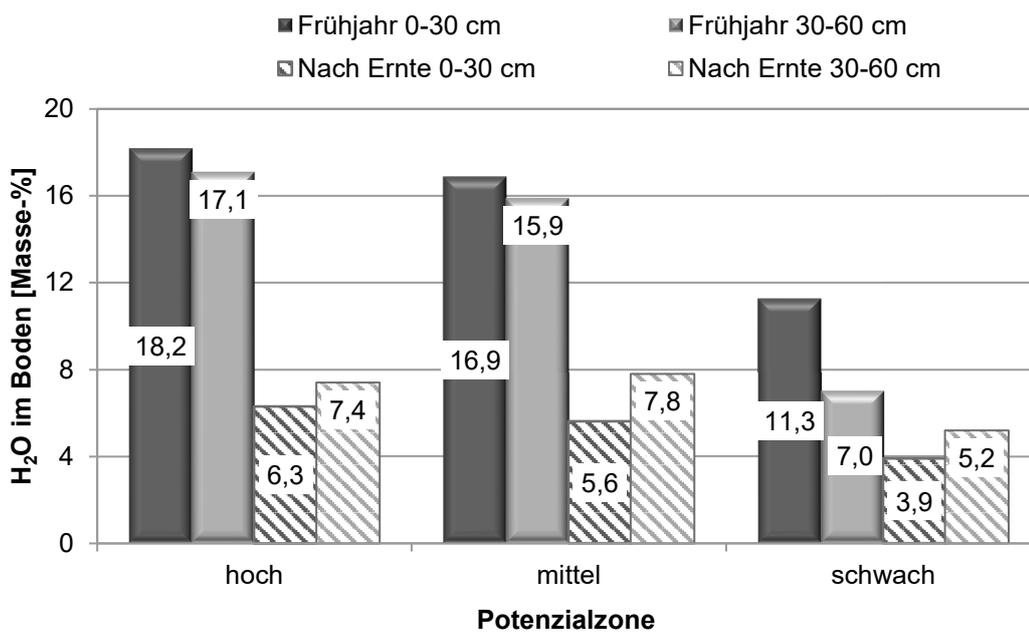
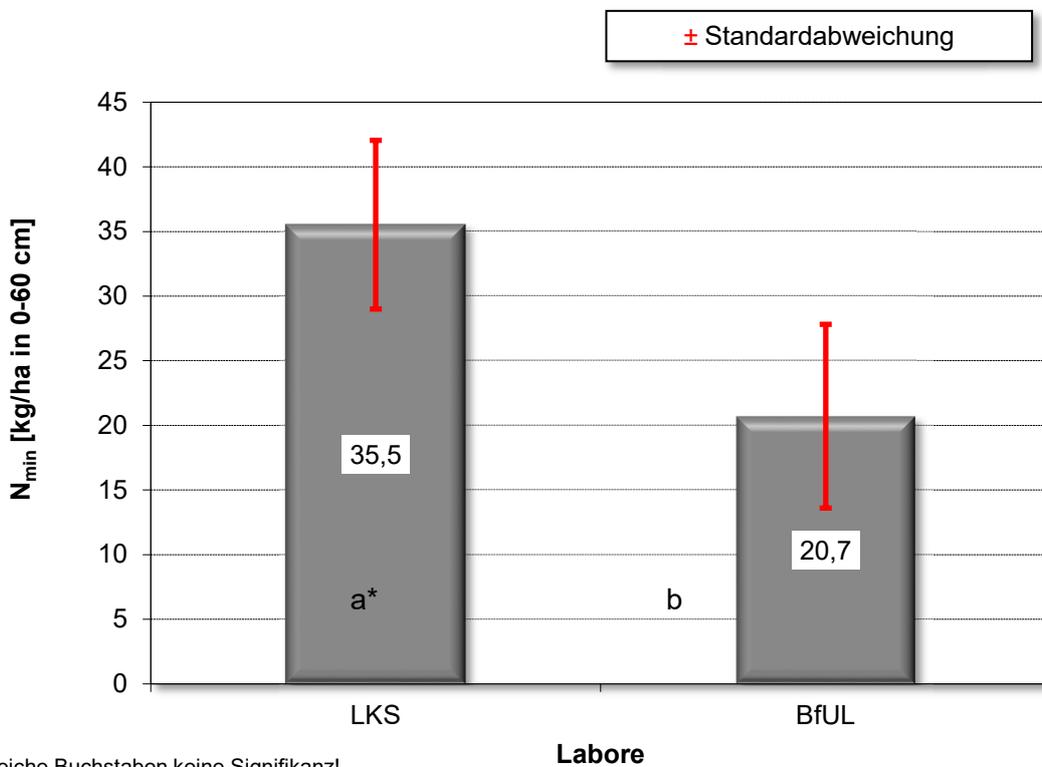


Abbildung 15: Wassergehalte in den drei Zonen vor der Düngung und nach der Ernte

### N<sub>min</sub> in den Potenzialzonen

Bei insgesamt niedrigem N<sub>min</sub>-Niveau gab es zwischen den Laboren signifikante Unterschiede bei den Messwerten (Abbildung 16). Im Mittel aller Werte sind es immerhin etwa 15 kg/ha für die Schicht 0 bis 60 cm. Auch ist die Beziehung der einzelnen Werte zueinander schwächer als beim zuvor vorgestellten Rapsschlag (Abbildung 17). Die größten Abweichungen finden sich bei den etwas höheren Werten.



Gleiche Buchstaben keine Signifikanz!

Abbildung 16: Mittlere Ergebnisse der N<sub>min</sub>-Werte der beteiligten Labore

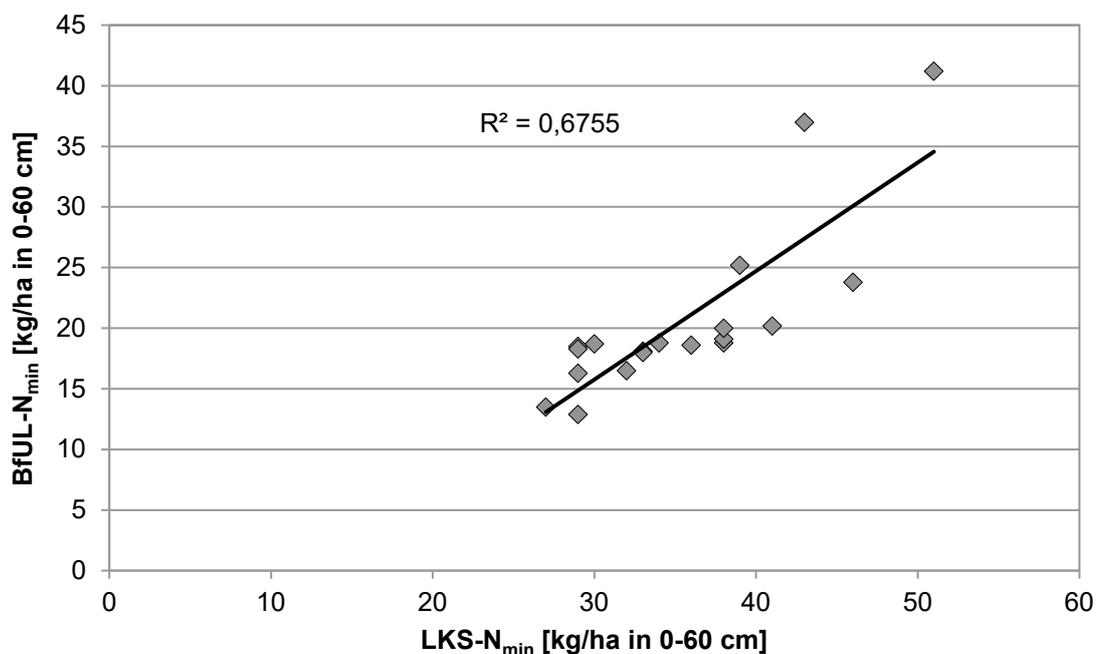


Abbildung 17: Beziehung zwischen den in dem jeweiligen Labor ermittelten N<sub>min</sub>-Werten

Innerhalb der jeweiligen Zonen zeigte sich eine stärkere Streuung zwischen den Probenpunkten (Abbildung 18). Im Bereich hoher  $N_{\min}$ -Werte vor der Düngung fanden sich nach der Ernte die niedrigsten  $N_{\min}$ -Beträge (negative Korrelation  $r = -0,65$ ) (Abbildung 19).

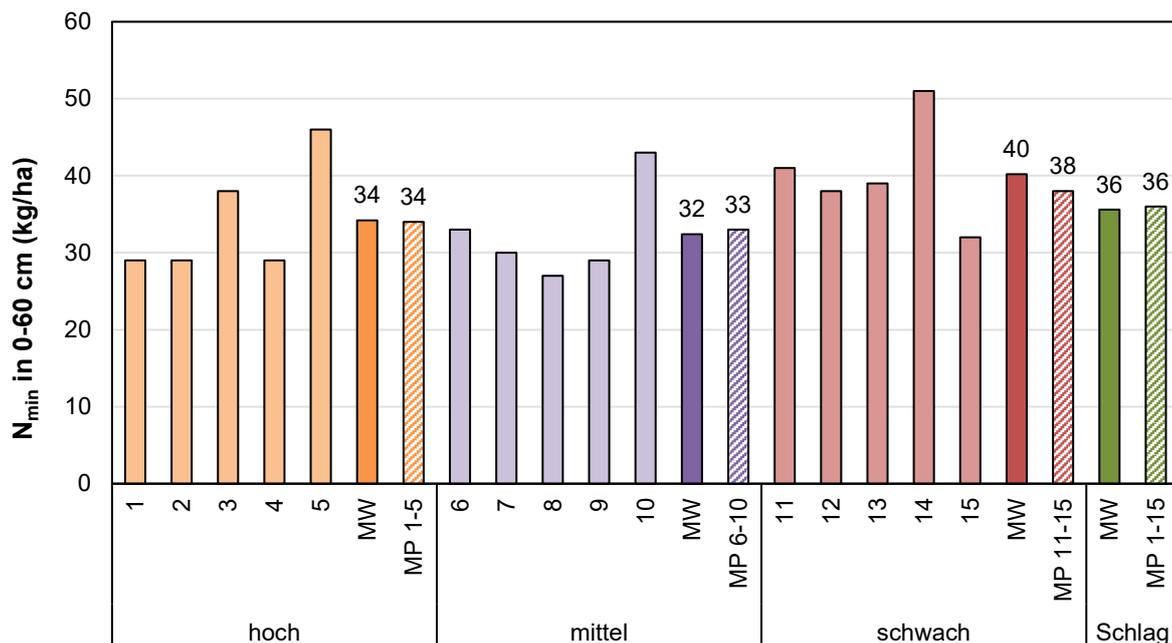


Abbildung 18:  $N_{\min}$ -Beträge der jeweiligen Probenpunkte einschließlich der in den Mischproben (MP) ermittelten  $N_{\min}$ -Werte sowie den aus den entsprechenden Einzelproben berechneten Mittelwerten (MW) vom Labor LKS

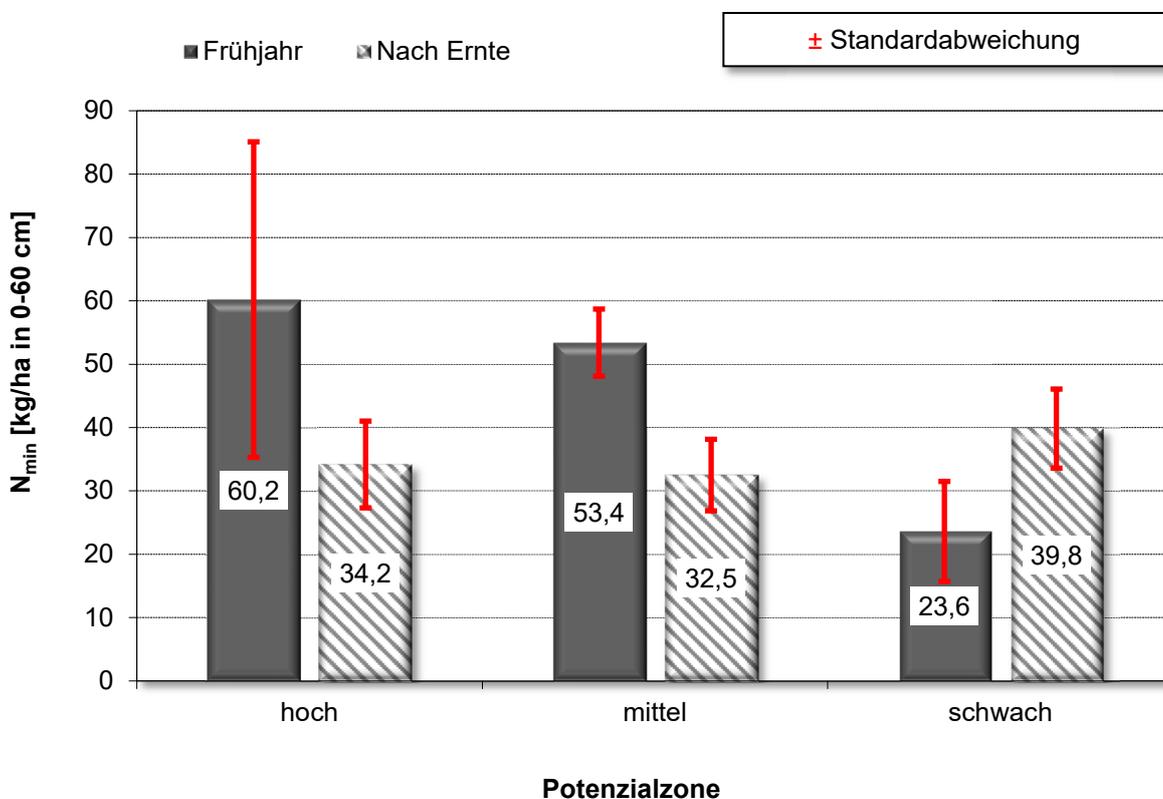


Abbildung 19: Mittlere  $N_{\min}$ -Gehalte in den Potenzialzonen vor der N-Düngung im Frühjahr und nach der Ernte der angebauten Wintergerste (Labor LKS)

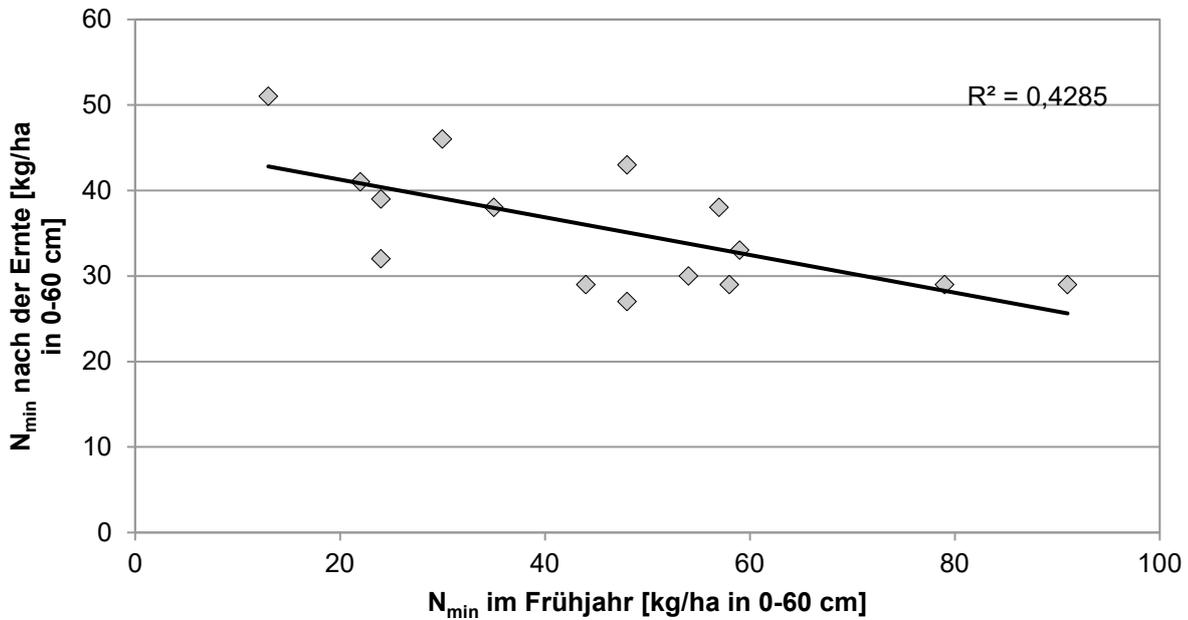
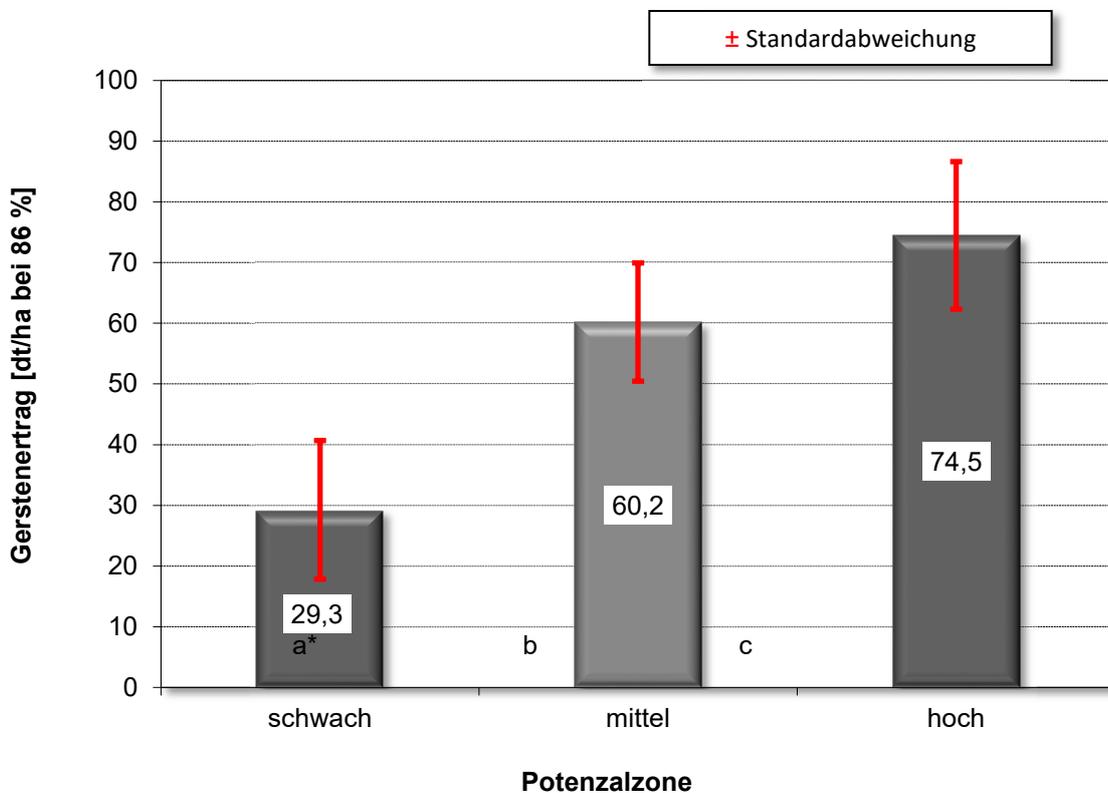


Abbildung 20: Beziehung zwischen den N<sub>min</sub>-Gehalten vor der N-Düngung und nach der Ernte

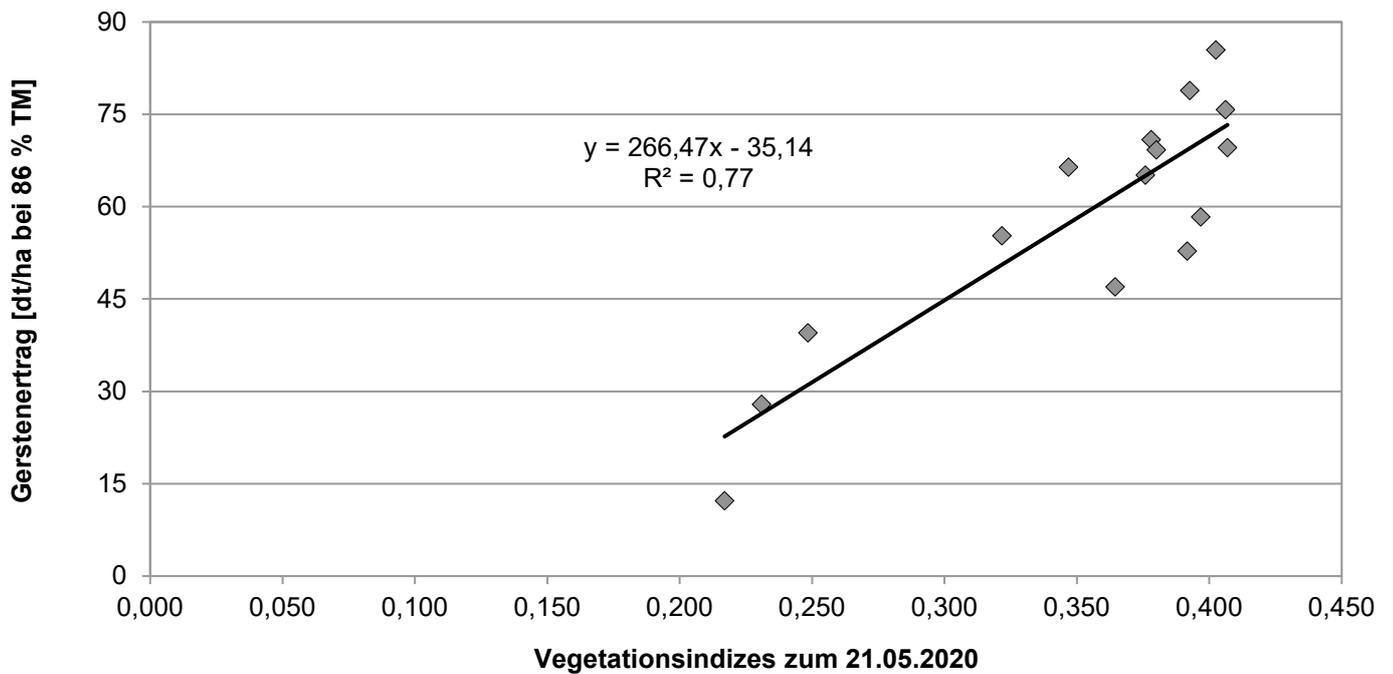
■ Ertrag in den Potenzialzonen

Bei einem mittleren Gerstenertrag von 55,5 dt/ha bei 86% TM findet sich für diesen Ackerschlag eine deutliche Differenzierung zwischen den drei Zonen (Abbildung 21). Unter den spezifischen Jahresbedingungen fällt der Ertrag in der schwachen Zone besonders stark ab. Das deutete sich bereits Ende Mai bei den zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Bestandes-indizes an (Abbildung 22).



\* Gleiche Buchstaben keine Signifikanz!

Abbildung 21: Mittlerer Gerstenertrag in den jeweiligen Potenzialzonen



**Abbildung 22: Beziehung zwischen den Vegetationsindices vom 21.05.2020 zum Gerstenertrag im Bereich der einzelnen Probenpunkte**

Eine überschlägige Berechnung der N-Nachlieferung aus der organischen Bodensubstanz (Tabelle 5) weist für den schwachen Schlagbereich einen leicht negativen Wert aus. Ursache dafür dürfte darin begründet sein, dass für die Berechnung der N-Entzüge Tabellenwerte genutzt wurden und keine exakt ermittelten Untersuchungswerte. Die Werte im mittleren und hohen Ertragsbereich weisen darauf hin, dass dieser Betrag vor allem aus der Schicht unterhalb von 60 cm Bodentiefe kommt.

**Tabelle 5: Berechnung der N-Nachlieferung für den Gerstenschlag**

Merkmal	Potenzialzone schwach	Potenzialzone mittel	Potenzialzone hoch
Ertrag (dt/ha bei 86)	29,3	60,2	74,5
N-Entzug Korn und Stroh (kg/ha)*	59	120	140
N-Düngung insgesamt (kg/ha)	100	100	100
N <sub>min</sub> Frühjahr (kg/ha in 0-60 cm)	23,6	53,4	60,2
N <sub>min</sub> nach der Ernte (kg/ha in 0-60 cm)	39,8	32,5	34,2
N-Entzug minus pflanzenverfügbarer N aus Düngung (kg/ha)	41	- 20	- 40
N-Nachlieferung (kg/ha)**	-25	41	66

\* Berechnet aus BEFU-Tabellenwerten; \*\*N-Nachlieferung aus organischer Bodensubstanz und tieferen Bodenschichten

### 3.3 Winterweizen - Fläche 3 (D-Standort im Landkreis Nordsachsen)

#### Heterogenität des Bodens

Anteilmäßig sind auf dem untersuchten Schlag die hohe und mittlere Potenzialzone am stärksten vertreten (Abbildung 23). Die nach der Ernte ermittelten Bodenwassergehalte sind zwischen den Zonen nicht so stark differenziert wie noch im Frühjahr (Abbildung 24). Sie sollten in etwa im Bereich des permanenten Welkepunkt liegen. Die ermittelten Werte weisen dann allerdings auch darauf hin, dass insbesondere im hohen Ertragsbereich im Frühjahr die Bodenwassergehalte unterhalb der Feldkapazität lagen.

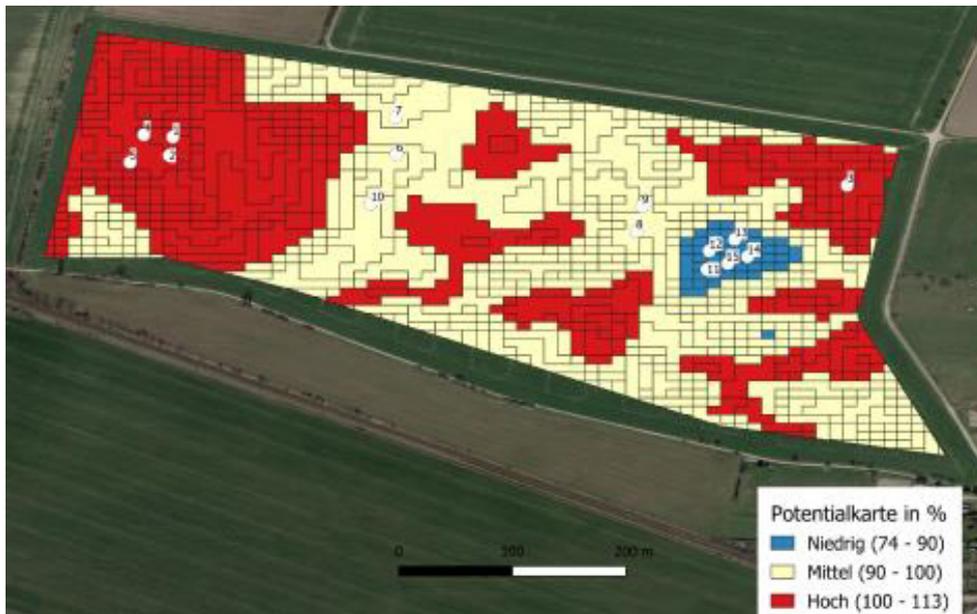


Abbildung 23: Lage der Probenpunkte in den jeweiligen drei Potenzialzonen

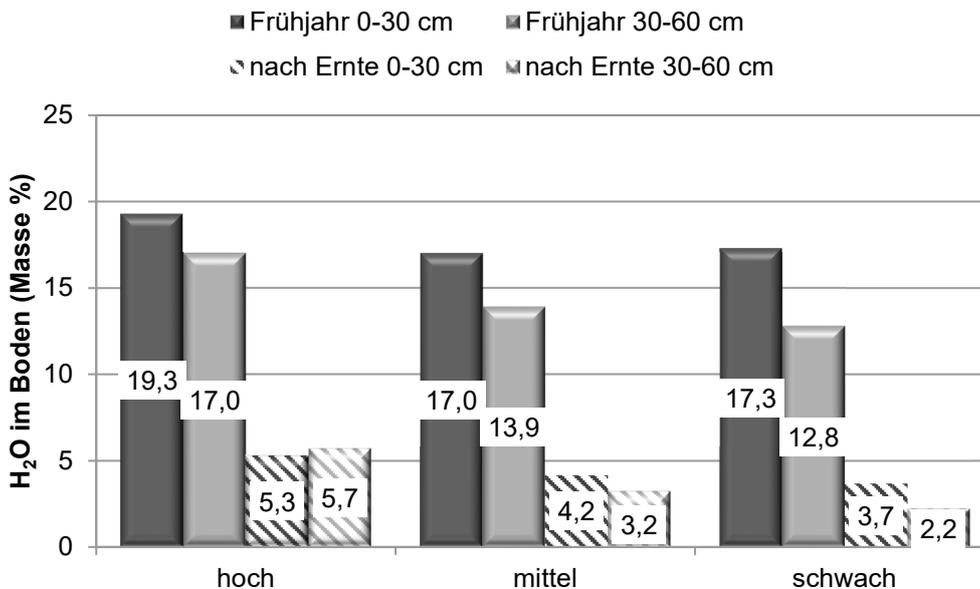


Abbildung 24: Wassergehalte in den drei Zonen vor der Düngung und nach der Ernte

## ■ $N_{\min}$ in den Potenzialzonen

Die  $N_{\min}$ -Werte der beiden beteiligten Labore wiesen im Mittel keine Unterschiede auf (Abbildung 25). Auch zwischen den Einzelwerten findet sich ein enger Zusammenhang (Abbildung 26). Die einzelnen Werte der insgesamt 15 Probenbereiche liegen im Bereich von 40 bis 60 kg  $N_{\min}$ /ha in 0-60 cm Bodentiefe (Abbildung 27). Die relativ hohen  $N_{\min}$ -Werte des Frühjahrs wurden deutlich abgesenkt. Sie liegen im Bereich von etwa 50 bis 60 kg/ha (Abbildung 28). Der überwiegende Teil davon befindet sich in der Bodenschicht von 0-30 cm. Es ist anzunehmen, dass es sich hierbei um angesichts der Trockenheit nicht ausgenutzten Düngerstickstoff handelt. Zwischen den Frühjahrswerten und denen nach der Ernte besteht keine Beziehung. Daher wurde auf eine Darstellung verzichtet ( $r = 0,11$ ).

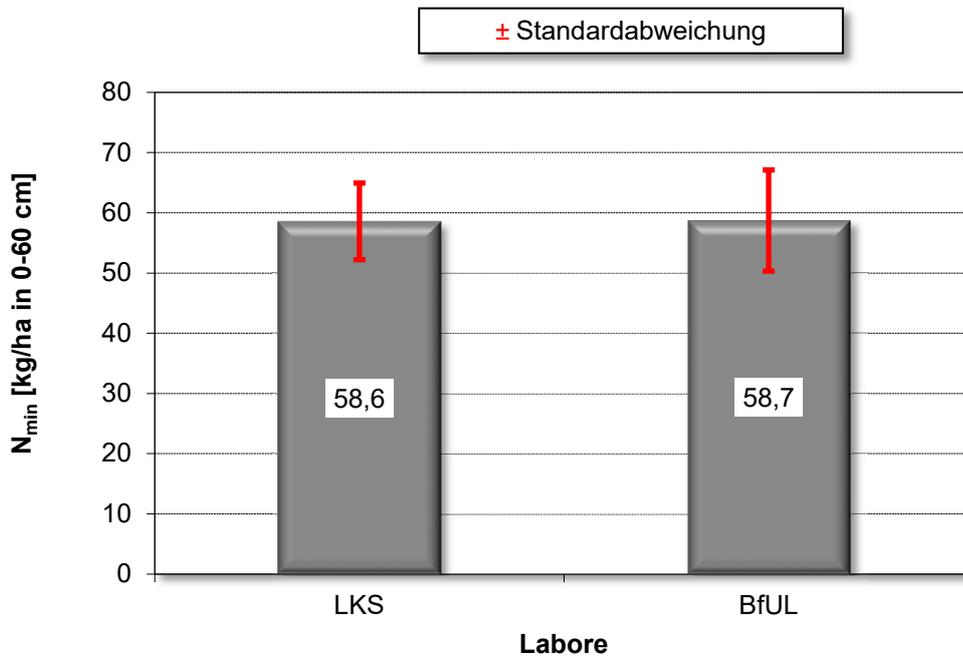


Abbildung 25: Mittlere Ergebnisse der  $N_{\min}$ -Werte der beteiligten Labore

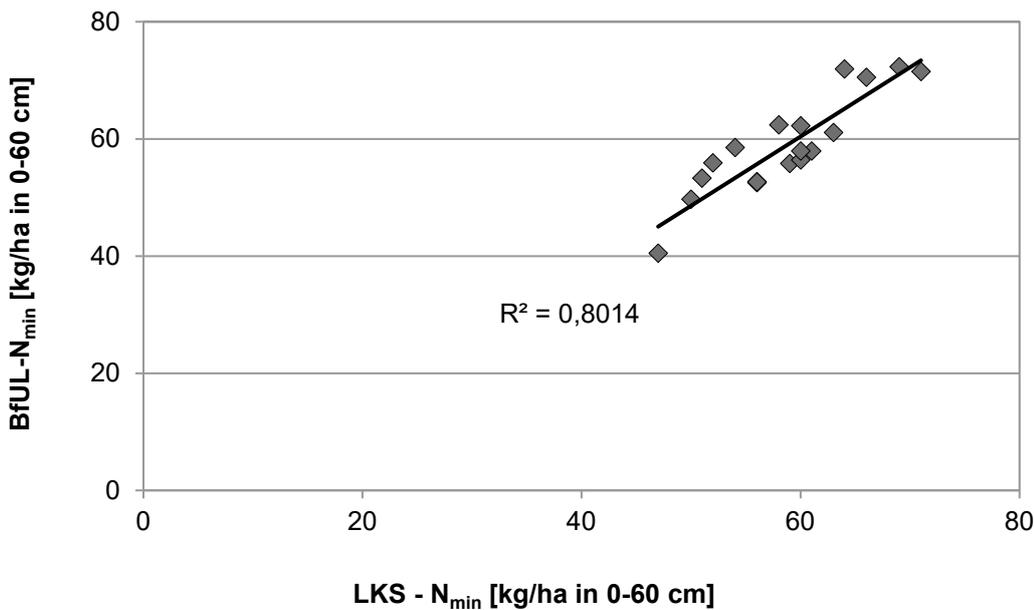


Abbildung 26: Beziehung zwischen den  $N_{\min}$ -Werten der Labore

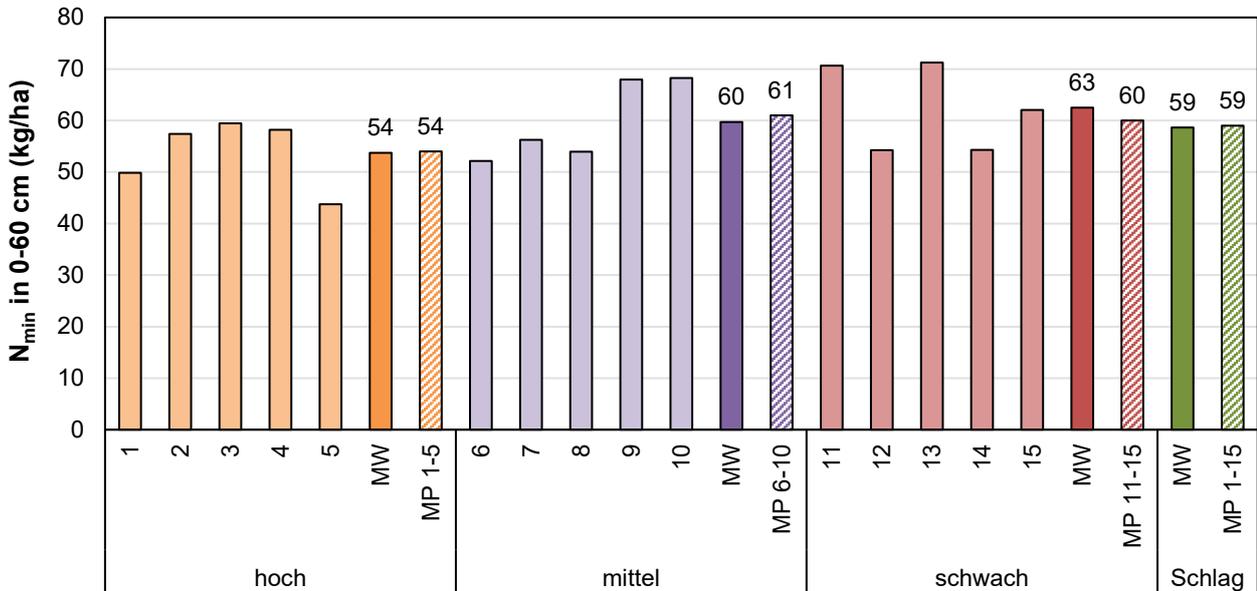


Abbildung 27:  $N_{\min}$ -Beträge der jeweiligen Probenpunkte einschließlich der in den Mischproben (MP) ermittelten  $N_{\min}$ -Werte sowie den aus den entsprechenden Einzelproben berechneten Mittelwerten (MW)

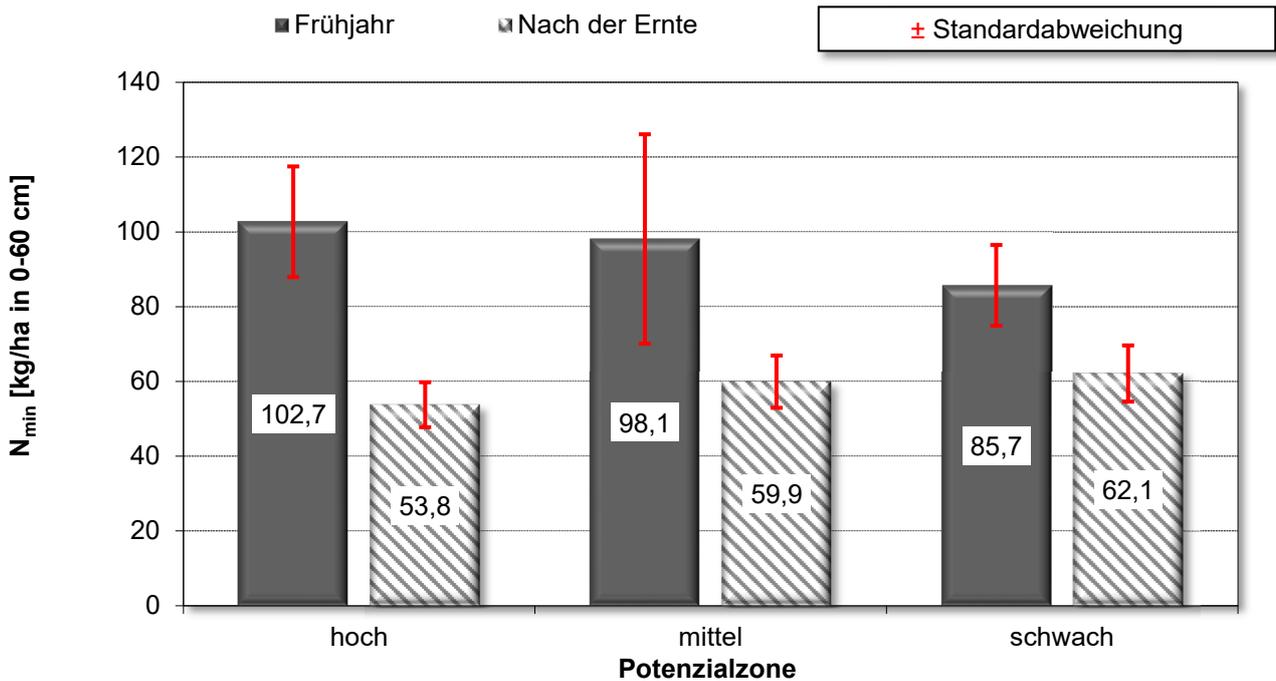
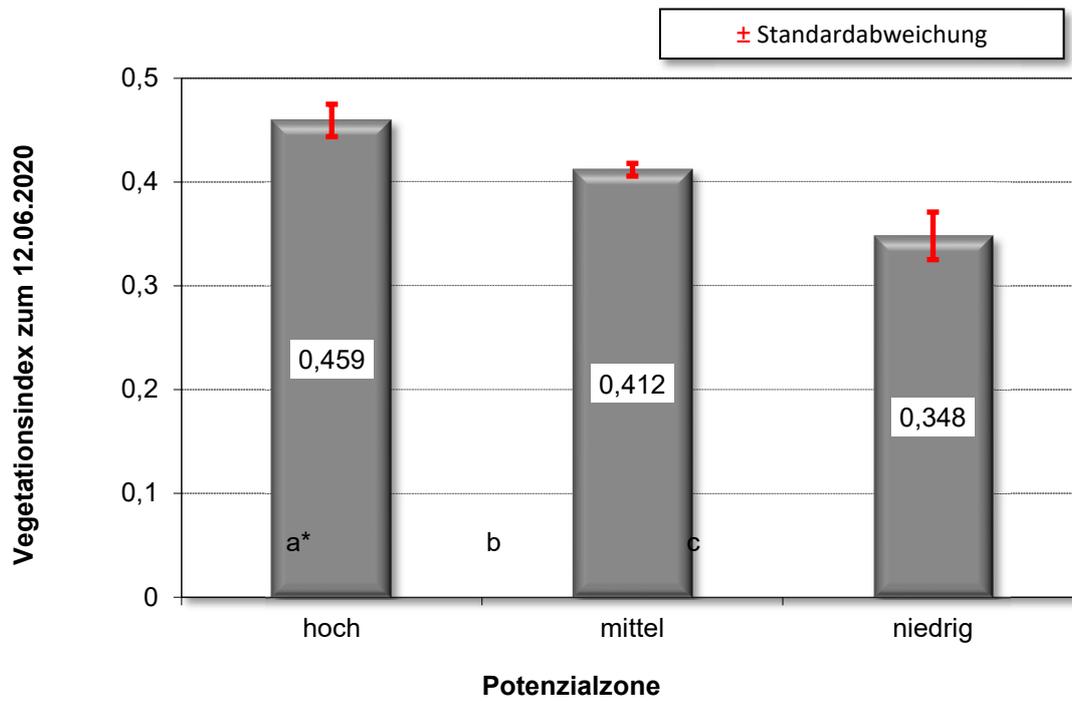


Abbildung 28: Mittlere  $N_{\min}$ -Gehalte in den Potenzialzonen vor der N-Düngung im Frühjahr und nach der Ernte des angebauten Winterweizens

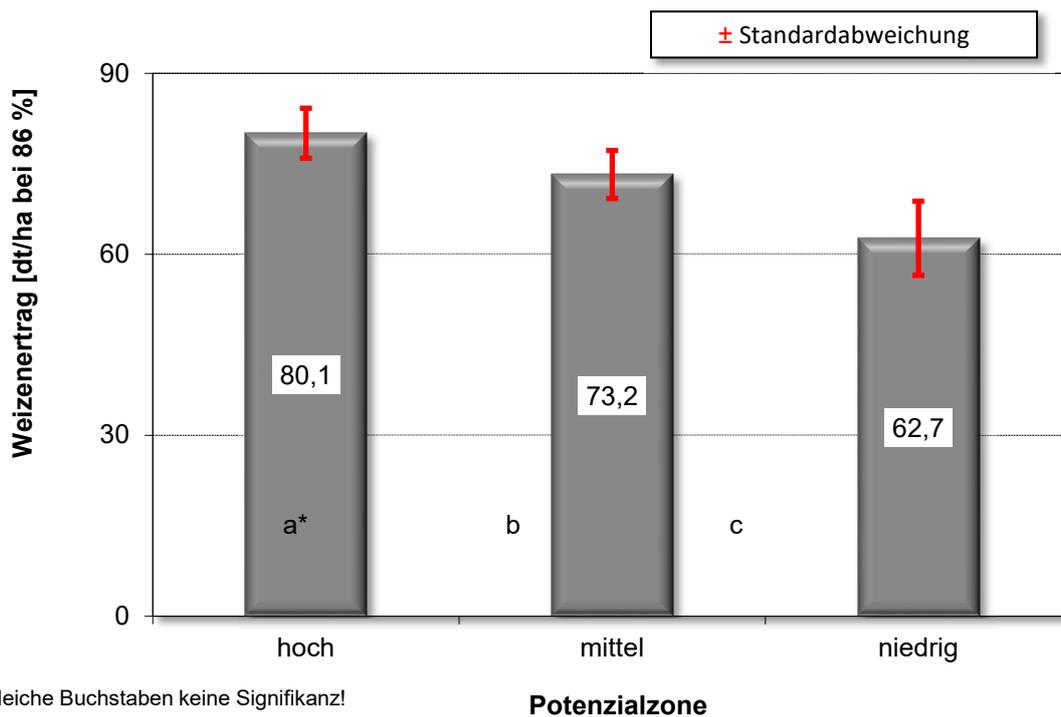
### ■ Ertrag in den Potenzialzonen

In der Zeit der Kornfüllung und Abreife wiesen Satellitenaufnahmen bereits auf Differenzierungen im Pflanzenbestand hin. In Abbildung 29 sind die für den Bereich der Probenpunkte ermittelten Indizes dargestellt. Sie weisen signifikante Unterschiede auf. Bei einem mittleren Weizenertrag von 74,2 dt/ha bei 86 % TM wurde im Bereich der drei Potenzialzonen der in Abbildung 30 dargestellte Kornertrag ermittelt. Zwischen den Bestandsindizes vom 12.06.2020 und dem Kornertrag besteht mit  $r=0,90$  ein sehr enger Zusammenhang (Abbildung 31).



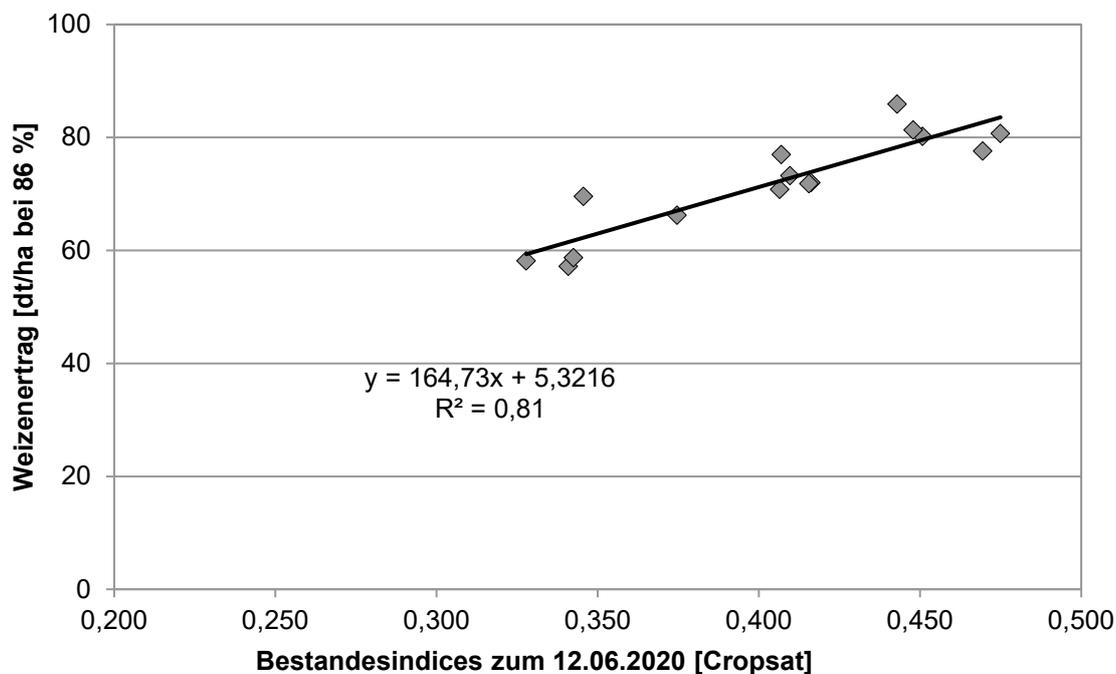
\*Gleiche Buchstaben keine Signifikanz!

Abbildung 29: Bestandsindizes im Bereich der Probenpunkte des Weizenschlages



\*gleiche Buchstaben keine Signifikanz!

Abbildung 30: Weizenertrag im Bereich der Probenpunkte der jeweiligen Potenzialzone



**Abbildung 31: Beziehung zwischen den Bestandsindizes und dem Ertrag im Bereich der Probenpunkte**

Tabelle 6 gibt einen Überblick zur berechneten N-Nachlieferung, die hier nur geringe Werte annimmt. Deutlich wird aber auch, dass die Rohproteinwerte mit etwa 12 bis 13 % trotz des noch im Boden vorhandenen pflanzenverfügbaren Stickstoffs relativ niedrig ausfallen.

**Tabelle 6: Berechnung der N-Nachlieferung Weizenschlag**

Merkmale	Potenzialzone schwach	Potenzialzone mittel	Potenzialzone hoch
Kornertrag (dt/ha bei 86%)	63	73	80
Strohertrag (dt/ha bei 86%)*	56	66	72
Rohprotein im Korn (% in TM)	12,2	12,9	12,2
N-Entzug Korn (kg/ha)	115	142	147
N-Entzug Stroh (kg/ha)**	33	37	38
N-Entzug insgesamt (kg/ha)	149	179	186
N-Düngung (pflanzenverfügbar kg/ha)	122	122	122
N <sub>min</sub> Frühjahr (kg/ha in 0-60 cm)	86	98	103
N <sub>min</sub> nach der Ernte (kg/ha in 0-60 cm)	62	60	54
N-Nachlieferung <sup>1)</sup> (kg/ha)	3	19	15

\* kalkuliert Korn zu Stroh mit 1 zu 0,9; \*\* kalkuliert aus C zu N-Verhältnis 80 zu 1; 1) aus organischer Bodensubstanz und aus Bodenschichten unterhalb 60 cm

### 3.4 Winterweizen - Fläche 4 (D3-Standort im Landkreis Meißen)

#### Heterogenität des Bodens

Die Potenzialkarte mit den über die Fläche verteilten fünfzehn Probenpunkten sind in Abbildung 32 dargestellt. Die vor der Düngung im Frühjahr entnommenen Bodenproben wiesen einen differenzierten Wassergehalt auf (Abbildung 33). Nach der Ernte war das Bodenwasser bis in etwa auf den permanenten Welkepunkt entleert. Deutlich wird auch hier der beachtliche Unterschied zwischen der höchsten und der schwachen Zone.

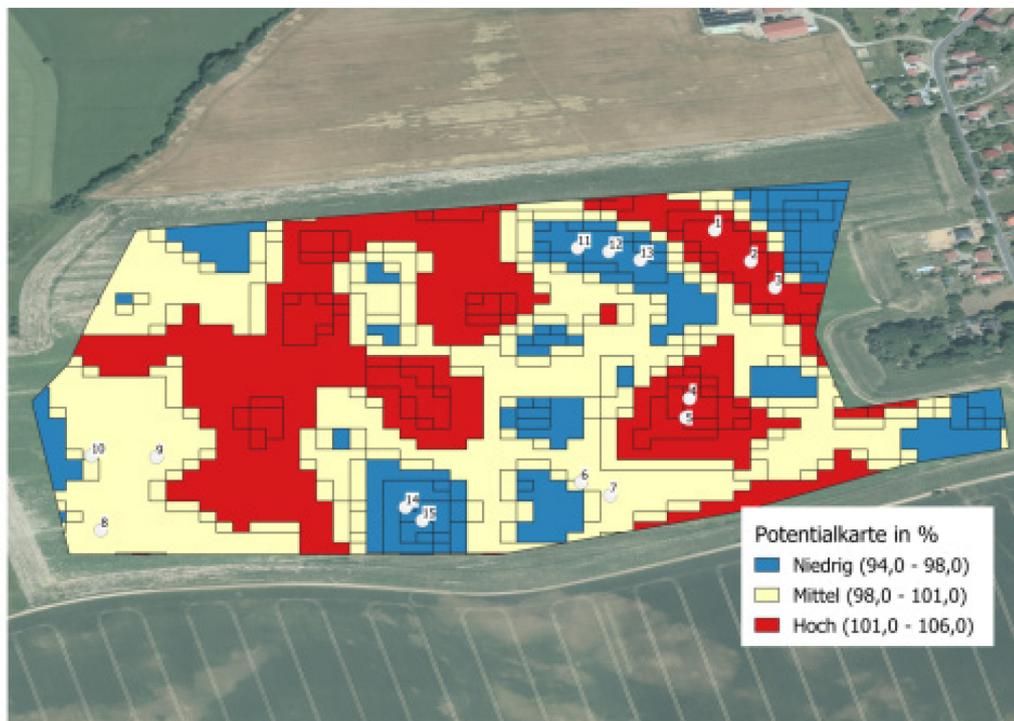


Abbildung 32: Probenpunkte und Potenzialzonen auf dem Weizenschlag

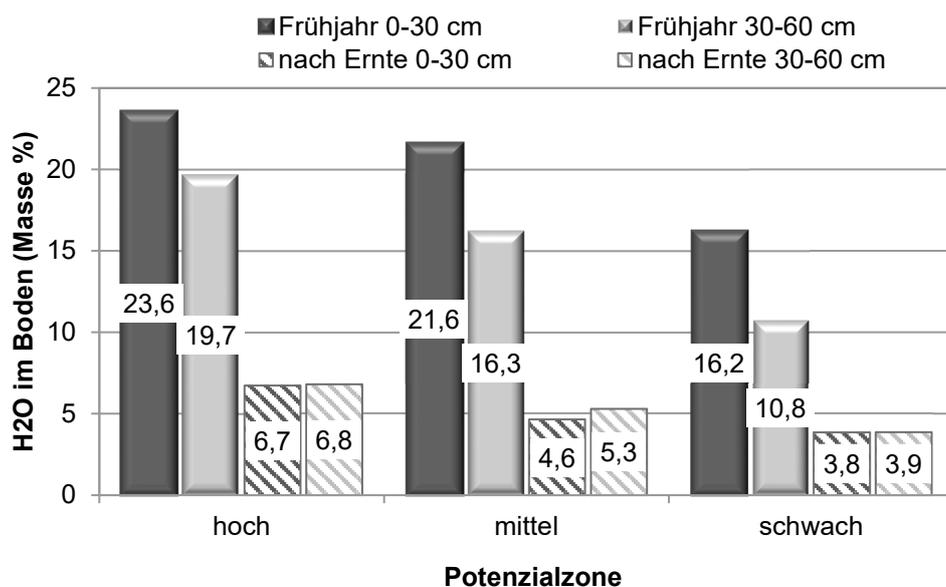


Abbildung 33: Wassergehalte in den jeweiligen Bodenschichten der drei Potenzialzonen

■  $N_{\min}$  in den Potenzialzonen

Zwischen den  $N_{\min}$ -Werten der Labore gab es keine wesentlichen Unterschieden (Abbildung 34). Es bestand eine enge Korrelation der Werte an den jeweiligen Probepunkten (Abbildung 35).

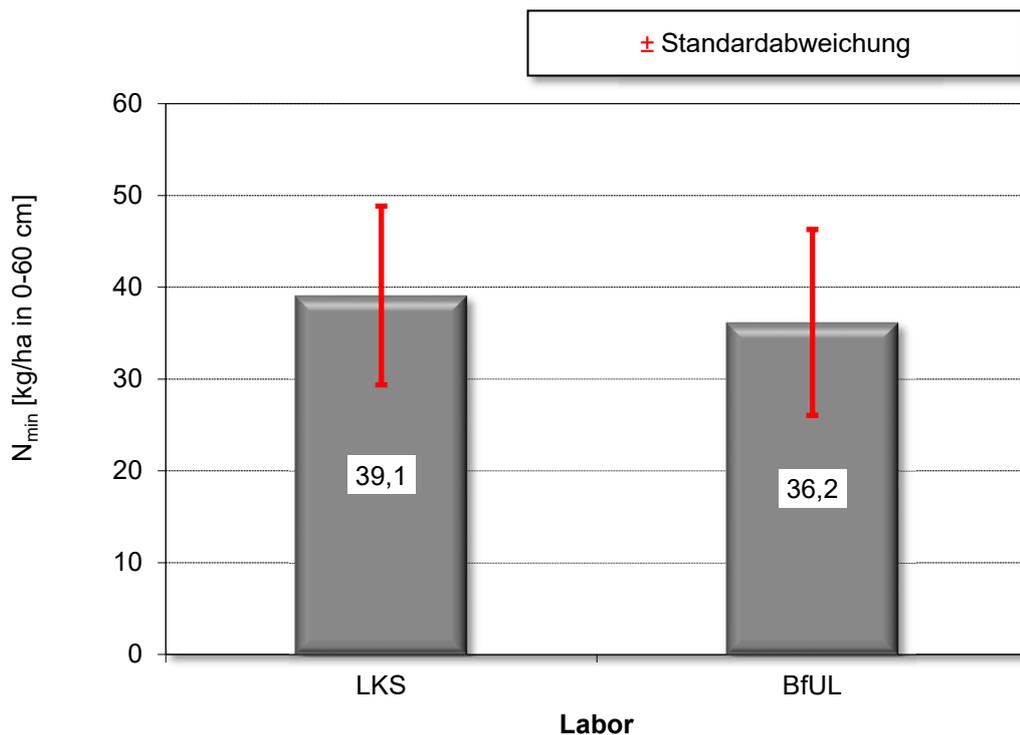


Abbildung 34: Mittlere  $N_{\min}$ -Werte der beiden Labore

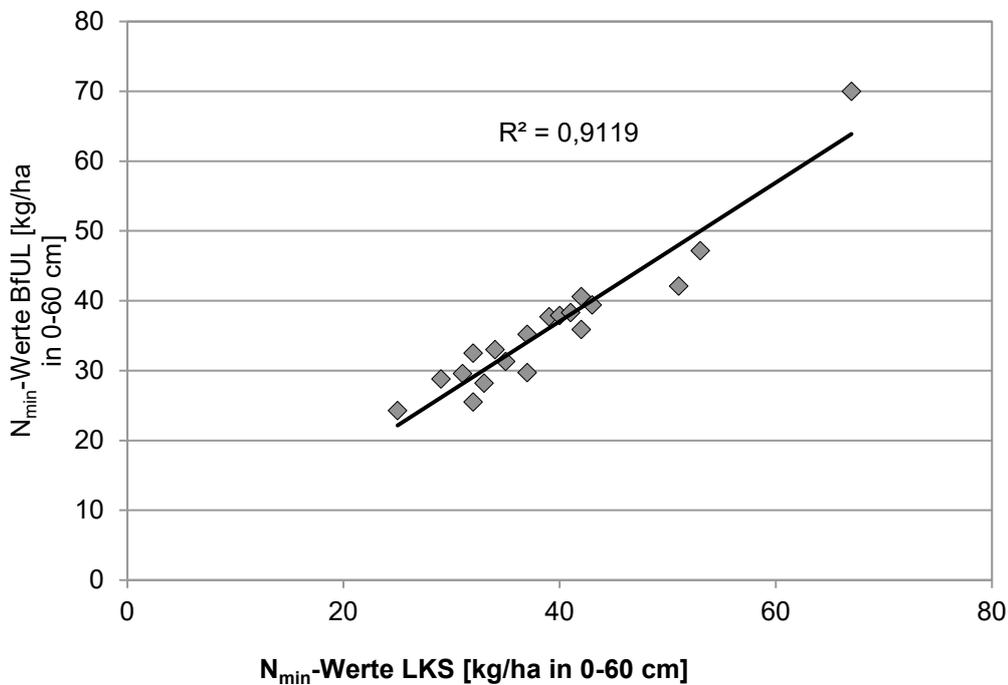


Abbildung 35: Beziehung zwischen den  $N_{\min}$ -Werten der beiden Labore

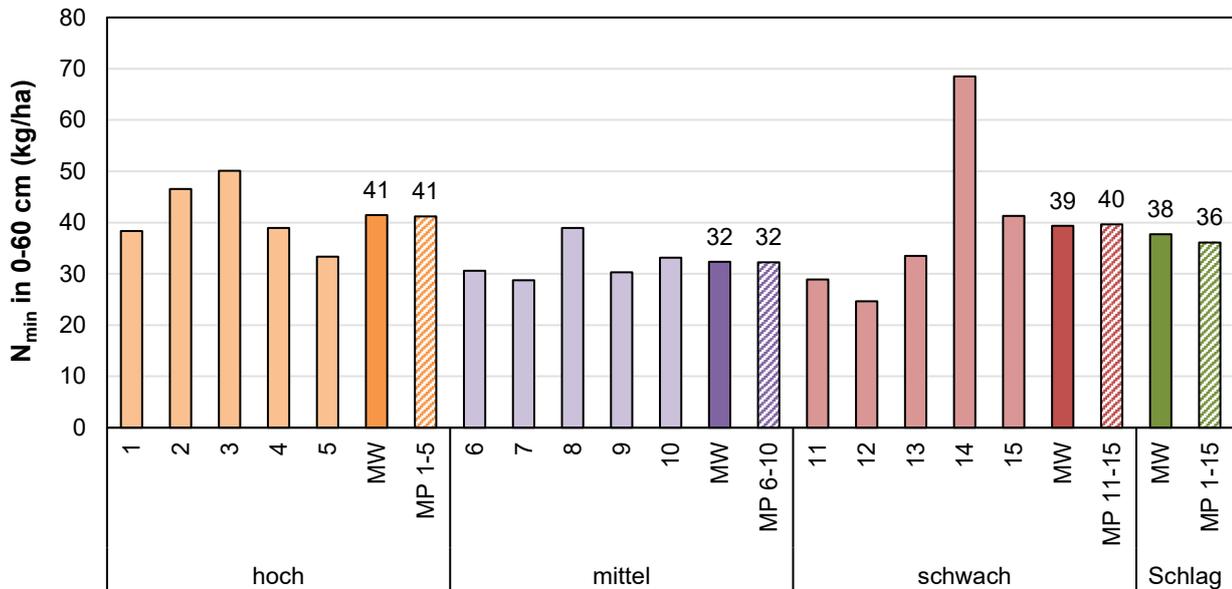


Abbildung 36:  $N_{\min}$ -Beträge der jeweiligen Probenpunkte einschließlich der in den Mischproben (MP) ermittelten  $N_{\min}$ -Werte sowie den aus den entsprechenden Einzelproben berechneten Mittelwerten (MW)

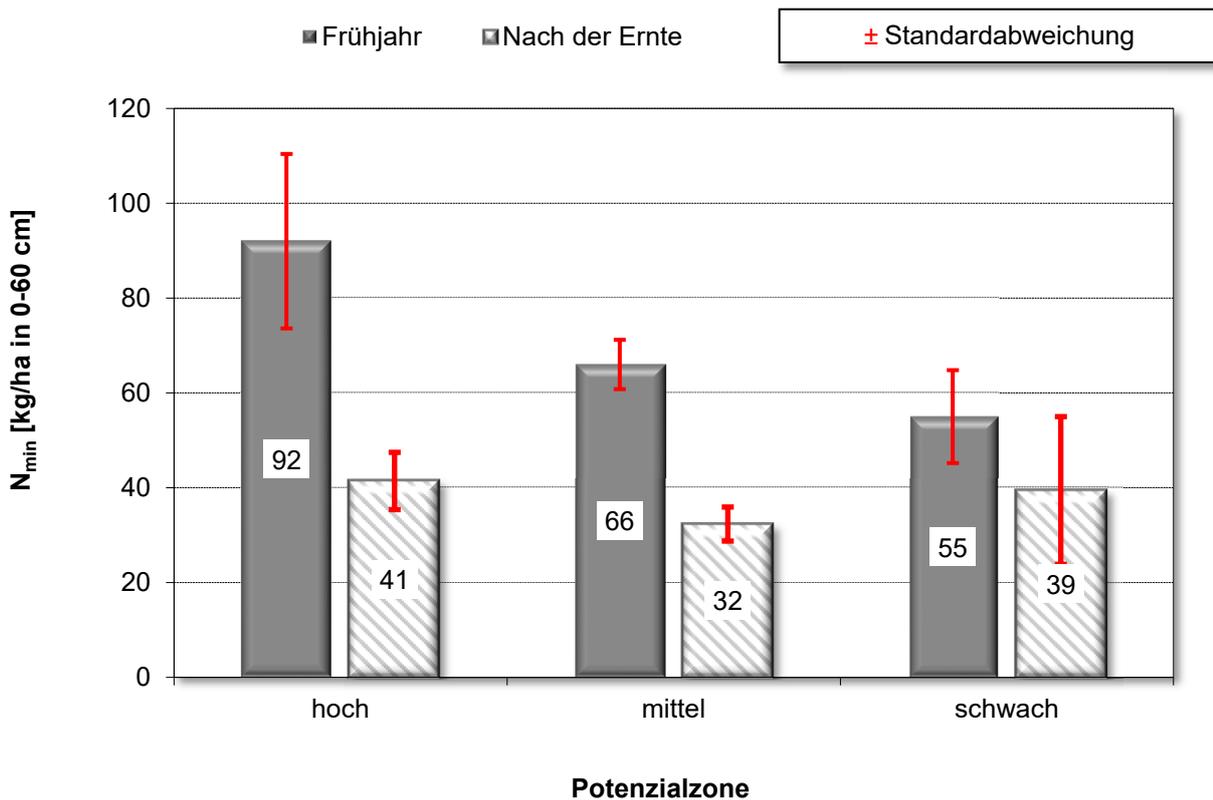
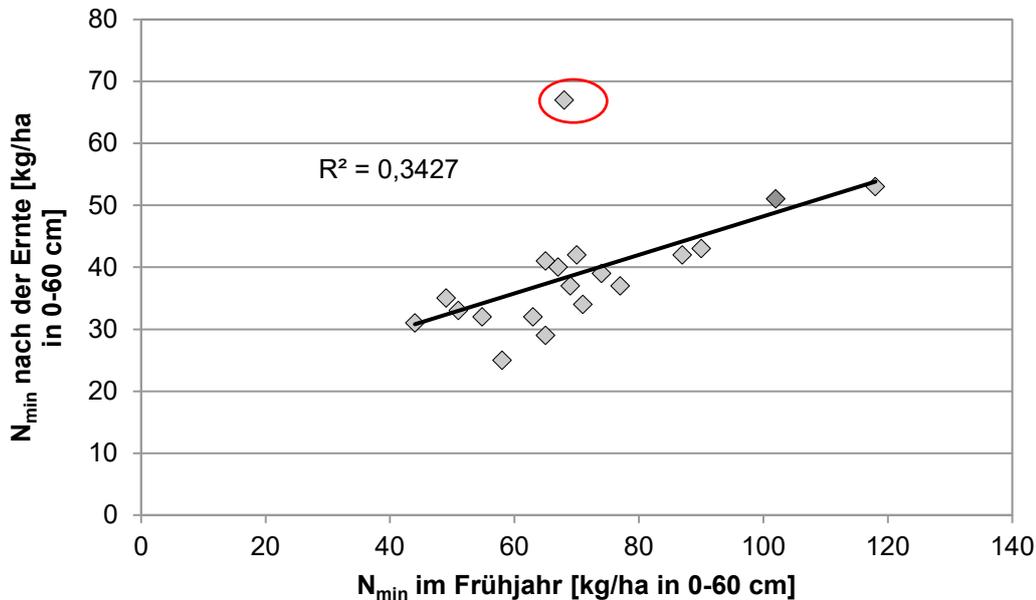


Abbildung 37: Mittlere  $N_{\min}$ -Werte im Frühjahr und nach der Ernte in den drei Potenzialzonen

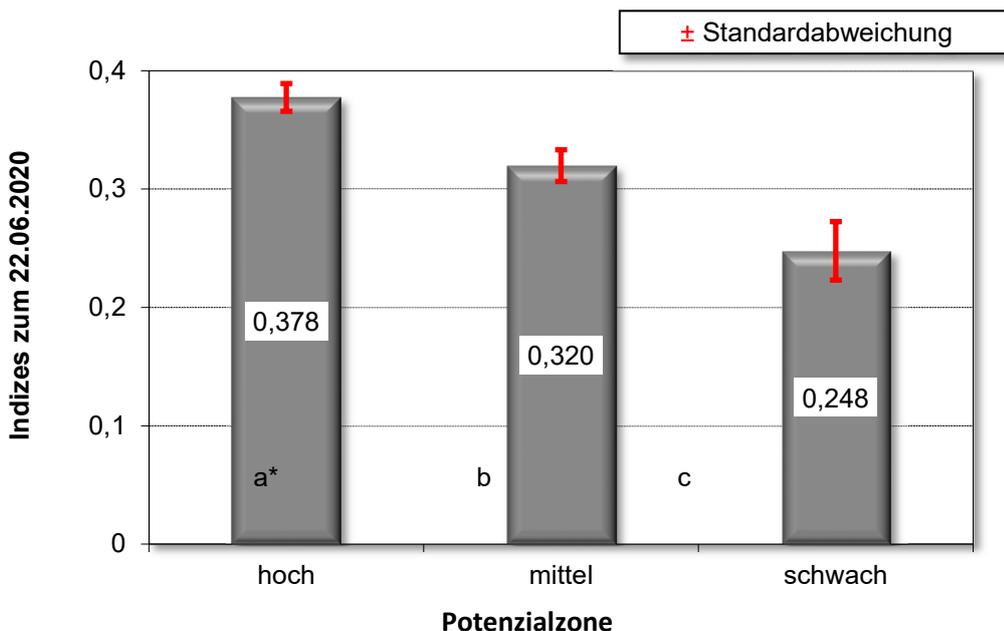
Während im Frühjahr eine deutliche Differenzierung bei den  $N_{\min}$ -Werten der drei Zonen gefunden wurde, ist dies nach der Ernte nicht mehr der Fall (Abbildung 37). Wie aus Abbildung 36 ersichtlich, gab es allerdings innerhalb der Zonen entsprechende Streuungen. Diese fanden sich in abgeschwächter Form auch nach der Ernte. Wie aus Abbildung 38 ersichtlich ergibt sich ein guter Zusammenhang zwischen den einzelnen Werten ( $r = 0,58$ ).



**Abbildung 38: Beziehung zwischen den N<sub>min</sub>-Werten im Frühjahr zu denen nach der Ernte an den jeweiligen Probenpunkten**

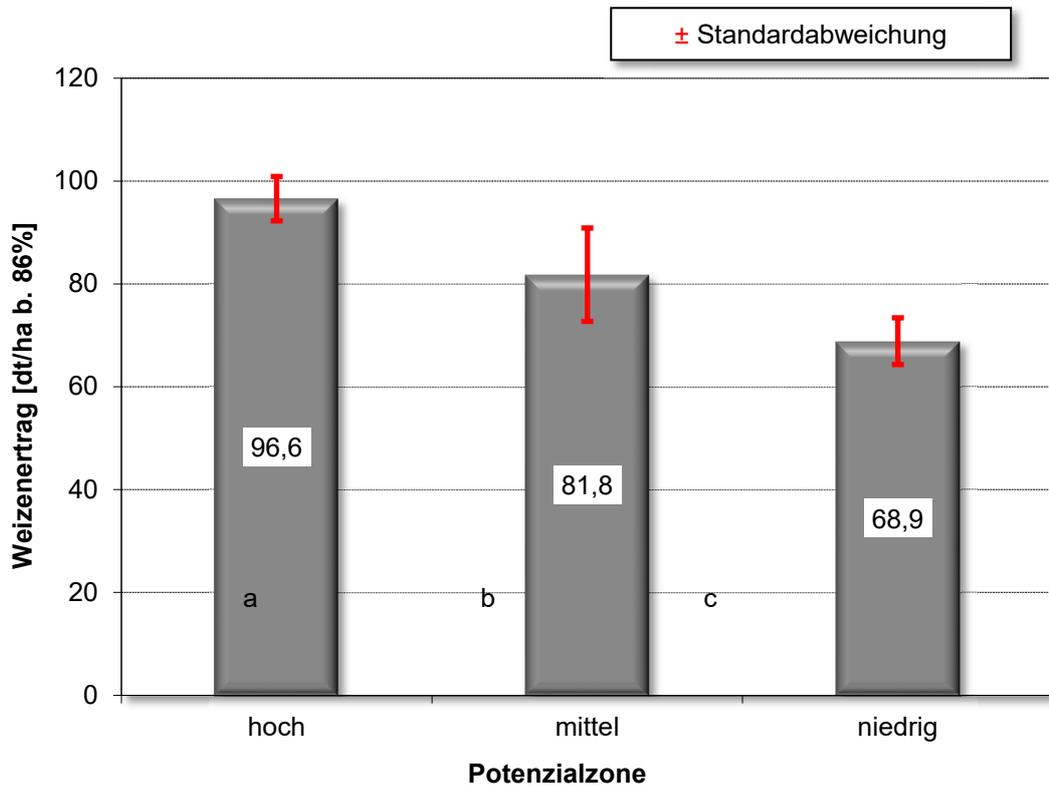
■ Ertrag in den Potenzialzonen

In Abbildung 39 sind die Bestandsindizes vom 22.06.2020 dargestellt. Sie weisen zwischen den Zonen signifikante Unterschiede auf. Diese deutliche Differenzierung findet sich dann auch im später ermittelten Weizenertrag wider (Abbildung 40). Die Unterschiede sind wiederum signifikant. Im Mittel des Schlages wurden 79,8 dt/ha bei 86 % TS geerntet. Das entspricht in etwa dem Ertrag der mittleren Potenzialzone. Aus Abbildung 41 geht hervor, dass zwischen den Indizes und den Erträgen eine enge Korrelation besteht ( $r = 0,94$ ). Bei begrenztem N-Einsatz von gerade einmal 128 kg N/ha und dem erzielten Ertragsniveau überrascht es nicht, dass die Rohproteingehalte 11, 2 % für einen A-Weizen zu niedrig ausfallen. Wie bereits für den Weizenschlag zuvor ergibt sich lediglich für die hohe Potenzialzone rechnerisch eine leichte N-Nachlieferung. Vermutlich handelt es sich dabei allerdings um Stickstoff aus tieferen Bodenschichten.



\* Gleiche Buchstaben keine Signifikanz!

**Abbildung 39: Bestandsindizes im Bereich der Probenpunkte des Weizenschlages**



\*Gleiche Buchstaben keine Signifikanz!

Abbildung 40: Mittlerer Weizenertrag im Bereich der Probenpunkte

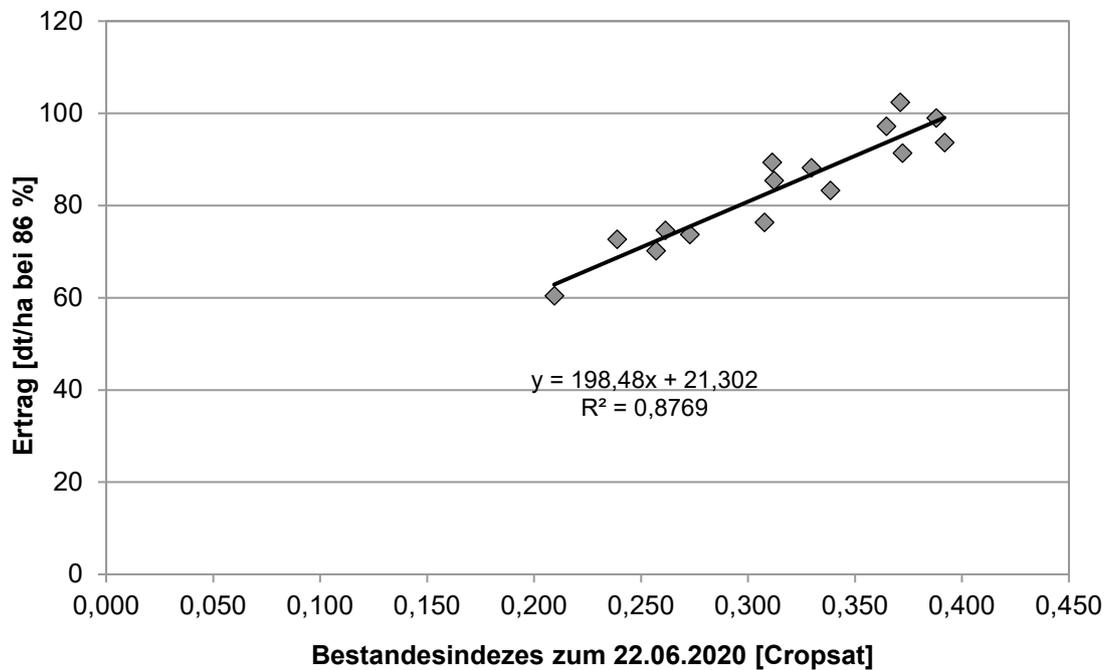


Abbildung 41: Beziehung zwischen den Bestandsindizes und Ertrag (im Mittel der Probenpunkte)

**Tabelle 7: Berechnung der N-Nachlieferung Weizenschlag**

Merkmal	Einheit	Potenzial hoch	Potenzial mittel	Potenzial schwach
Kornertrag	dt/ha bei 86 % TS	96,6	81,8	68,9
Strohertrag*	dt/ha	87,0	74,0	62,0
Rohprotein	% in TS	11,4	11,4	11,2
N-Entzug Korn	kg/ha	167	134	116
N-Entzug Korn und Stroh**/	kg/ha	212	169	148
N-Düngung	kg/ha	128	128	128
N <sub>min</sub> Frühjahr	kg/ha in 0-60 cm	92	66	55
N <sub>min</sub> nach Ernte	kg/ha in 0-60 cm	41	32	39
N-Nachlieferung 1)	kg/ha	33	6	4

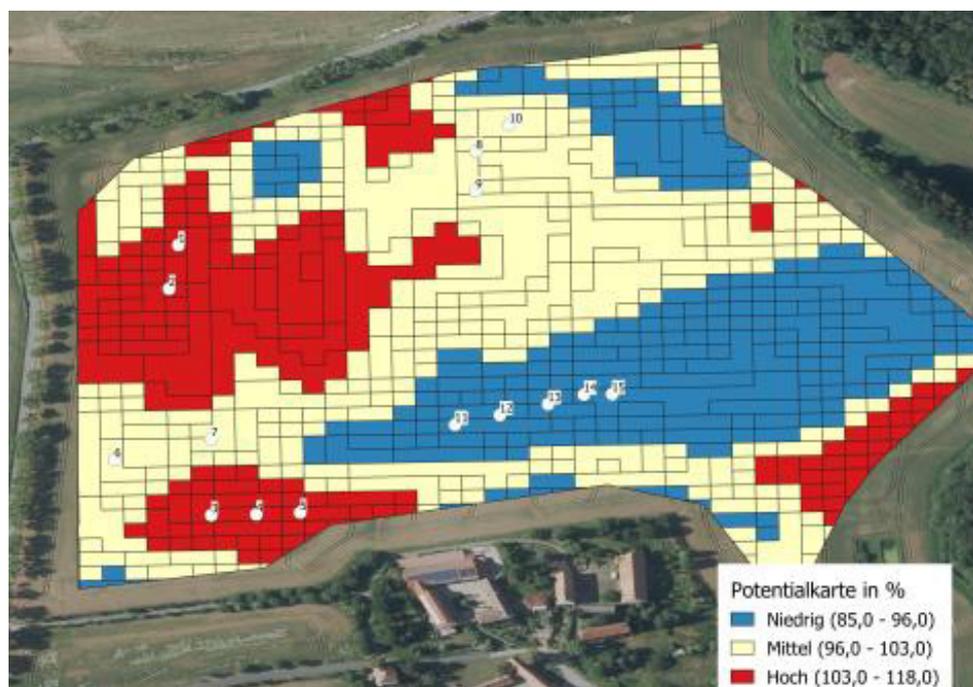
\* kalkuliert aus Kornertrag – Korn zu Stroh 1:0,9; \*\* N kalkuliert aus C zu N-Verhältnis 80 zu 1;

1) Nachlieferung aus organischer Bodensubstanz und tieferen Bodenschichten

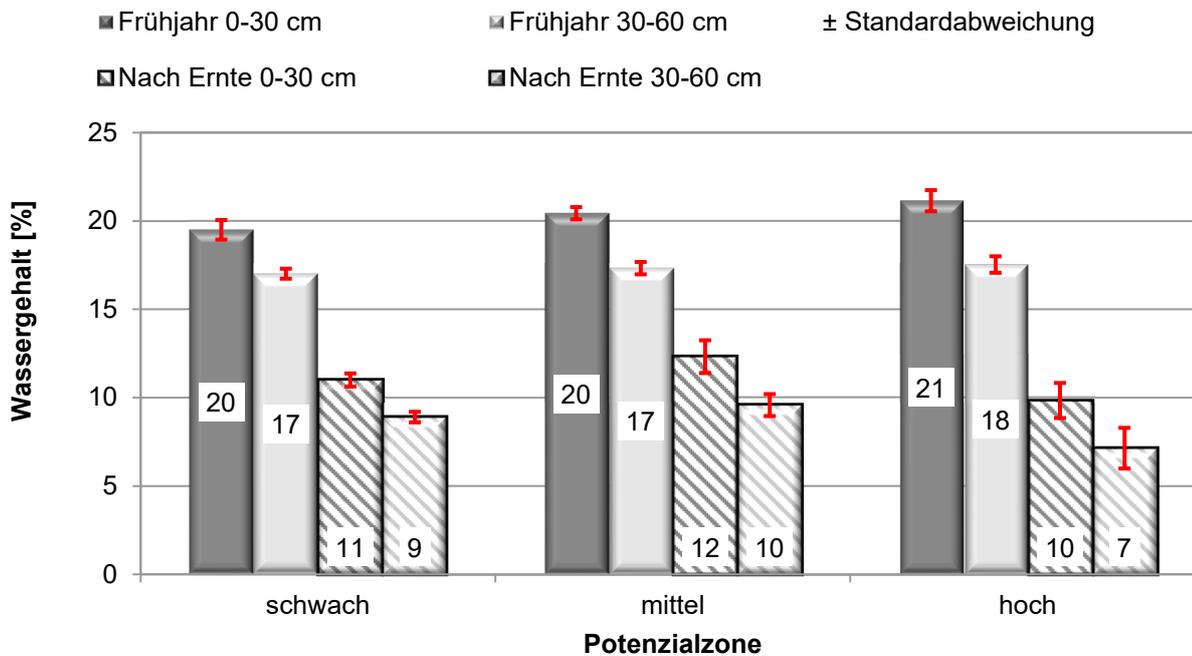
### 3.5 Winterweize - Fläche 5 (Lö-Standort Landkreis Mittelsachsen)

#### ■ Heterogenität des Bodens

Der Ackerschlag ist typisch für das sächsische Löss-Hügelland mit seinen Kuppen und Senken. Die Kuppierung des Geländes trägt im Wesentlichen zur Differenzierung der Zonen bei. Der Anteil der drei Zonen ist in etwa gleich (Abbildung 42). Die Wassergehalte der im Frühjahr entnommenen Bodenproben wiesen anders als bei den anderen untersuchten Schlägen keine so deutlichen Unterschiede zwischen den Potenzialzonen auf (Abbildung 43). Das lässt vermuten, dass die vorhandenen Ertragsunterschiede vor allem durch den Unterboden (tiefer als 60 cm) verursacht werden. Auch die geringen Unterschiede nach der Ernte geben keinen eindeutigen Hinweis auf deutliche Bodenunterschiede in 0 bis 60 cm Tiefe.



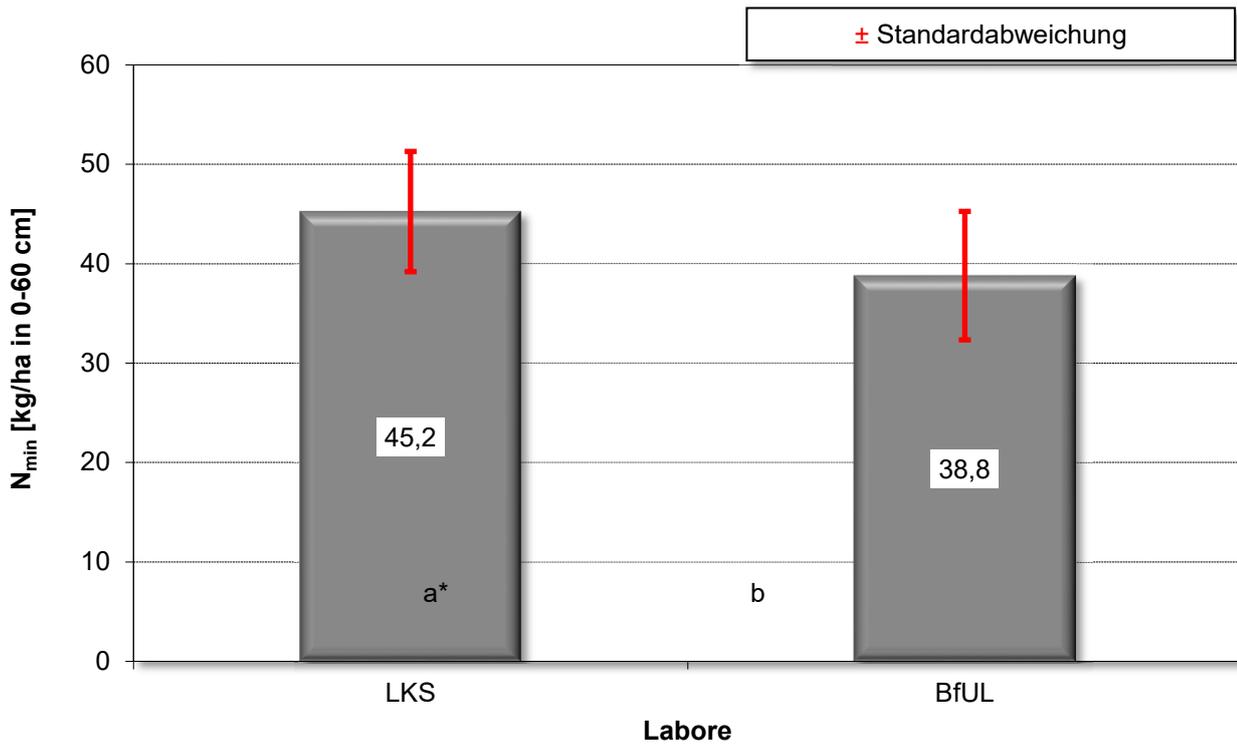
**Abbildung 42: Lage der Probenpunkte in den jeweiligen drei Potenzialzonen**



**Abbildung 43: Bodenwassergehalte im Frühjahr vor der N-Düngung und nach der Weizenernte**

■  $N_{\min}$  in den Potenzialzonen

Obwohl die Differenzen im  $N_{\min}$  zwischen den Laboren (Abbildung 44) nur gering waren (im Mittel 6,4 kg/ha), ergab die Varianzanalyse bei geringer Streuung der Einzelwerte einen signifikanten Unterschied. Mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r=0,88$  ist die Beziehung zwischen den jeweiligen Einzelwerten als recht eng einzuschätzen (Abbildung 45).



\*Gleiche Buchstaben keine Signifikanz!

Abbildung 44:  $N_{\min}$ -Wert der Labore im Mittel der untersuchten der Bodenproben

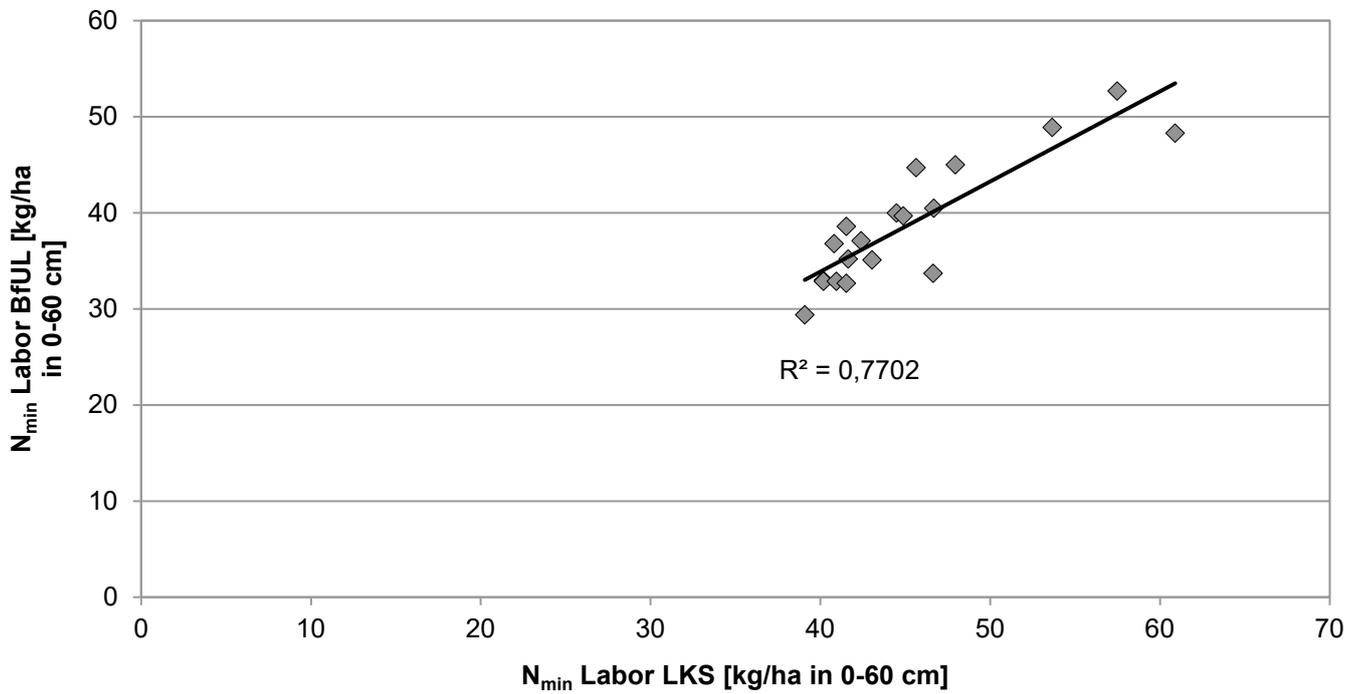


Abbildung 45: Beziehung zwischen den jeweilig ermittelten  $N_{\min}$ -Werten

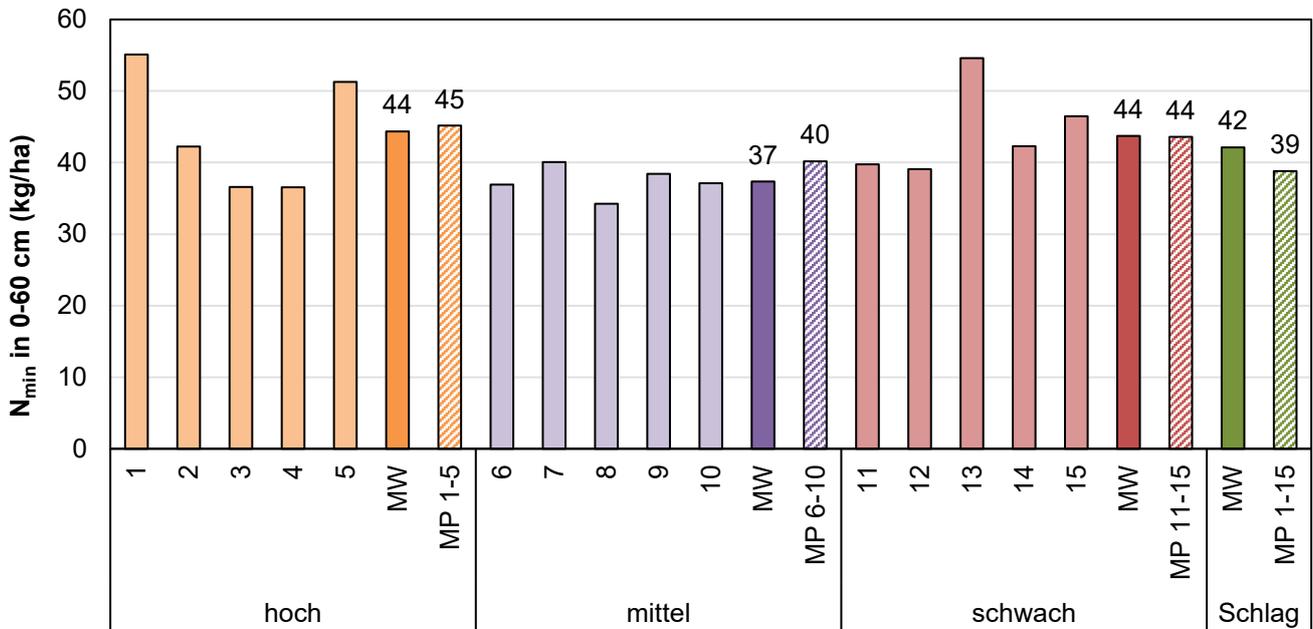


Abbildung 46: N<sub>min</sub>-Beträge der jeweiligen Probenpunkte, einschließlich der in den Mischproben (MP) ermittelten N<sub>min</sub>-Werte sowie aus den entsprechenden Einzelproben berechneten Mittelwerten (MW)

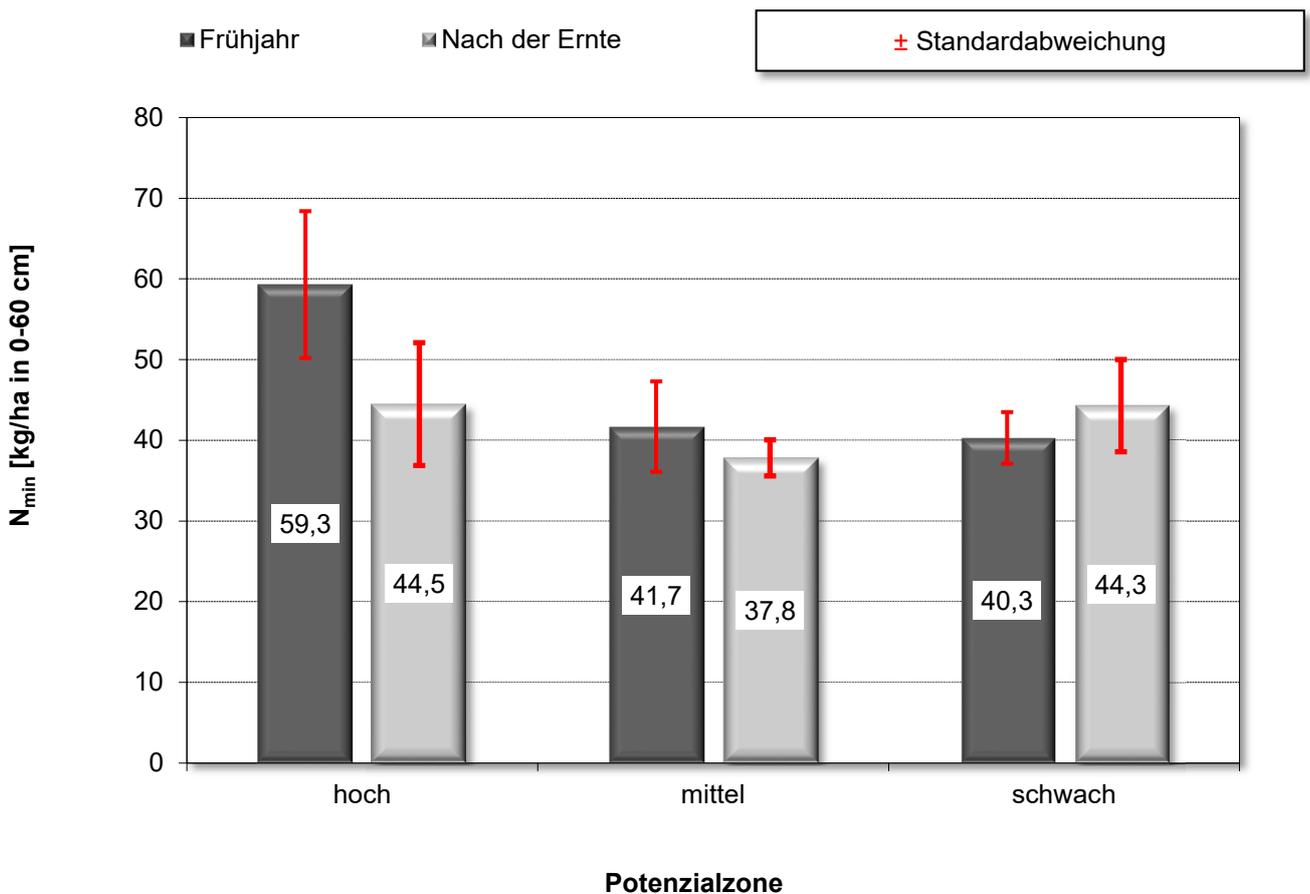
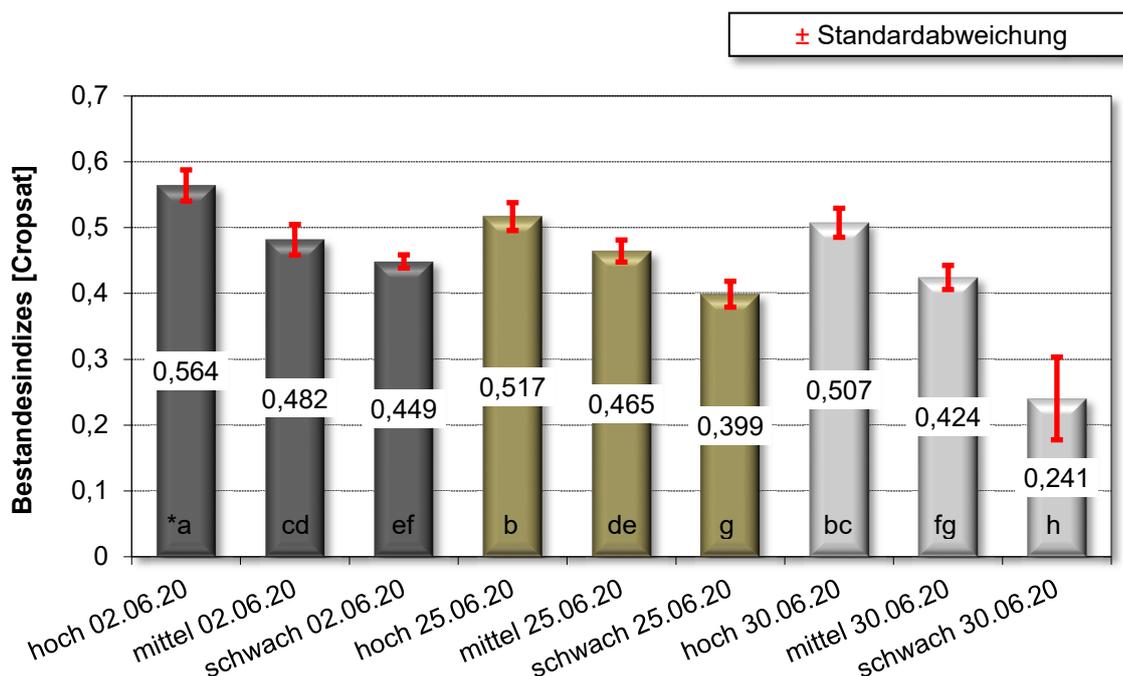


Abbildung 47: Mittlere N<sub>min</sub>-Werte in den drei Potenzialzonen im Frühjahr und nach der Ernte

## Ertrag in den Potenzialzonen

Zwar wird im Betrieb die Ertragskartierung mit dem Mähdrescher standardmäßig eingesetzt. Bei der Auslesung der einzelnen Schlagdateien wurde allerdings festgestellt, dass für den betroffenen Schlag leider keine Aufzeichnung erfolgte. Deshalb können an dieser Stelle lediglich Satellitenkarten zur Zeit der Kornausbildung bis Abreife vorgestellt werden. Wie anhand der anderen Schläge dargelegt, besteht zwischen diesen in der Zeit erstellten Satellitenkarten zum späteren Ertrag eine enge Korrelation. Das sollte also auch hier zutreffen.

Wie aus der Abbildung 48 hervorgeht bestanden zu allen drei dargestellten Terminen zwischen den Zonen deutliche Unterschiede in den Bestandsindizes. In dieser Zeit erfolgte der stärkste Abfall bei den Messwerten in der schwachen Ertragszone. Ursache dürfte die Abnahme im Bodenwasservorrat und das damit in Verbindung stehende schnellere Absterben der grünen Biomasse sein. Dagegen ist der Rückgang im hohen Ertragsbereich in diesem Zeitabschnitt sehr verhalten, was auf eine langsamere Pflanzenabreife hindeutet.



**Abbildung 48: Veränderung der Bestandsindizes im Bereich der drei Potenzialzonen im Verlauf des Juni2020**

## Fazit zu den Getreideflächen (Fläche 2 bis 5)

Beim Getreide hatte sich bei den Frühjahrsuntersuchungen gezeigt, dass zwischen den Potenzialzonen beachtliche Unterschiede im  $N_{\min}$  vorkommen können. Dies steht anders als bei Winterraps und Zwischenfrüchten mit der geringen N-Aufnahme der Pflanzen vor Winter in Verbindung. Zu erwarten ist eine starke Differenzierung nach Vorfrüchten mit hoher organischer Düngung wie Mais, bei Verbleib von stickstoffreichen Ernte- und Wurzelrückständen wie bei Leguminosen, nach Kartoffeln, nach Raps und nach milden und niederschlagsarmen Wintern. Höhere Niederschläge über Winter dürften insbesondere in den schwachen Zonen zu höheren Nitratausträgen führen. Allerdings findet sich auf den tiefgründigen Böden bei hohem Potenzial der Stickstoff oft in Bodenschichten, die nicht durch die Bodenbeprobung erfasst werden. Dieser Stickstoff wird allerdings erst spät in der Bestandsentwicklung pflanzenverfügbar.

Auf den untersuchten Getreideflächen konnten bereits während der Kornausbildung und Abreife mithilfe von Satellitenbildern deutliche Differenzierungen zwischen den Potenzialzonen beobachtet werden. Inwieweit die geringeren Niederschläge in dieser Phase alleinige Ursache sind bleibt ungeklärt. Hier sind weitere Untersuchungen unter feuchteren Jahresbedingungen notwendig.

Bei den hier untersuchten Schlägen waren die Ausgangsbedingungen hinsichtlich der Differenzierung im  $N_{\min}$  recht unterschiedlich. Bei den beteiligten Betrieben wurde zum Teil die N-Düngermenge aufgrund der Witterung im Frühjahr unterhalb des ausgewiesenen Düngebedarfs eingesetzt. Trotzdem konnten im Mittel der Schläge noch ansprechende Erträge erzielt werden. Die Differenzierung zwischen den drei Potenzialzonen war allerdings dann recht deutlich. Die reduzierte N-Menge führte allerdings dazu, dass die Rohproteingehalte bei dem erzielten Ertragsniveau zumeist unter den geforderten Qualitätsparametern lagen.

Nach der Getreideernte fanden sich keine Unterschiede im verbliebenen Rest- $N_{\min}$  zwischen den drei Zonen. Die ermittelten Werte waren durchweg in niedrigen Bereich und sind ein deutlicher Beleg für eine angepasste N-Düngungsstrategie.

### 3.6 Mais – Fläche 6 (Lö-Standort im Landkreis Leipzig)

#### ■ Heterogenität des Bodens

Die Potenzialkarte vom Schlag 6 im Landkreis Leipzig weist eine entsprechende Differenzierung auf (Abbildung 49). Dabei sind alle drei Zonen mit entsprechend hohem Flächenanteil vertreten. Auf einen Vergleich der Wassergehalte vom Frühjahr wird verzichtet, da bei der Beprobung nach der Ernte unter den Bodenbedingungen nur die Tiefe von 0-30 cm vollständig entnommen werden konnten. Ursache hierfür waren die Trockenheit und die hohen Steingehalten unterhalb der Bearbeitungszone.

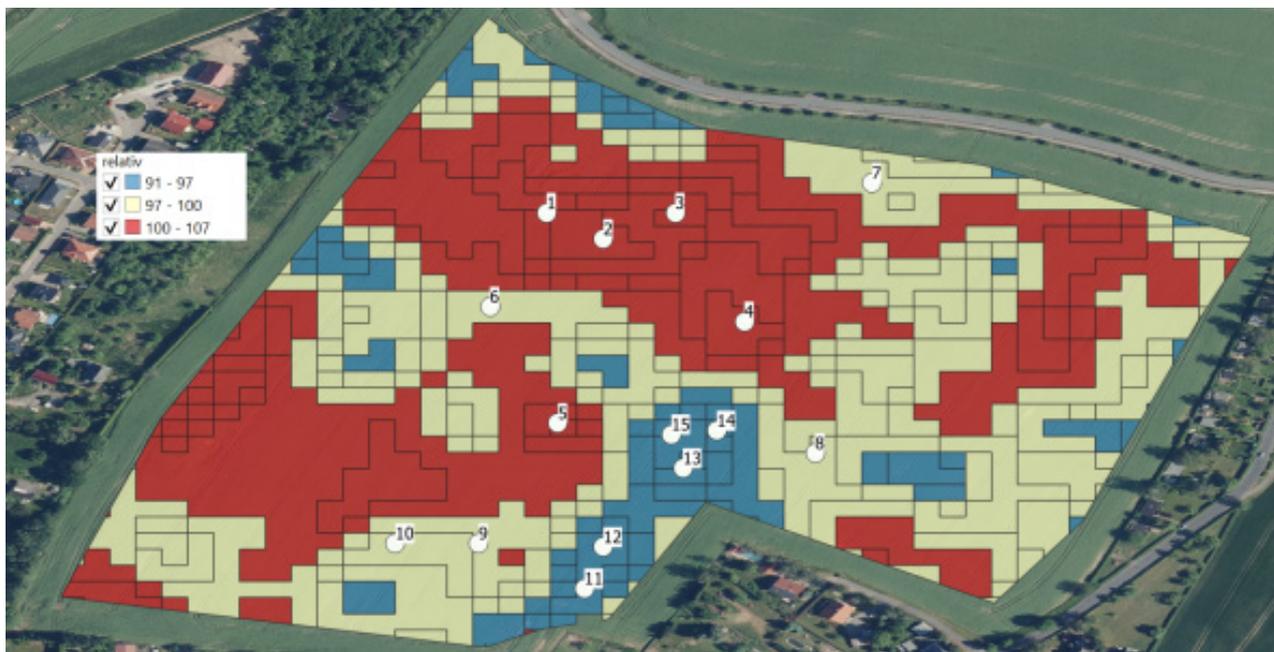
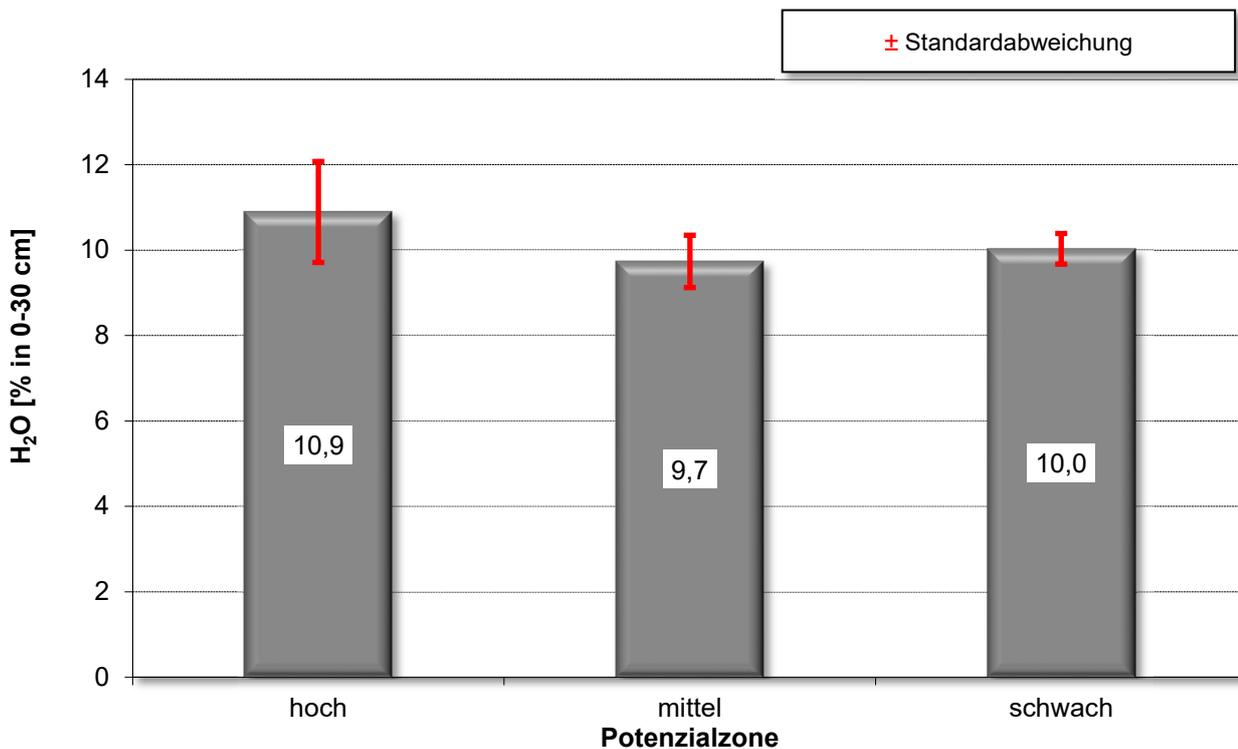


Abbildung 49: Potenzialzonenkarte mit der Lage der Probenpunkte



**Abbildung 50: Wassergehalt des Bodens an den Probepunkten (21.09.2020)**

#### ■ N<sub>min</sub> in den Potenzialzonen

Aufgrund der Bedingungen nach der Ernte konnte die Schicht 30-60 cm nur an einzelnen Probenpunkten beprobt werden. Die ermittelten Werte lagen allerdings recht einheitlich bei 8 bis 13 kg N<sub>min</sub>/ha). Zur Auswertung wurde deshalb für diesen Schlag lediglich die Schicht bis in 30 cm Tiefe herangezogen.

Ein Vergleich der Messwerte der Labore erbrachte keine signifikanten Unterschiede (Abbildung 51). Wie die Mittelwerte aber bereits zeigen, wurden insgesamt sehr hohe N<sub>min</sub>-Restwerte an diesem Standort ermittelt. Bei den hohen Gehalten traten dann allerdings bei einzelnen Proben beachtliche Unterschiede zwischen den Werten der Labore auf. Bei diesen Untersuchungswerten findet sich dann auch die niedrigste Korrelation ( $r = 0,74$ ) zwischen den Laborwerten im Vergleich der sechs untersuchten Schläge (Abbildung 52). Die Spannweite der Einzelwerte ist in Abbildung 53 dargestellt. Bis auf den gemischten Wert in der mittleren Zone sind selbst bei den hohen N<sub>min</sub>-Beträgen die jeweiligen Mittelwerte aus Einzelproben im Vergleich zum Wert aus den Bodenmischungen ohne bedeutende Abweichung. Der Unterschied beruht allerdings lediglich auf den Untersuchungswert aus dem LKS der mit 111 kg N<sub>min</sub>/ha deutlich über dem rechnerischen Mittelwert der fünf Einzelwerte lag.

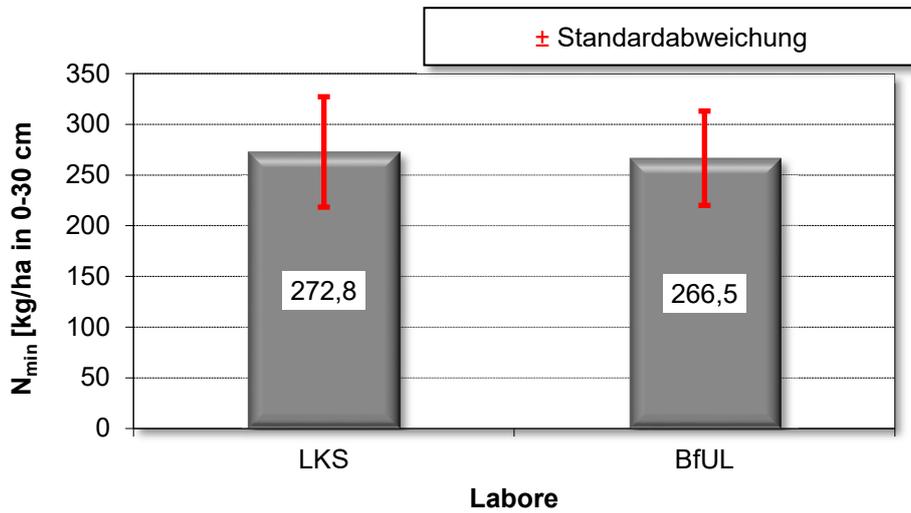


Abbildung 51: Vergleich der im Mittel durch die Labore ermittelten  $N_{\min}$ -Werte

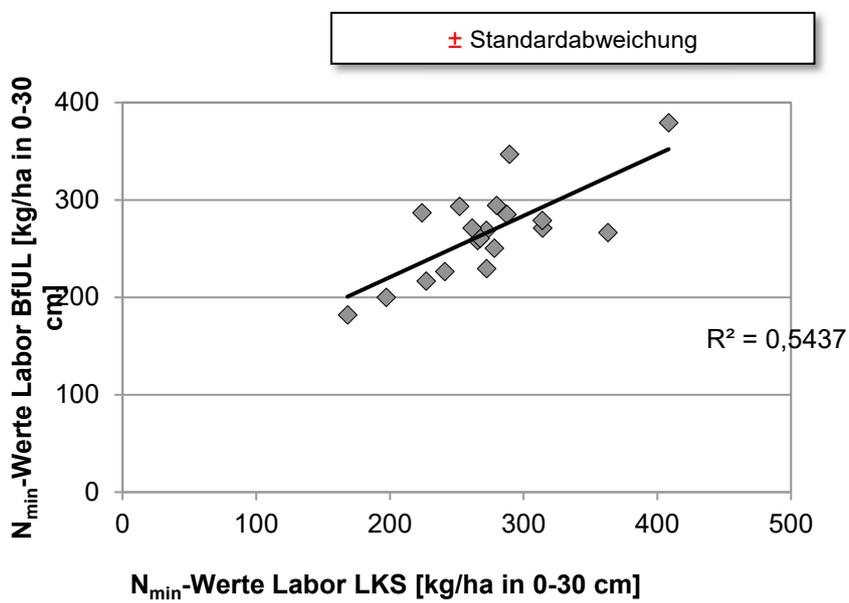
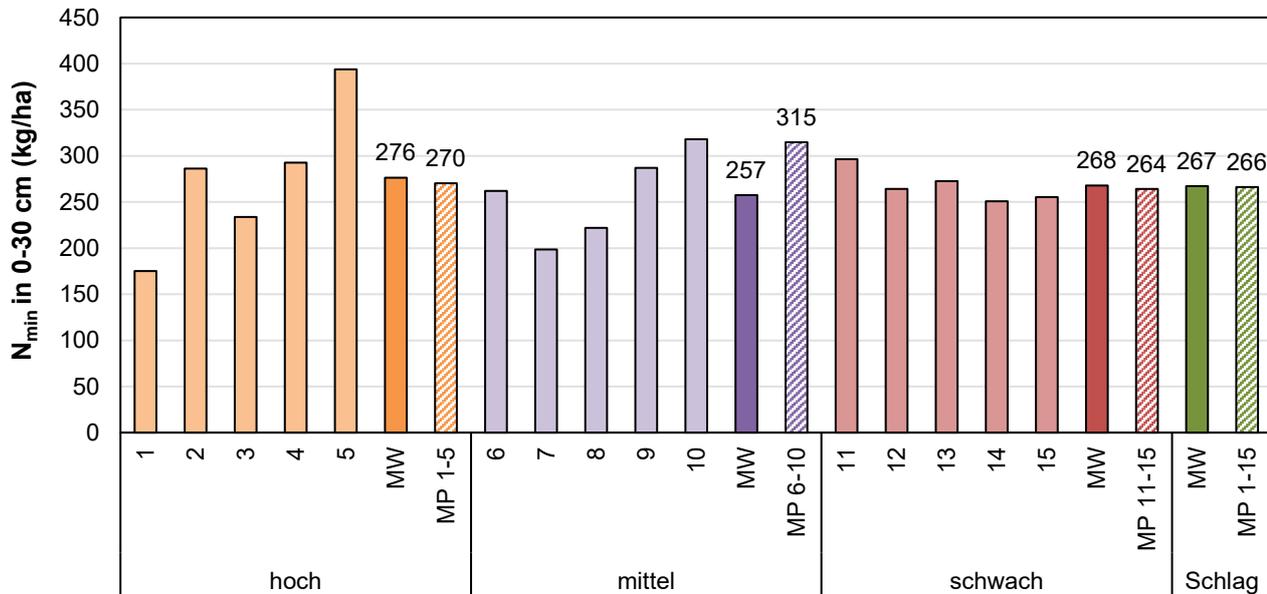


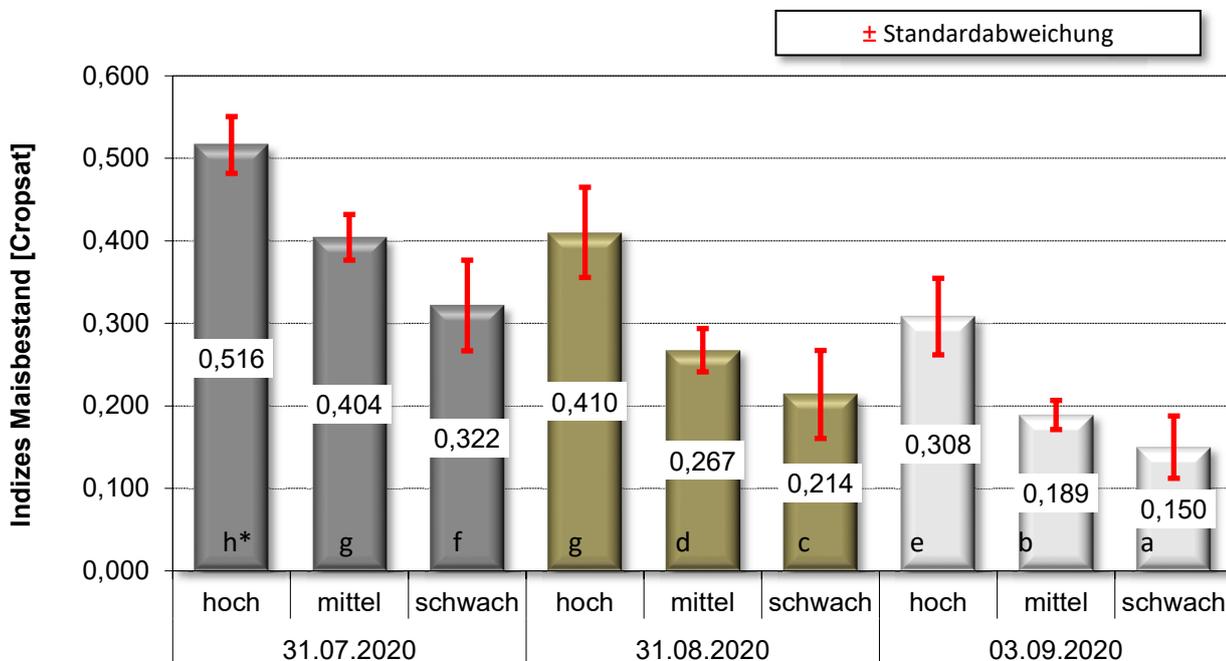
Abbildung 52: Beziehung zwischen den durch die Labore ermittelten  $N_{\min}$ -Werten



**Abbildung 53: N<sub>min</sub>-Beträge der jeweiligen Probenpunkte, einschließlich der in den Mischproben ermittelten N<sub>min</sub>-Werte sowie den aus den entsprechenden Einzelproben berechneten Mittelwerten**

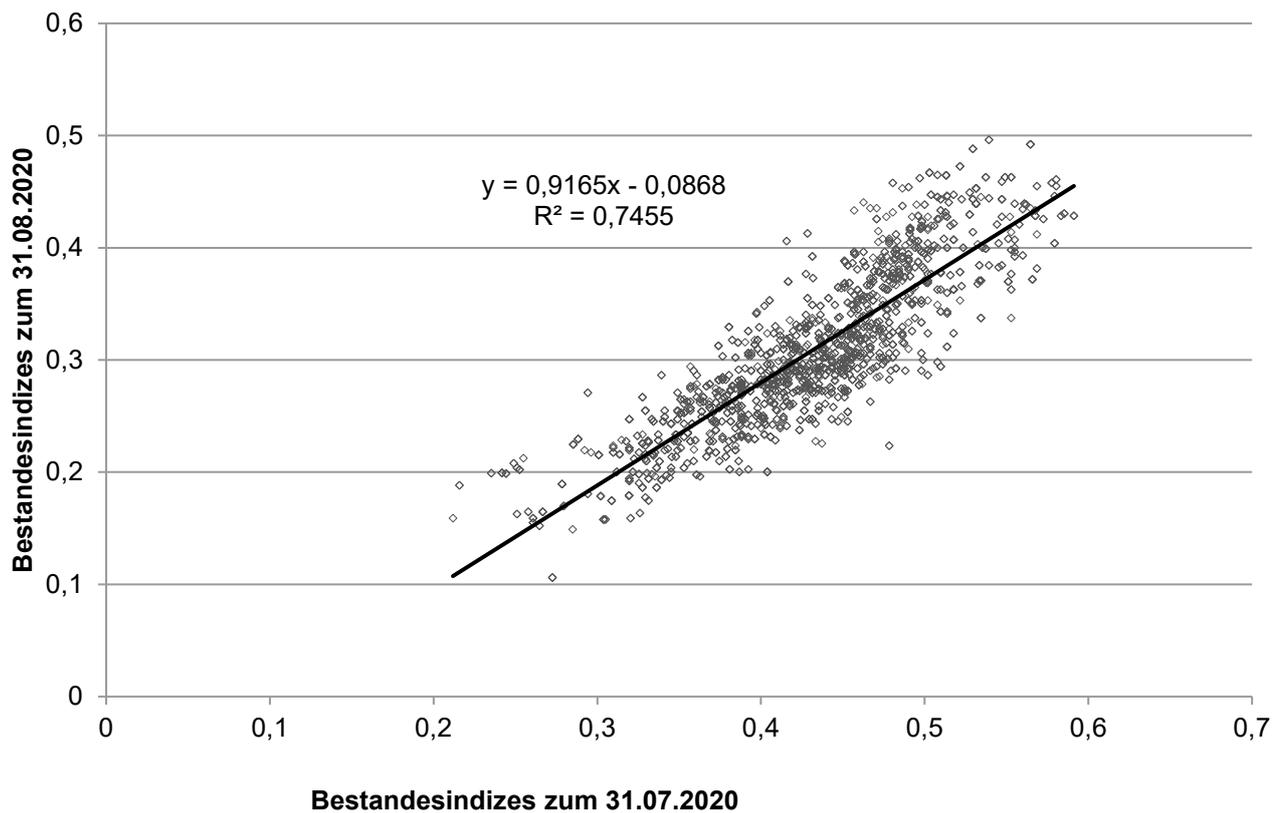
**Ertrag in den Potenzialzonen**

Wie auch bei den anderen vorgestellten Schlägen zeigte der Maisbestand bereits im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von den drei Potenzialzonen deutliche Unterschiede. In Abbildung 54 sind drei unterschiedliche Termine von Ende Juli bis Anfang September dargestellt. Festzustellen ist, dass sowohl zwischen den Zonen als auch den Terminen signifikante Unterschiede angetroffen wurden. Die Abnahme der Indizes im Verlauf der Zeit ist vermutlich in Verbindung mit der herrschenden Trockenheit und der einsetzenden Abreife des Bestandes zurückzuführen. Zwischen den Terminen bestand jeweils eine enge Korrelation. In Abbildung 55 ist Beziehung zwischen den Termin Ende Juli und dem Ende August dargestellt. Jeder dargestellte Einzelwert repräsentiert einen Mittelwert von 100 m<sup>2</sup>.



\*Gleiche Buchstaben keine Signifikanz!

**Abbildung 54: Veränderung der Indizes im Bereich der Probenpunkte in den drei Zonen in der Zeit von Ende Juli bis Anfang September**



**Abbildung 55: Beziehung zwischen den Indizes von zwei Terminen für den Pflanzenbestand des Mais-schlages**

Da die vorgesehene Ertragskartierung nicht realisiert werden konnte, wurden an verschiedenen Probepunkten Handernten durchgeführt. Aus den so ermittelten Werten wurde mit den in den entsprechenden Rastern vom 31.08.2020 ermittelten Bestandsindizes eine Regressionsfunktion erstellt ( $y = 128,175x + 58,2482$ ; wobei  $y =$  Mais-trockenmasse in dt/ha und  $x =$  Index). Mit deren Hilfe wurde flächendeckend über die Indizes der Ertrag für den Bereich der Probenpunkte errechnet. Die Erträge und die damit entzogenen N-Mengen sind in

Abbildung 56 dargestellt. Überraschend ist, dass trotz der hohen im Boden nach der Ernte angetroffenen  $N_{\min}$ -Reste sich die N-Entzüge mit etwa 100 bis 140 kg/ha stark in Grenzen halten.

Eine überschlägige Berechnung der Stickstoffnachlieferung zeigt, dass unter den Standortbedingungen eine erhebliche N-Nachlieferung erfolgt sein muss. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Stammen dürfte dieser Stickstoff aus der Umsetzung der eingearbeiteten natürlichen Begrünung, dem organischen Dünger-N sowie der organischen Bodensubstanz. Der Unterboden dürfte in diesem Fall für die Maisernährung von untergeordneter Bedeutung gewesen sein.

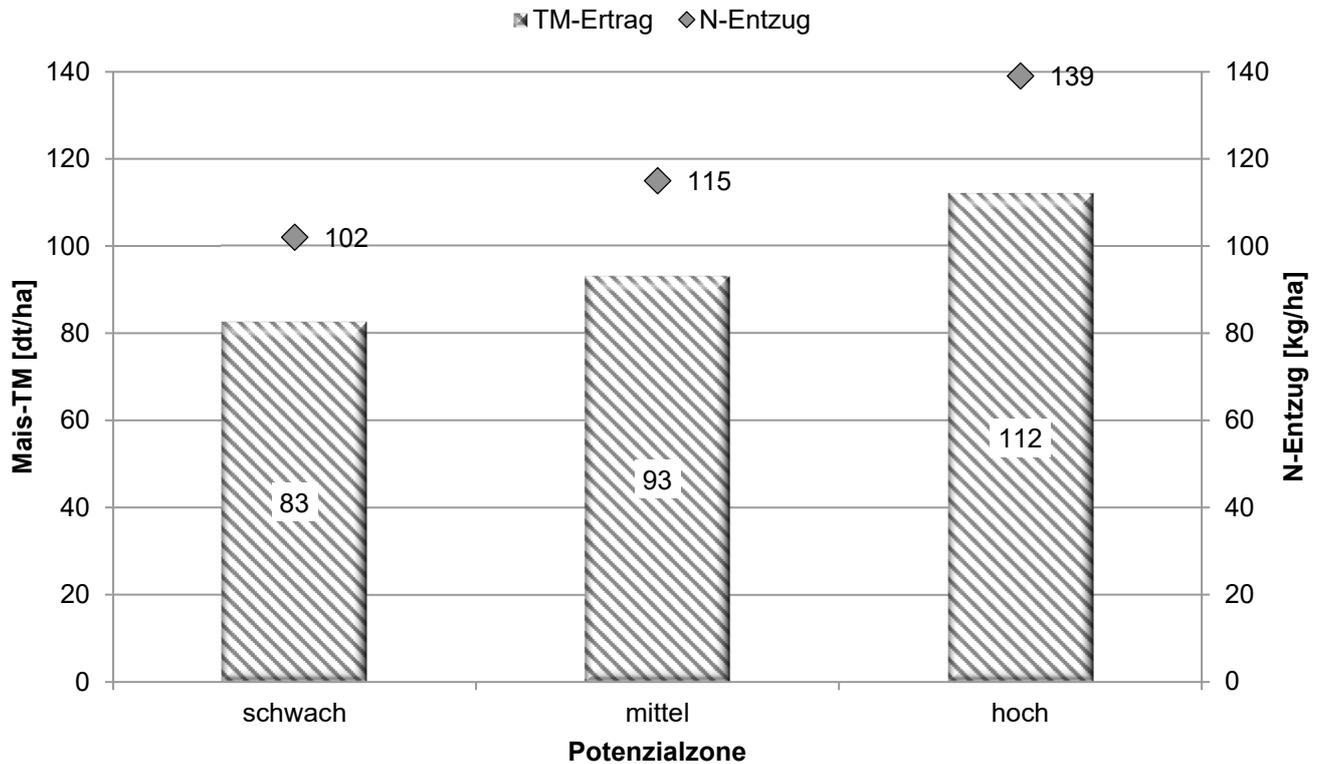


Abbildung 56: Mais-Trockenmasse-Ertrag und der N-Entzug in den drei Potenzialzonen

Tabelle 8: Berechnung der N-Nachlieferung für den Maisschlag

Merkmal	Potenzialzone schwach	Potenzialzone mittel	Potenzialzone hoch
TM-Ertrag (dt/ha)	92,5	97,8	<b>106,0</b>
N-Entzug (kg/ha)	115	121	<b>132</b>
N-Düngung insgesamt (kg/ha)	287	287	<b>287</b>
N-Düngung (pflanzenverfügbar kg/ha)	183	183	<b>183</b>
N <sub>min</sub> Frühjahr (kg/ha in 0-60 cm)	39	42	<b>52</b>
N <sub>min</sub> nach der Ernte (kg/ha in 0-60 cm)	278	276	<b>285</b>
N-Entzug minus pflanzenverfügbarer N aus Düngung (kg/ha)	68	62	<b>51</b>
N-Nachlieferung (kg/ha)	171	172	<b>182</b>

## ■ Fazit zur Maisfläche

Auf der Maisfläche waren im Frühjahr zwischen 39 und 52 kg  $N_{\min}$ /ha in 0-60 cm Bodentiefe ermittelt worden. Bei der mittleren betrieblichen Ertragserwartung wurden die entsprechend der Düngebedarfsermittlung ausgewiesenen N-Mengen ausgeschöpft. Die hohen  $N_{\min}$ -Reste nach der Ernte belegen allerdings, dass dieses N-Angebot nicht notwendig war. Anzumerken ist, dass die N-Düngeempfehlungen nach Düngeverordnung beim Mais auf nachlieferungsstarken Böden (z.B. regelmäßige organische Düngung) zu hoch ausfallen. Anders als beim Getreide finden sich zudem beim Mais trotz hohem N-Angebot im Boden keine erhöhten N-Gehalte in der Ganzpflanze. Der N-Gehalt in der Trockenmasse lag hier im Mittel bei 1,2 % ( $\pm 0,2\%$ )

Im Gegensatz zu den Getreideflächen mit sehr niedrigem  $N_{\min}$ -Niveau traten beim Mais deutliche Streuungen der Einzelwerte auf. Vermutlich hängt das allerdings auch damit zusammen, dass bei dem weiten Reihenabstand die N-Ausnutzung insbesondere zwischen den Reihen oft unvollständig ist. Am Beispiel eines diesjährig beprobten anderen Praxisschlages soll dies an dieser Stelle verdeutlicht werden. Dieser Fakt ist bei der  $N_{\min}$ -Beprobung der nachgebauten Früchte zu beachten. Ausgleichen lässt sich dies beispielweise durch eine erhöhte Anzahl von Einstichen bei der Beprobung schräg zur ehemaligen Maisreihe.

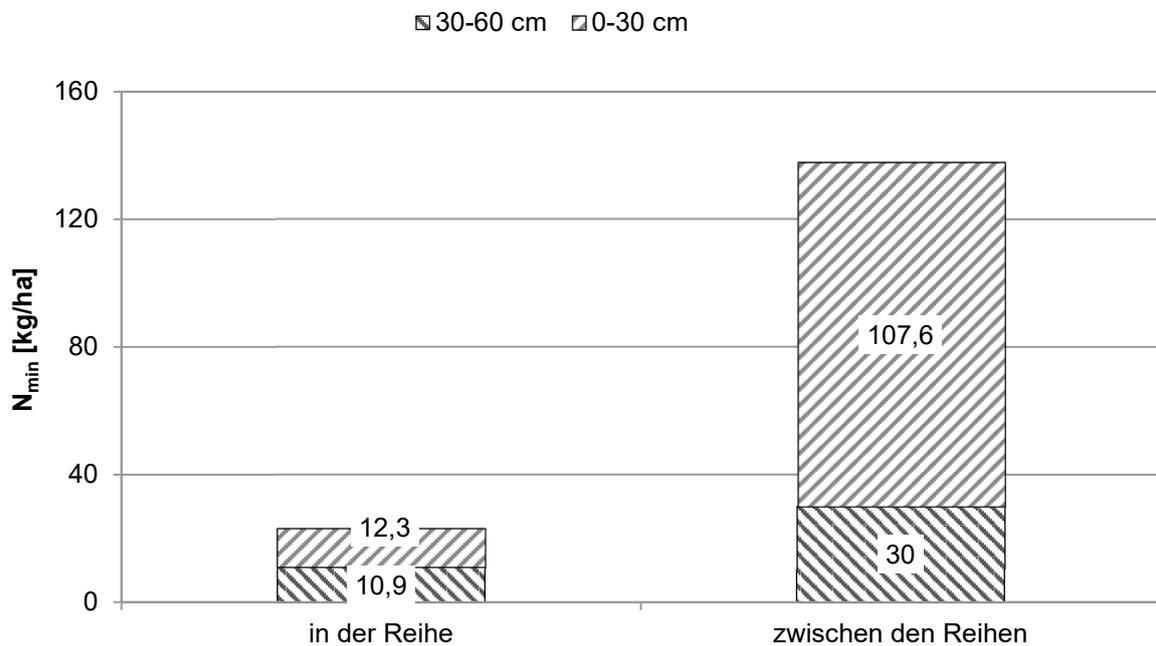


Abbildung 57: Beispiel für die räumliche Differenzierung des  $N_{\min}$  in und zwischen den Reihen

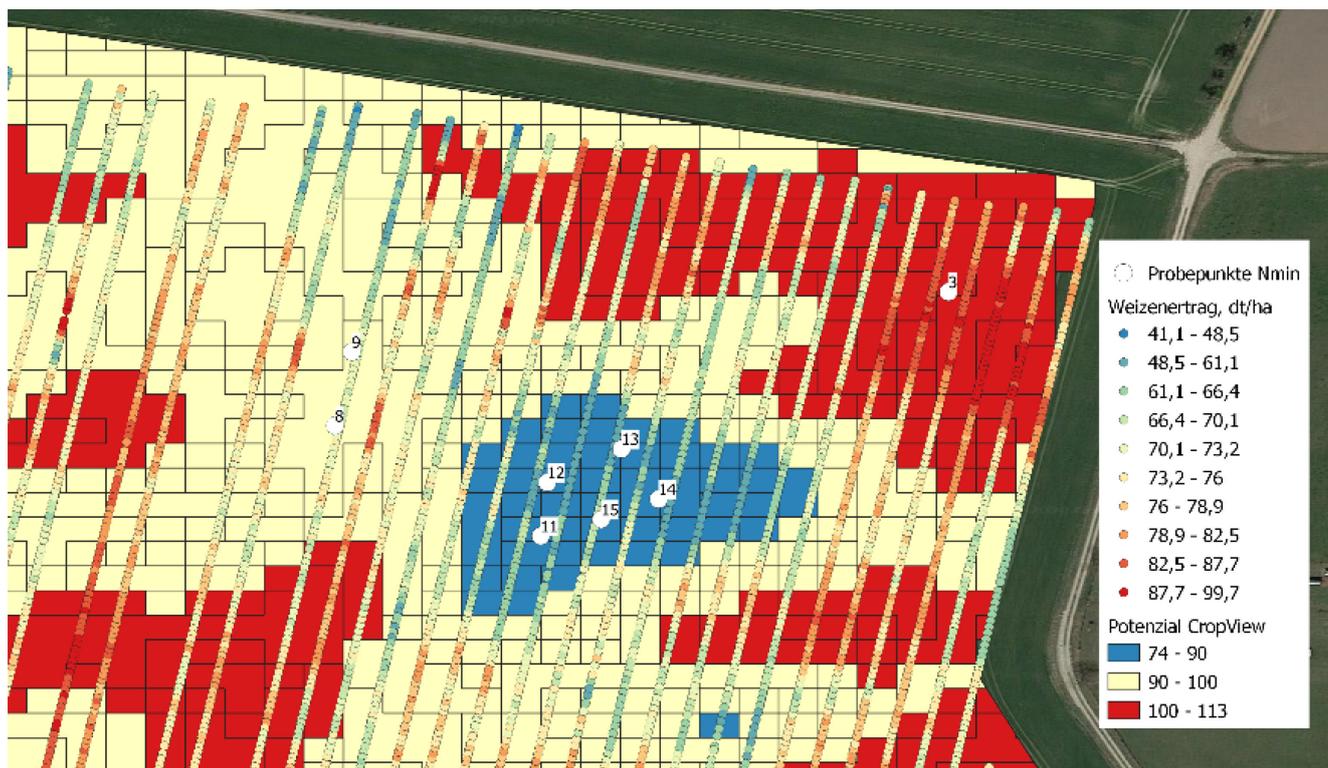
## 3.7 Abgleich der Ertragspotenzialkarten mit der Ertragskartierung

Im Rahmen der Projektfortführung war von Interesse, wie stark sich die Ertragsunterschiede, auf den anhand der Satellitenbilder als heterogen eingeschätzten Schlägen, tatsächlich darstellen und ob für diese Flächen eine Teilschlagbewirtschaftung angezeigt sein kann. Von der Düngung, über den Pflanzenschutz (Wachstumsregler, Fungizide) bis hin zur sorten-spezifisch optimalen Bestandsdichte sind diesbezüglich verschiedene Anpassungsmöglichkeiten denkbar und werden zum Teil bereits in der Praxis verfolgt.

Entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung der Teilschlagbewirtschaftung im Betrieb ist, dass die Potenzialkarte als fachliche Basis entsprechend validiert wird. Wertvolle Hinweise zur Überprüfung der gebildeten Potenzialzonen

kann in diesem Zusammenhang die Ertragskartierung bieten (bzw. ggfs. selbst zur Zonierung genutzt werden). Wie sicher, die auf Basis mehrjähriger Abreifekarten erstellten Potenzialzonen, das Ertragsgeschehen auf den einheitlich bewirtschafteten Schlägen tatsächlich abbilden, soll nachfolgend anhand ausgewählter Beispiele (Raps und zwei Weizenschläge) diskutiert werden. Diesbezüglich sei vorab erwähnt, dass bereits in der Ergebnisdarstellung der einzelnen Schläge auf den guten Zusammenhang zwischen den Abreifebildern des aktuellen Jahres 2020 (Anfang Juni für Weizen und Raps) – kostenfrei erhältlich auf der Onlineplattform Cropsat - und den Ergebnissen der Ertragskartierung hingewiesen wurde. Die Abreifekarten können dem Anhang 7 bis 12 entnommen werden.

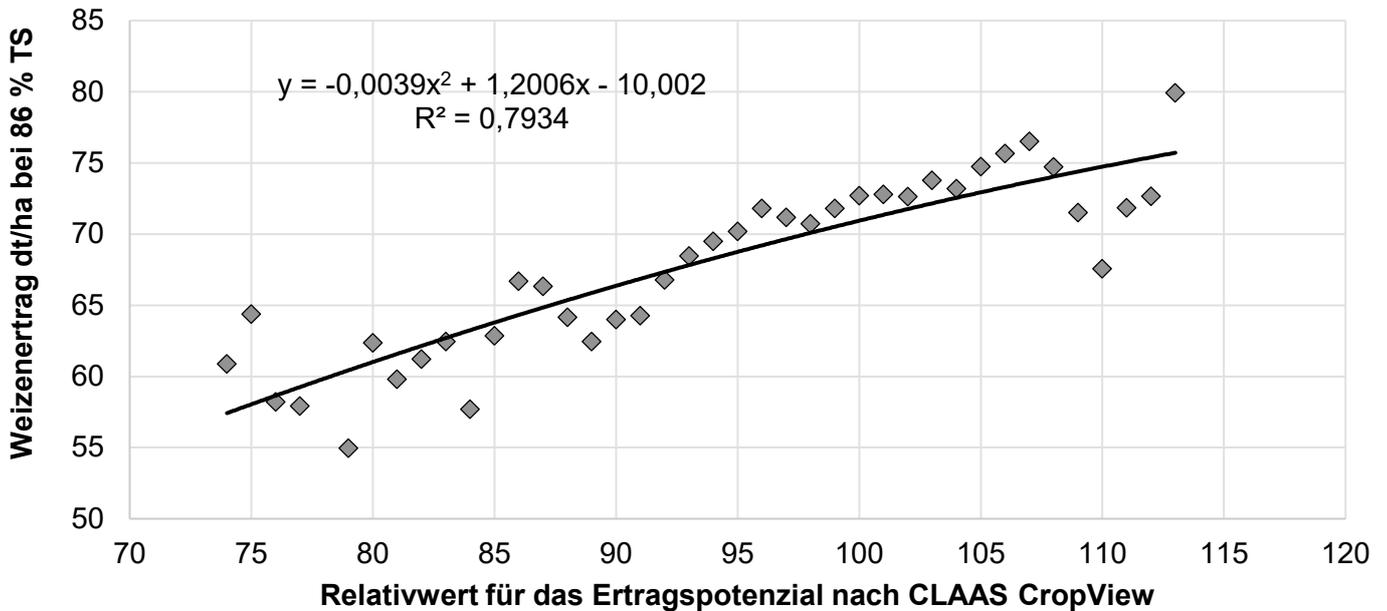
Zum Abgleich der Ertragspotenzialzonen mit dem realisierten Ertrag wurden die georeferenzierten Ertragspunkte im QGIS mit dem Ertragspotenzial der Teilfläche (nach Claas CropView) verschnitten. Dieses wird als Relativwert angegeben und nimmt bei dem im Kap. 3.3 vorgestellten Weizenschlag (Abb. 58) Werte zwischen 74 und 113 % an. Im Bild ist bereits optisch ersichtlich, dass die Erträge in der vorab als ertragsschwach eingeschätzten blauen Zone letztlich auch unterdurchschnittlich ausfielen.



**Abbildung 58: Abgleich der Potenzialkarte mit der Ertragskartierung am Beispiel des Weizenschlages in Kapitel 3.3**

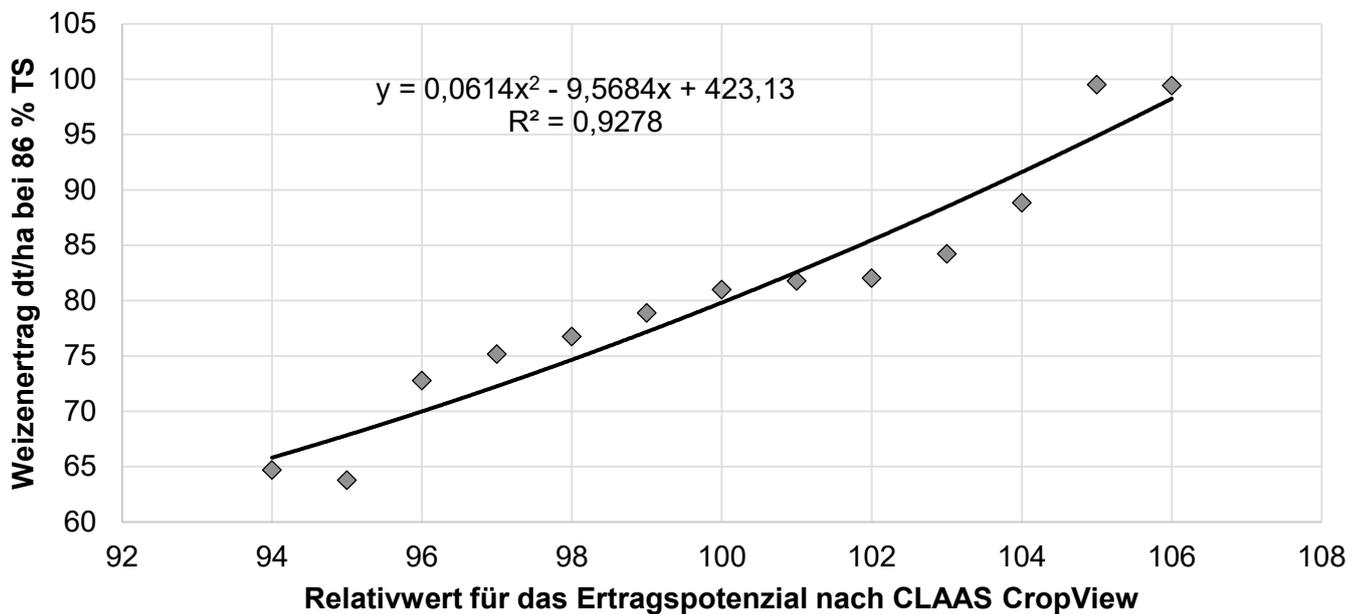
Die Gegenüberstellung des erzielten Ertrages in Abhängigkeit vom Relativwert nach CropView für den gesamten Weizenschlag (Vorfrucht Zuckerrüben) kann Abb. 59 entnommen werden. In die Auswertung wurden insgesamt über 8.000 Ertragspunkte einbezogen. Jedem Relativwert liegen hierbei, je nach Flächenanteil, zwischen 20 und 1.000 Ertragspunkte zu Grunde.

Für den Schlag zeigt sich ein plausibler Zusammenhang zwischen der Bodengüte (Relativwert) und dem in einem trockenen Jahr realisierten Weizenenertrag. Die stärkeren Ertragsschwankungen bei sehr geringem Relativwert (73 bis 80) bzw. sehr hohem Relativwert (über 110) lassen sich methodisch zum Teil durch die geringere Anzahl an Ertragswerten in diesem Bereich erklären. Aus fachlicher Sicht ist aber auch auf kleinräumige Bodenunterschiede innerhalb der Zonen sowie andere Einflussgrößen auf das Ertragsgeschehen (bspw. Unkraut-, Krankheitsdruck, Grundnährstoffversorgung, evtl. mögliche Bodenverdichtungen nach Zuckerrübenernte etc.) hinzuweisen.

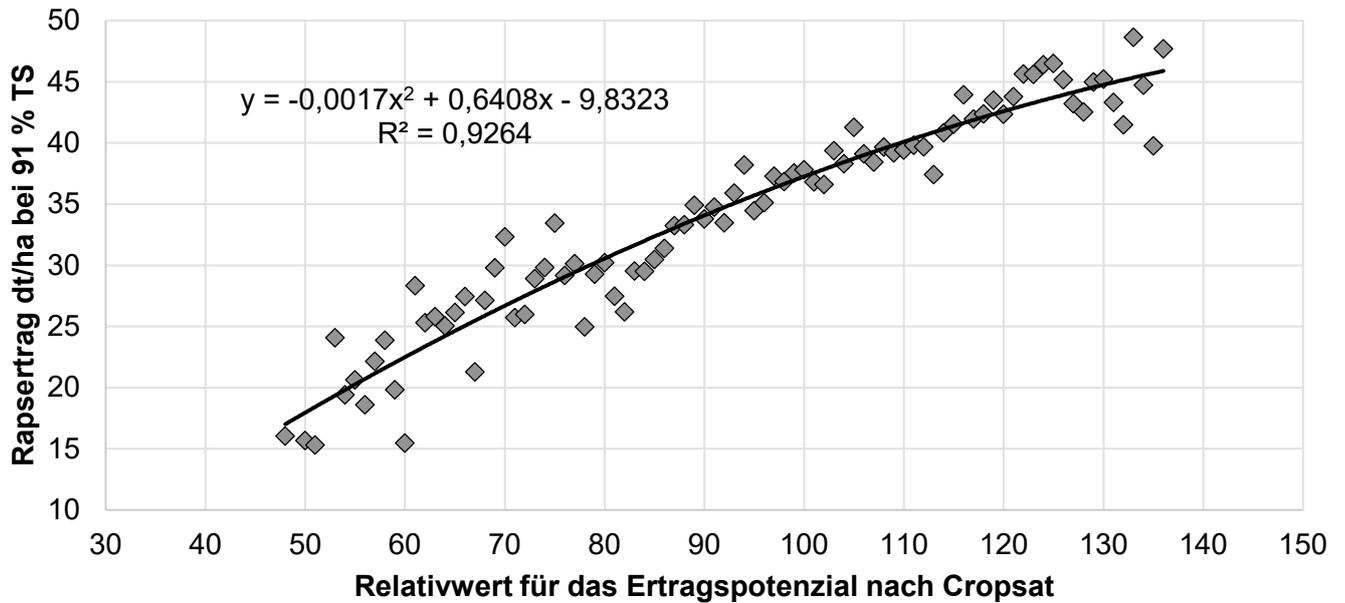


**Abbildung 59: Schlag 3: Weizen nach Zuckerrüben - Zusammenhang zwischen dem mit CLAAS CropView eingeschätzten Ertragspotenzial der Teilflächen und dem tatsächlich realisierten Weizenertrag (n = 8.046 Ertragspunkte)**

Noch engere Zusammenhänge zwischen Ertragspotenzial der Teilfläche und dem tatsächlich realisierten Ertrag ergaben sich auf dem Rapschlag in der nordsächsischen Elbaue (Kap. 3.1) sowie dem Weizenschlag auf dem D-Boden im Landkreis Meißen (Kap. 3.4). Hier waren die Ertragsunterschiede zwischen den Zonen angesichts der erneuten Trockenheit im Jahr 2020 noch stärker ausgeprägt (Abb. 60 und 61).



**Abbildung 60: Schlag 4: Weizen nach Raps - Zusammenhang zwischen dem mit CLAAS CropView eingeschätzten Ertragspotenzial der Teilflächen und dem tatsächlich realisierten Weizenertrag (n = 8.360 Ertragspunkte)**



**Abbildung 61: Schlag 1: Raps nach Wintergerste- Zusammenhang zwischen dem mit Cropsat eingeschätzten Ertragspotenzial der Teilflächen und dem tatsächlich realisierten Rapserttrag (n = 0.640 Ertragspunkte)**

**Fazit**

Zur Vermeidung von N-Überhängen ist es insbesondere in Trockenregionen wichtig den Düngereinsatz in den ertragsschwachen Teilbereichen eines Schlages zu reduzieren. Diese Teilflächen lassen sich anhand mehrjähriger Satellitenaufnahmen hinreichend sicher identifizieren. Auch aktuelle Bilder aus dem Jahr 2020 bieten bereits eine hohe Aussagekraft und bestätigen im Wesentlichen die auf Basis vorangegangener Jahre erstellten Potenzialzonen.

# 4 Zusammenfassung

Ziel der weiterführenden Untersuchungen im  $N_{\min}$ -Projekt war es, den Einfluss der Zonierung und der  $N_{\min}$ -Frühjahrs-werte auf die Bestandsentwicklung, das Ertragsgeschehen und die Rest- $N_{\min}$ -Gehalte nach der Ernte zu erfassen und zu beurteilen. Für die Projektfortführung wurden drei Weizenschläge, ein Raps-, ein Gerste- sowie einen Maisschlag bis zur Ernte begleitet.

## Zonierung von Schlägen mithilfe von Satellitendaten

1. Die für die genannten Flächen vorgenommene Einteilung in Potenzialzonen erfolgte auf Basis von Sentinel-Satellitendaten unter Nutzung des Onlinewerkzeuges CLAAS „CropView“. Diese Anwendung hat sich dafür bewährt. Zwischen den drei festgelegten Zonen fanden sich bei allen untersuchten Schlägen bereits im Verlauf der Vegetation entsprechende Unterschiede. Unter den erneut trockenen Witterungsbedingungen des Jahres 2020 führte dies letztlich zu der erwarteten Differenzierung im Ertrag. Dabei hing das Ausmaß der Ertragsunterschiede von der jeweils angetroffenen Bodenheterogenität ab. Inwiefern sich das Ertragsgeschehen in den Zonen in nasseren Jahren darstellt, kann mit diesen Untersuchungen nicht beantwortet werden. Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf.
2. Ein Abgleich der Ertragspotenzialkarten auf zwei Weizenschlägen sowie einer Rapsfläche mit der Ertragskartierung der Betriebe brachte sehr gute Zusammenhänge. Vor allem die mit Blick auf mögliche Nitratausträge sensiblen ertragsschwachen Teilbereiche der Schläge, ließen sich mit den mehrjährigen Satellitenbildern verlässlich identifizieren.
3. Auch die aktuellen Satellitenbilder des erneut trockenen Jahres 2020 – kostenfrei abrufbar auf der Plattform Cropsat - spiegelten das Ertragsgeschehen auf den heterogenen Flächen sehr gut wider und bestätigten somit die vorgenommene Zonierung. Aufgrund dieses engen Zusammenhanges erscheint es in der Betriebsberatung im Nitratgebiet sinnvoll diese Quelle interessierten Landwirten näher zu bringen. Insbesondere für eine teilschlagspezifische  $N_{\min}$ -Untersuchung im nächsten Frühjahr nach bestimmten Kulturen (Raps, Körnerleguminosen, Mais) bietet die Plattform wertvolle Hinweise.
4. Mit den im Projekt beteiligten Landwirtschaftsbetrieben werden angesichts der Ergebnisse die Möglichkeiten einer teilschlagspezifischen Bewirtschaftung erörtert. Der Anfang hierfür kann in jedem Falle durch eine fachliche erweiterte  $N_{\min}$ -Beprobung im Frühjahr nach Zonen gemacht werden. Die georeferenzierten Probepunkte werden den Verantwortlichen zur Verfügung gestellt und können unter Anwendung gängiger Programme im Betrieb selbstständig angelaufen und beprobt werden.

## Rest- $N_{\min}$ -Werte nach der Ernte in den Zonen

1. Die nach der Ernte angetroffenen  $N_{\min}$ -Werte waren beim Getreide eher niedrig. Die Mittelwerte der vier untersuchten Schläge lagen bei 28, 39, 42 und 59 kg  $N_{\min}$ /ha in 0 bis 60 cm Bodentiefe. Die Einzelwerte lagen zwischen 20 und 71 kg/ha. Zwischen den Zonen traten trotz der Ertragsunterschiede nur geringe Unterschiede auf. Das ist beim Weizen mit den hohen Erträgen in Verbindung mit einer verhaltenen N-Düngung aufgrund der Witterung zu begründen. Zwar nicht bei allen Schlägen, so konnte doch verschiedentlich ein Zusammenhang zwischen den Frühjahrs- $N_{\min}$ -Werten und denen nach der Ernte aufgezeigt werden.
2. Am deutlichsten war dieser Zusammenhang allerdings beim Raps. Anders als ursprünglich vermutet fanden sich hier die niedrigsten  $N_{\min}$ -Werte im Bereich der schwachen Zone mit dem niedrigsten Ertrag. Ursache dafür dürfte sein, dass hier bereits im Frühjahr die niedrigsten  $N_{\min}$ -Werte in Verbindung mit hohen Rapsbiomassebeträgen angetroffen wurden. Das führte zwar zu einer weitgehenden N-Aufnahme. Bei unzureichender Wasserversorgung wurde das allerdings nicht in Ertrag umgesetzt.

3. Wie bereits dargestellt wurden die insgesamt höchsten  $N_{\min}$ -Werte auf dem Maisschlag ermittelt. Hier wurden schon im Frühjahr keine differenzierten  $N_{\min}$ -Werte in Abhängigkeit von der Potenzialzone angetroffen und das war dann auch nach der Ernte der Fall. Insofern war nicht überraschend, dass die Unterschiede in den TM-Erträgen und den damit einhergehenden N-Entzügen eher gering ausfielen.

# Anhang

## A 1 N<sub>min</sub>-Ergebnisse Winterraps - Schlag-Nr. 1

Potenzialzone	Probepunkt	N <sub>min</sub> LKS kg/ha in 0-60 cm	N <sub>min</sub> BfUL kg/ha in 0-60 cm
hoch	1	85	94
	2	78	75
	3	134	132
	4	104	98
	5	202	172
	1 bis 5	118	120
mittel	6	199	186
	7	159	162
	8	241	249
	9	103	112
	10	45	39
	6 bis 10	150	146
niedrig	11	37	29
	12	34	28
	13	47	41
	14	43	37
	15	78	72
	11 bis 15	44	42
Gesamtfläche	1 bis 15	103	108

## A 2 N<sub>min</sub>-Ergebnisse Winterraps - Schlag-Nr. 2

Potenzialzone	Probepunkt	N <sub>min</sub> LKS kg/ha in 0-60 cm	N <sub>min</sub> BfUL kg/ha in 0-60 cm
hoch	1	29	19
	2	29	18
	3	38	19
	4	29	16
	5	46	24
	1 bis 5	34	19
mittel	6	33	18
	7	30	19
	8	27	14
	9	29	13
	10	43	37
	6 bis 10	33	18
niedrig	11	41	20
	12	38	19
	13	39	25
	14	51	41
	15	32	17
	11 bis 15	38	20
Gesamtfläche	1 bis 15	36	19

## A 3 N<sub>min</sub>-Ergebnisse Winterraps - Schlag-Nr. 3

Potenzialzone	Probepunkt	N <sub>min</sub> LKS kg/ha in 0-60 cm	N <sub>min</sub> BfUL kg/ha in 0-60 cm
hoch	1	50	50
	2	59	56
	3	61	58
	4	60	56
	5	47	41
	1 bis 5	56	53
mittel	6	51	53
	7	54	59
	8	52	56
	9	64	72
	10	66	71
	6 bis 10	60	62
niedrig	11	69	72
	12	56	53
	13	71	72
	14	56	53
	15	63	61
	11 bis 15	58	62
Gesamtfläche	1 bis 15	60	58

## A 4 N<sub>min</sub>-Ergebnisse Winterraps - Schlag-Nr. 4

Potenzialzone	Probepunkt	N <sub>min</sub> LKS kg/ha in 0-60 cm	N <sub>min</sub> BfUL kg/ha in 0-60 cm
hoch	1	39	39
	2	51	51
	3	53	53
	4	42	42
	5	37	37
	1 bis 5	43	43
mittel	6	33	33
	7	32	32
	8	40	40
	9	31	31
	10	35	35
	6 bis 10	32	32
niedrig	11	29	29
	12	25	25
	13	34	34
	14	67	67
	15	42	42
	11 bis 15	41	41
Gesamtfläche	1 bis 15	37	37

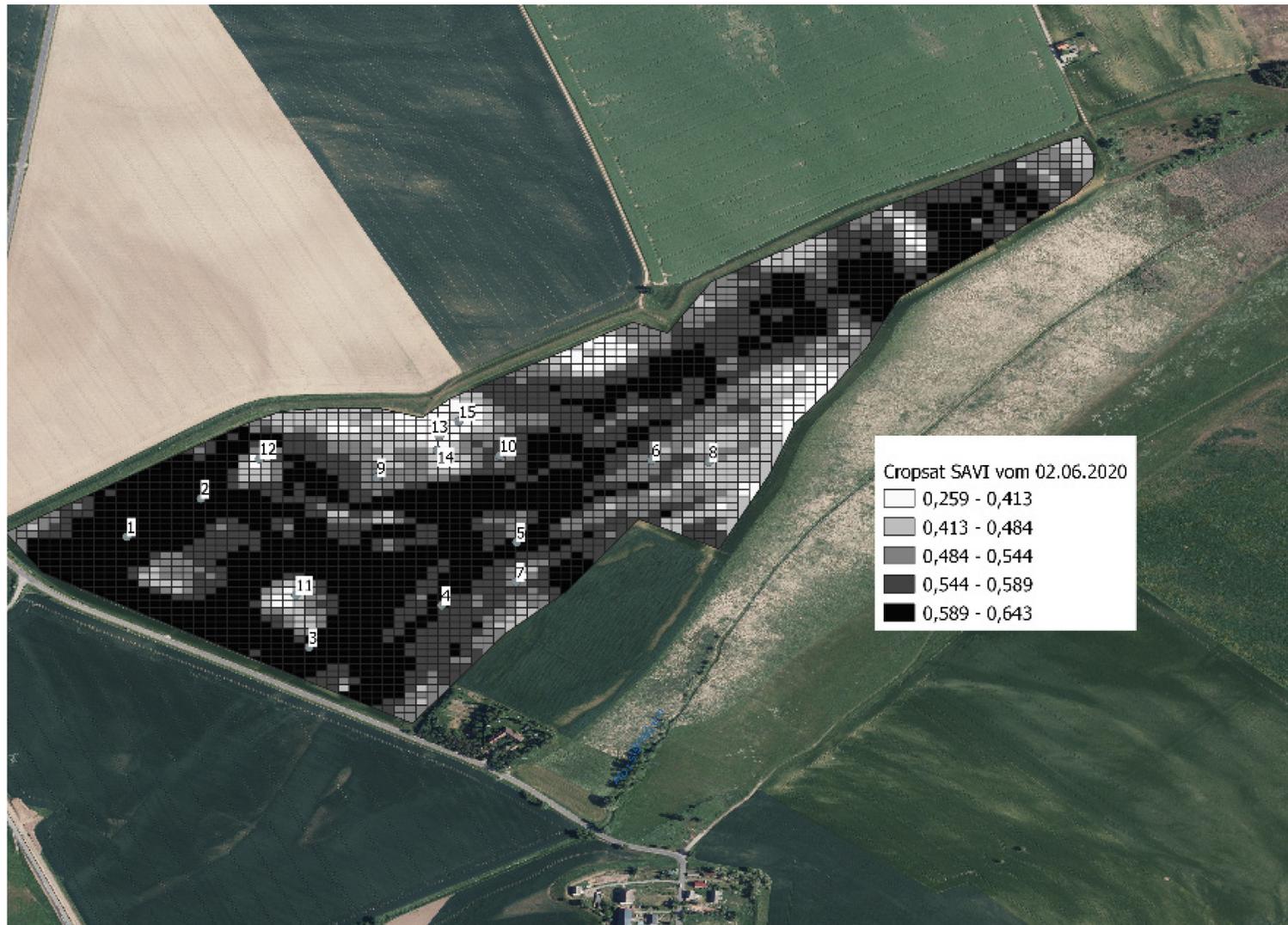
## A 5 N<sub>min</sub>-Ergebnisse Winterweizen - Schlag-Nr. 5

Potenzialzone	Probepunkt	N <sub>min</sub> LKS kg/ha in 0-60 cm	N <sub>min</sub> BfUL kg/ha in 0-60 cm
hoch	1	57	53
	2	44	40
	3	40	33
	4	40	33
	5	54	49
	1 bis 5	46	45
mittel	6	41	33
	7	42	39
	8	39	29
	9	42	35
	10	42	33
	6 bis 10	47	34
niedrig	11	42	37
	12	43	35
	13	61	48
	14	45	40
	15	48	45
	11 bis 15	47	41
Gesamtfläche	1 bis 15	41	37

## A 6 N<sub>min</sub>-Ergebnisse Winterweizen - Schlag-Nr. 6

Potenzialzone	Probepunkt	N <sub>min</sub> LKS kg/ha in 0-60 cm	N <sub>min</sub> BfUL kg/ha in 0-60 cm
hoch	1	168	182
	2	287	285
	3	241	226
	4	314	271
	5	408	379
	1 bis 5	272	269
mittel	6	266	258
	7	197	200
	8	227	217
	9	280	294
	10	289	347
	6 bis 10	363	267
niedrig	11	314	279
	12	278	250
	13	252	293
	14	272	229
	15	224	287
	11 bis 15	268	261
Gesamtfläche	1 bis 15	261	271

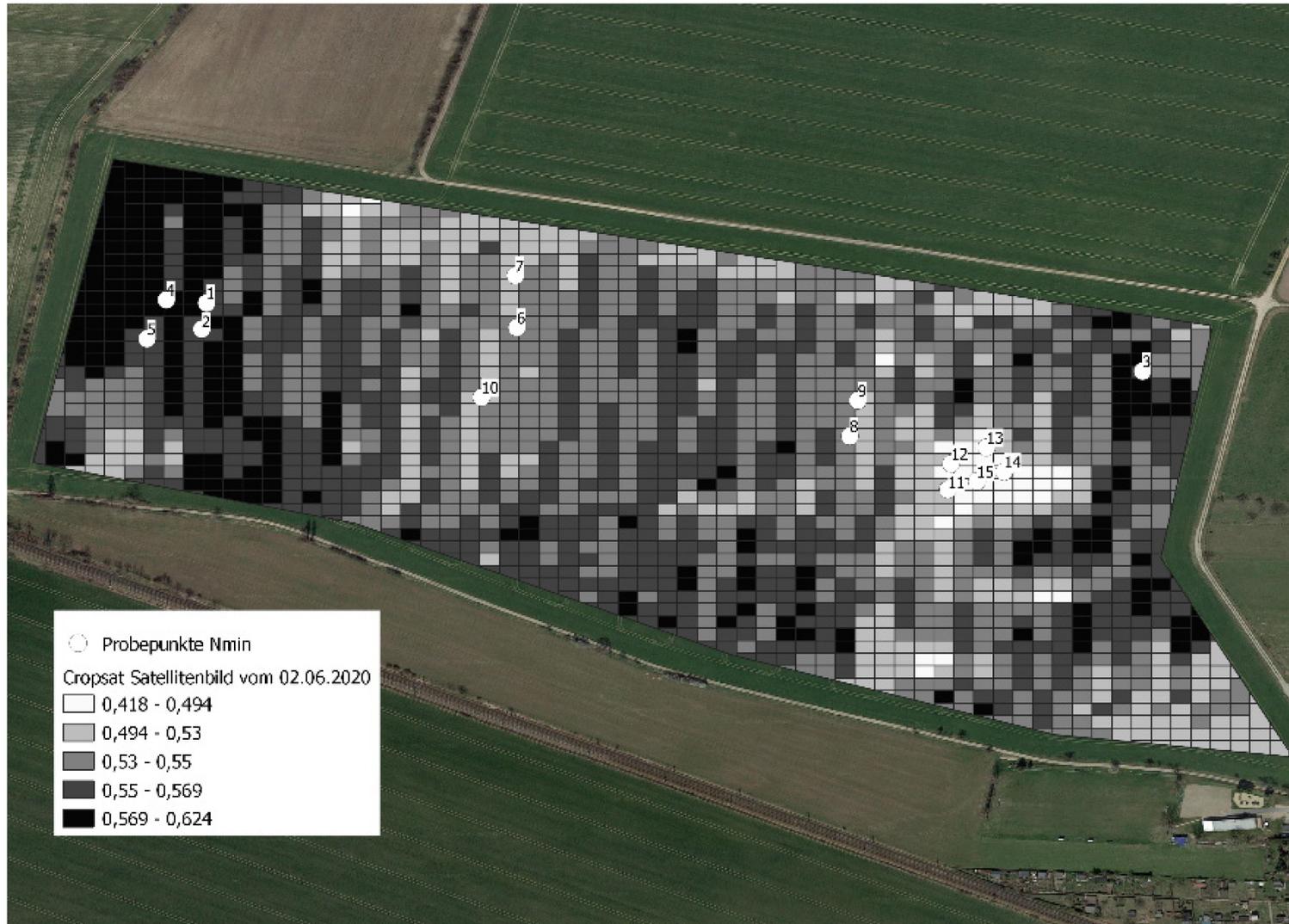
## A 7 Cropsat Satellitenbild von Schlag 1 (Raps) vom 02.06.2020



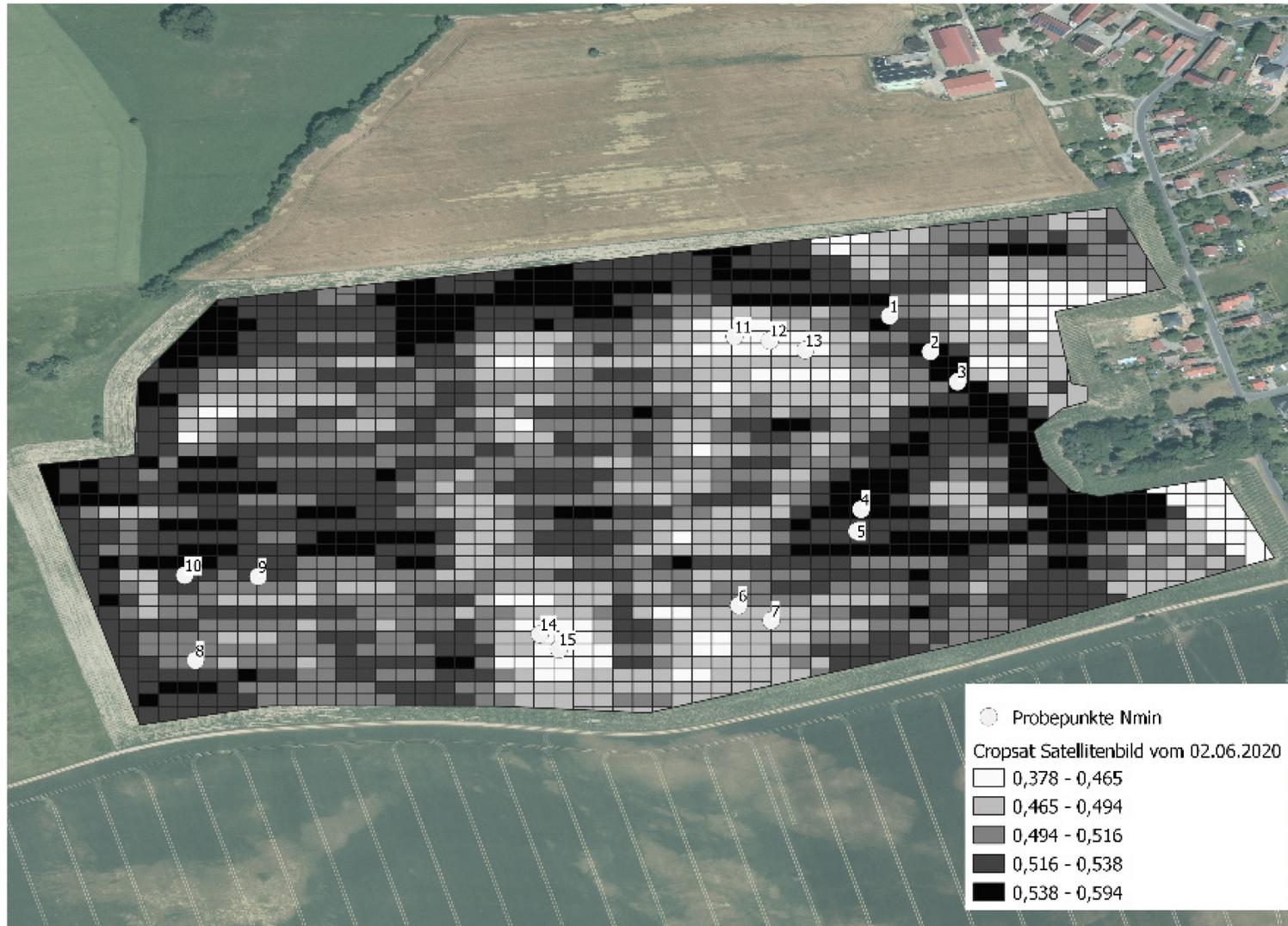
## A 8 Cropsat Satellitenbild von Schlag 2 (Gerste) vom 21.05.2020



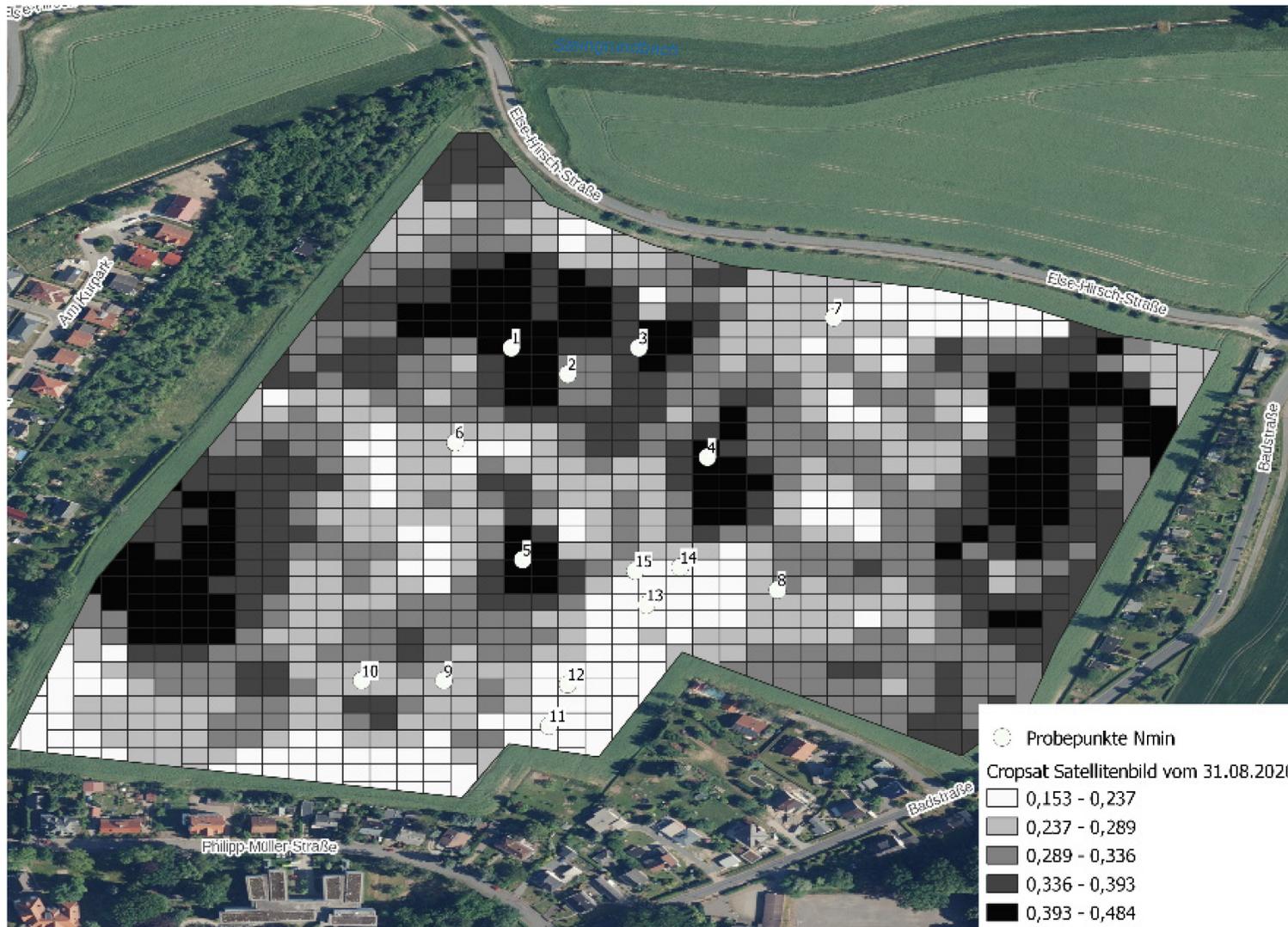
# A 9 Cropsat Satellitenbild von Schlag 3 (Weizen) vom 02.06.2020



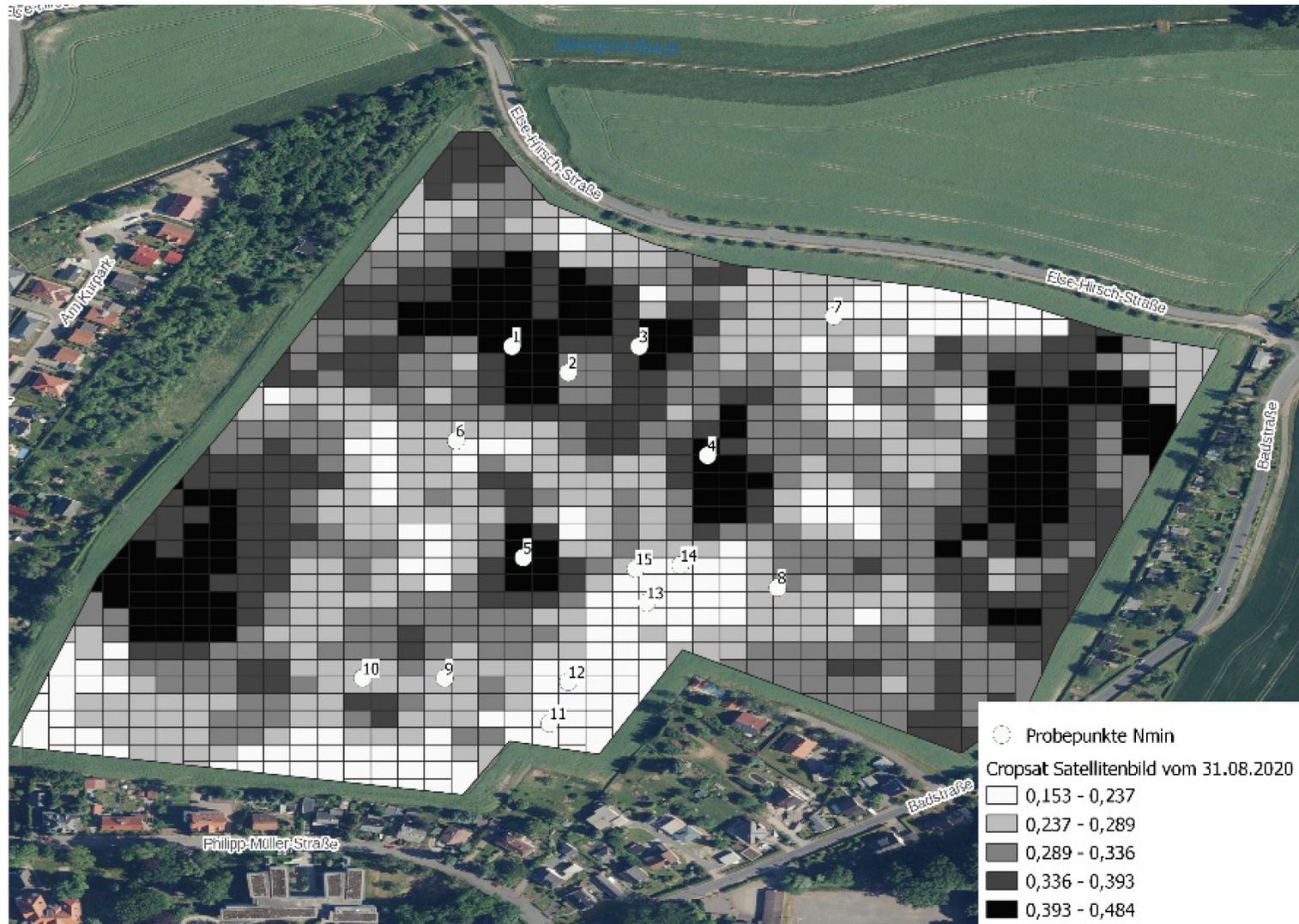
# A 10 Cropsat Satellitenbild von Schlag 4 (Weizen) vom 02.06.2020



# A 11 Cropsat Satellitenbild von Schlag 5 (Weizen) vom 02.06.2020



# A 12 Cropsat Satellitenbild von Schlag 6 (Mais) vom 31.08.2020



**Herausgeber:**

samt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)  
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden  
Telefon: + 49 351 2612-0  
Telefax: + 49 351 2612-1099  
E- Mail: [lfulg@smul.sachsen.de](mailto:lfulg@smul.sachsen.de)  
[www.lfulg.sachsen.de](http://www.lfulg.sachsen.de)

**Autoren:**

Markus Theiß, Dr. Wilfried Schliephake; AgUmenda GmbH  
Naumburger Straße 48  
04229 Leipzig  
Telefon: 0152 5424 9344  
Telefax: + 49 32221-322243  
E-Mail: [info@agumenda.de](mailto:info@agumenda.de)

**Redaktion:**

Silke Peschke  
Abteilung Landwirtschaft/Referat:  
Koordination, Fachrecht, Verfahrensökonomie  
01683 Nossen, Waldheimer Str. 219  
Telefon: + 49 35 242 631 7103  
Telefax: + 49 35 242 631 7199  
E-Mail: [Silke.Peschke@smul.sachsen.de](mailto:Silke.Peschke@smul.sachsen.de)

**Fotos:**

AgUmenda GmbH

**Redaktionsschluss:**

25.11.2020

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de> heruntergeladen werden.

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

*Täglich für  
ein gutes Leben.*