

Untersuchung der teilflächenspezifischen Ertragserfassung von Großmähdreschern in Winterweizen

Josef Hauser¹, Franz-Xaver Maidl² und Peter Wagner¹

Abstract: Ziel dieser Arbeit ist die Überprüfung der Ertragserfassung von Großmähdreschern. Die Genauigkeit der Ertragserfassungssysteme konnte in den letzten Jahren stark verbessert werden, das zeigt die Überprüfung mittels Parzellenmähdrescher und Rückwiegung auf einer Fuhrwerkswaage. Mithilfe der Messung von Reflexionswerten im Winterweizen wurde versucht, analog der Ertragsaufzeichnung kommerzieller Großmähdrescher Ertragsunterschiede festzustellen. Die Beziehung der gemessenen Erträge zum REIP-Index in verschiedenen Vegetationsstadien konnte nicht eindeutig gesichert werden. Eine Auswahl geeigneter Vegetationsindices bzw. Messverfahren sowie die methodische Herangehensweise zur Ertragsprognose bleibt zu prüfen.

Keywords: teilflächenspezifische Ertragserfassung, REIP-Index

1 Einleitung und Problemstellung

Der effiziente Einsatz von Düngemitteln liegt vor allem aufgrund ökonomischer und ökologischer Gesichtspunkte im Interesse des Landwirts. Deshalb ist eine zunehmende Effizienz auch in der Verteilung von Düngern auf der Fläche zu forcieren. Ein Ansatz ist die sensorgestützte, teilflächenspezifische Düngung. Vegetationsindices wie der Red Edge Inflection Point (REIP) dienen schon seit längerem der Schätzung von Biomasse, N-Aufnahme und daraus abgeleiteten Parametern für die Stickstoffdüngung. Der REIP-Index hat sich für deutsche Standortverhältnisse als besonders geeignet herausgestellt [LM05]. Vor allem zur zweiten und dritten N-Gabe im Winterweizen zeigt der Einsatz von Reflexionsensoren Vorteile. Für eine noch bessere Bemessung sowohl der Stickstoff- als auch der Grunddüngung ist eine Hinzuziehung von Ertragskarten angezeigt. Aus Spätmessungen zu EC 65 können diese über den REIP-Index erstellt werden, um sie für nachfolgende Düngejahre einzusetzen. Die große Schwäche der von Großmähdreschern (GMD) erfassten Ertragswerte liegt in ihrer unzureichenden Messgenauigkeit. Gründe dafür sind sowohl systemischer als auch technischer Natur [MA19]. In dieser Arbeit sollen zwei Forschungsfragen geklärt werden: 1. Wie exakt werden Erträge von Großmähdreschern auf teilflächenspezifischer Ebene erfasst? und 2. Lassen sich Ertragsunterschiede mit einer späten REIP-Messung zu EC 65 in ausreichender Genauigkeit erkennen? Für den ersten Aspekt dieser Arbeit soll ein teilflächenspezifischer Exaktdrusch mit Rückwiegung für Aufklärung sorgen. Der zweite Teil soll als Vorstufe für die Erzeugung exakter Ertragskarten

¹ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Landwirtschaftliche Betriebslehre, Karl-Freiherr-von-Fritsch-Straße 4, 06120 Halle (Saale), josef.hauser@landw.uni-halle.de bzw. peter.wagner@landw.uni-halle.de

² Technische Universität München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Liesel-Beckmann-Straße 2, 85354 Freising, maidl@wzw.tum.de

mithilfe des REIP-Index im Winterweizen dienen. Dabei wird vorerst nur auf die Beziehungen des REIP-Index mit den Erträgen eingegangen.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsdesign und -standort

Die Versuchsfläche 7212 (Tankstelle) gehört zum Betriebsverbund Hof Pfaffendorf in Sachsen-Anhalt und umfasst eine Fläche von 51,6 ha. Die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge beträgt 475 mm in der Region. Der überwiegende Anteil der Bodenart ist Schwarzerde in der Bodengruppe 4. Am 18.09.2019 wurde auf dem Schlag, auf Winterrips folgend, Winterweizen der Sorte Chiron mit einer Saatstärke von 300 Körnern pro m² gedreht. Für das Versuchsdesign wurden quadratische Rasterzellen mit einer Kantenlänge von 36 m, entsprechend der Fahrgassenabstände angelegt. Auf dem Versuchsschlag wurde ein Stickstoffdüngerversuch durchgeführt. Somit sollte unter anderem eine entsprechende Ertragsheterogenität herbeigeführt werden, welche eine adäquate Überprüfung der Ertragserfassung zulassen sollte.

2.2 Ertragserfassung

Wie in Abbildung 1 dargestellt, erfolgte die Messung der Erträge auf insgesamt 10 Streifen in Bewirtschaftungsrichtung des Schlages. Die Abgrenzung der Streifen erfolgte anhand der zugrundeliegenden Parzellen, wodurch am Vorgehende jeweils genug Fläche für die Füllungs- und Entleerungsphase des Großmähdreschers zur Verfügung stand. Um das Ergebnis nicht zu verfälschen, wurde zudem darauf geachtet, dass keine Fahrgassen in den Streifen des Großmähdreschers liegen. Zur Überprüfung der Ertragserfassung des GMDs wurde innerhalb des Erntebereichs des GMDs eine Spur für den Parzellenmähdrescher (PMD) angelegt bzw. vorweg geerntet (Abb. 1). Die effektive Arbeitsbreite des Großmähdreschers (Claas Lexion 780) betrug 12,20 m, jene des Parzellenmähdreschers 1,5 m. Somit ergaben sich Auflösungen von 116 m² beim GMD (9,5 m Abstand der Ertragsmesspunkte) sowie 45 m² beim PMD. Die Ertragserfassung am GMD kann in 8 Teilbreiten erfolgen, womit eine Teilbreite (152,50 cm) ziemlich exakt jener Breite des Schneidwerks am PMD entspricht. Die Ertragserfassung über den GMD konnte so auf 7 vollen Teilbreiten erfolgen. Damit es zu keiner Datenverzerrung in Längsrichtung kommt, wurden die Zwischenbereiche von jeweils 3 m vor und nach der Parzellengrenze separat erfasst. Das ergibt eine Streifenlänge von 30 m in jeder 36-m-Parzelle (siehe Hervorhebung Abb. 1). Die Streifen wurden von eins bis zehn durchnummeriert, beginnend mit dem längsten Streifen im Norden der Versuchsfläche.

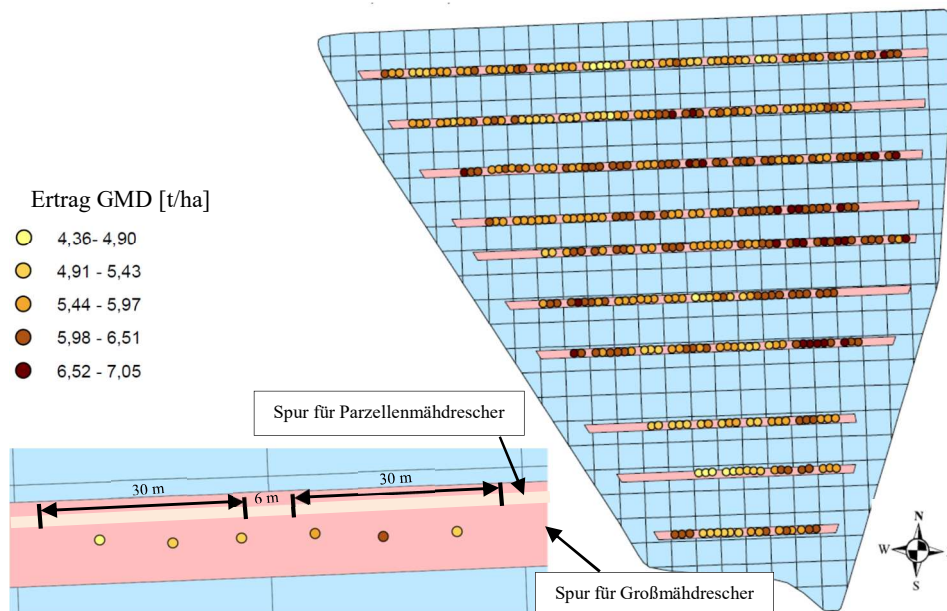


Abb. 1: Versuchsfläche mit Versuchsdesign und Ertragsmesspunkten des Großmähreschers

2.3 Reflexionsmessungen

Die Reflexionsmessungen wurden mit einem Yara N-Sensor (Passive Light Source), der auf dem Schlepperdach installiert war, durchgeführt. Der Yara-N-Sensor misst mit einem Abstand von 3 m zur Fahrgassenkante eine Breite von jeweils 3 m links und rechts der Fahrgasse. Der Abstand der Messpunkte in Längsrichtung betrug im Mittel 4,2 m, was zu einer Auflösung von ca. 25 m² führte. Pro ha wurden somit rund 60 Messpunkte ermittelt, welche rund 17 % der Fläche entsprechen. Die Messungen fanden am 16.04.2020 (EC 32), 19.05.2020 (EC 49), 25.05.2020 (EC 55), 08.06.2020 (EC 65) und am 18.06.2020 (EC 75) immer zwischen 9:00 und 15:00 Uhr statt. Die Log-Dateien wurden im Field-Scan-Modus erstellt und im Originalformat eingeholt, womit die Reflexionsdaten aller benötigten Wellenlängen zur eigenen Berechnung des REIP-Index genutzt werden konnten.

2.4 Datenverrechnung

Im Ergebnisteil werden zwei Varianten zur Überprüfung der Ertragserfassung am Feld gerechnet. Erstens die Wiegung der gesamten Erntemenge eines Streifens auf der Hofwaage. Dies soll vor allem zur Güteüberprüfung der Ertragsschätzung des PMDs über die gesamte Arbeitsbreite des GMDs dienen. Dazu wurden alle Wiegeungen des PMDs und alle Ertragspunkte des GMDs eines Streifens zusammengefasst. Und zweitens die bereits angesprochene kleinräumige Kartierung über den GMD auf Parzellenebene (30 x 12,2 m

sowie 36 x 36 m). Zunächst wurden für den Vergleich mit dem PMD nur jene Ertragspunkte in die Betrachtung mit aufgenommen, welche innerhalb des Erfassungsbereichs des PMDs lagen (30 x 12,2 m). So konnten überwiegend 3 Ertragspunkte innerhalb der Länge von 30 m zugeordnet werden. Zusätzlich wurde ein Vergleich mit den Ertragspunkten innerhalb der 36 x 36 m-Rasterzellen angestellt, um die Stabilität der Daten zu überprüfen. Alle Erntedaten wurden auf eine Basisfeuchte von 14 % korrigiert. Für alle Reflexionsmessungen wurde der arithmetische Mittelwert für das 36 x 36 m-Rasterdesign errechnet. Mithilfe des PMDs wurde jeweils eine Erntefläche von 45 m² (30 m x 1,5 m) über eine integrierte Waage direkt am Feld gewogen.

3 Ergebnisse

Der Ertrag der Versuchsfläche wurde durch Wiegen auf der Hofwaage auf 5,58 t/ha bemessen. Die Aufzeichnung des GMDs ergab im Mittel der Parzellen 5,85 t/ha, jene des PMDs 5,75 t/ha. Insbesondere die Standardabweichung des PMD-Ertrags war mit 0,59 etwas höher als die des GMDs mit 0,44. Der PMD schnitt beim Ergebnis der streifenweisen Rückwiegung mit einer mittleren absoluten Abweichung vom tatsächlichen Ertrag von 0,18 t/ha bzw. 3,40 % etwas präziser ab als der GMD (0,23 t/ha bzw. 4,18 %). Die Beziehung der beiden Ertragserfassungen ist in Abbildung 2 dargestellt. Das Bestimmtheitsmaß von 0,32 zeigt eine marginale Abhängigkeit beider Variablen. Zwischen der Ertragserfassung via GMD und PMD ergibt sich über die gesamte Stichprobengröße eine lineare Korrelation von 0,57 sowie eine Konkordanz Korrelation von 0,54.

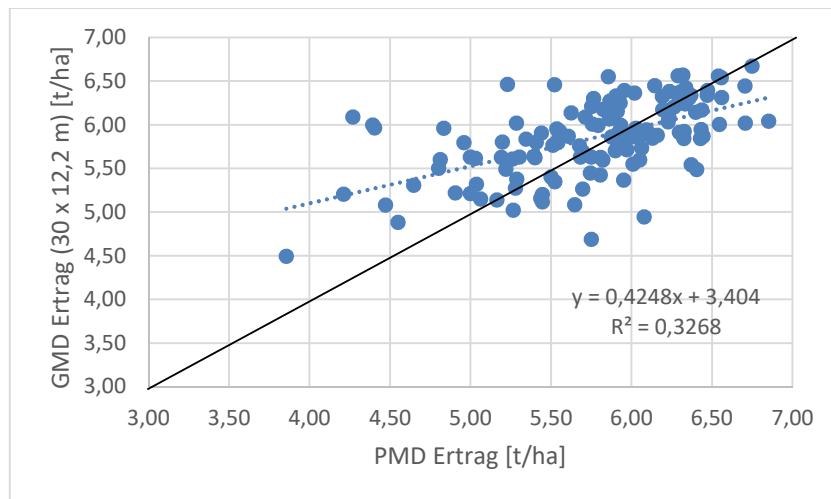


Abb. 2: Beziehung zwischen Ertragserfassung PMD und GMD (30 x 12,2 m)

In Tabelle 1 sind die Korrelationen zu Ertragsmessungen und REIP-Werten aufgetragen. Bei der streifenweisen Betrachtung kommen deutliche Unterschiede zum Ausdruck. Als Basis wird der erfasste Ertrag des PMDs verwendet. Dabei ergeben sich die höchsten Korrelationen mit den GMD-Daten auf derselben Fläche (30 x 12,2 m, Spalte 2). Werden die GMD-Daten auf die 36 x 36 m-Rasterzellen gemittelt (Spalte 3), ergeben sich deutlich niedrigere Korrelationen, wenngleich auf einem hohen Niveau. Bei den Beziehungen zu den REIP-Messungen prägt sich ein unterschiedliches Bild. So kommt es teilweise zu sehr hohen Korrelationen (Streifen 2, 6, 9 und 10). Andere Streifen fallen in der Korrelation deutlich ab, insbesondere die Streifennummern 1, 3, 5, 7 und 8.

Streifen	n	Abstand PMD zu YNS [m]	PMD	GMD	GMD	REIP	REIP	REIP	REIP	REIP
			30x1,5 m	30x12,2 m	36x36 m	EC32	EC49	EC55	EC65	EC75
1	21	9	1,00	0,62	0,64	-0,02	0,18	0,29	0,38	0,34
2	18	0	1,00	0,82	0,58	0,16	0,34	0,51	0,73	0,80
3	18	2	1,00	0,86	0,70	0,07	-0,01	0,03	0,27	0,39
4	15	11	1,00	0,79	0,68	0,07	0,09	0,37	0,49	0,62
5	15	10	1,00	0,71	0,56	-0,10	0,07	0,15	0,29	0,35
6	12	0	1,00	0,80	0,82	0,83	0,93	0,95	0,93	0,94
7	12	8	1,00	0,70	0,53	0,46	0,34	0,37	0,41	0,35
8	8	4	1,00	0,84	0,60	-0,28	0,12	0,13	0,29	0,43
9	6	3	1,00	0,98	0,99	0,96	0,99	0,99	0,99	0,98
10	6	2	1,00	0,73	0,92	0,75	0,97	0,97	0,97	0,95
$\bar{\sigma}$			1,00	0,78	0,70	0,29	0,40	0,48	0,58	0,62
Σ	131									

Tab. 1: Korrelationsmatrix PMD zu Ertragserfassung GMD und REIP-Werten in verschiedenen EC-Stadien

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Mit dieser Arbeit können abschließend mehrere Feststellungen getroffen werden. Zunächst konnte die Genauigkeit der Ertragserfassung über einen Parzellenmähdrescher mit 1,5 m Arbeitsbreite zur Schätzung der Erntemenge eines Großmähdreschers über eine Arbeitsbreite von 12,2 m überprüft werden. Dabei stellte sich heraus, dass die Korrelationen der Ertragswerte des PMDs zum GMD sowohl im direkten Vergleich (PMD-Spur liegt innerhalb der GMD-Spur), als auch innerhalb einer definierten Rasterzelle mit im Mittel 0,78 bzw. 0,70 relativ hoch waren. Dennoch konnten durch eine exakte Rückwiegung auf einer Fuhrwerkwaage Abweichungen festgestellt werden, welche beim GMD im Mittel

etwas höher ausfielen als beim PMD. Insbesondere bei der Aufzeichnung des GMDs machte sich ein Trend zu einer Unterschätzung des Ertrags in Hohertragszonen und einer Überschätzung in Niedrigertragszonen bemerkbar. Die Beziehung der gesamten Datenmenge von Ertragswerten des PMDs zum GMD ergab lediglich eine lineare Korrelation von 0,57 bzw. eine Konkordanz Korrelation von 0,54, was in Summe die Eignung eines PMDs zur Überprüfung der Erntemenge eines Großmähdeschers mit 12,2 m Arbeitsbreite nicht bekräftigt. Eine sehr kleinräumige Ertragsheterogenität ist als mögliche Ursache für diesen Umstand zu nennen, wie aus der höheren Standardabweichung der Daten des PMDs (0,59 vs. 0,44) zu erkennen war. Möglicherweise hätten die Effekte der kleinräumigen Heterogenität durch die Wahl eines GMDs mit geringerer Schnittbreite geringere Auswirkungen in den Abweichungen bewirkt. Die Auswertung der Beziehungen zwischen REIP-Index und Ertragsdaten der Mähdescher zeigt ein stark geteiltes Spektrum. Teilweise waren äußerst hohe Korrelationen von bis zu 0,99 in EC 65 zu beobachten, andere Versuchstreifen wiederum fielen bis auf eine Korrelation von 0,27 ab. Zudem zeigte sich im Mittel ein leicht erhöhter Zusammenhang in EC 75 (0,62 vs. 0,58). Dies ist unter anderem mit einer deutlich fortgeschrittenen Abreife in diesem Stadium zu erklären. Aufgrund der Anlage als On-Farm-Versuch sowie der begrenzten Anzahl an störungsfreien Streifen für den GMD konnte nicht in allen Streifen, welche mit dem PMD geerntet wurden, auch der Erfassungsbereich des Yara-N-Sensors getroffen werden. Yara-N-Sensor-Streifen mit geringerem Abstand zu den Parzellenmähdescherstreifen wiesen in der Regel höhere Korrelationswerte auf (Streifen 2, 6, 10). Möglicherweise war demnach die Heterogenität zu kleinräumig. Für die exakte Aufklärung des Zusammenhangs zwischen REIP-Index und der Ertragsdaten des PMDs sollte künftig ein Exaktmähdrusch nur in den unmittelbaren Erfassungsbereichen des Yara N-Sensors angestellt werden.

Summa summarum kann die Ertragsaufzeichnung des modernen Großmähdeschers (Claas Lexion 780), entgegen den Erfahrungen aus der Vergangenheit, als durchaus zufriedenstellend betrachtet werden. Eine Ertragsschätzung aus Vegetationsindices wie dem REIP-Index sollte dennoch verfolgt werden, zumal die benötigte Sensorik auf modernen Agrarbetrieben ohnehin eingesetzt wird und sich in Zukunft möglicherweise genauere Ertragsprognosen ergeben könnten. Zu überprüfen bleibt, ob weitere Vegetationsindices bzw. Messverfahren eine stabilere Datenlage erzeugen. Der nächste Schritt wäre die Darstellung der Heterogenität von Beständen auf Ertragskarten, welche in dieser Arbeit explizit nicht verfolgt wurde.

Literaturverzeichnis

- [LM05] Liebler, J.; Maidl F.-X.: Berührungslose Erfassung von Biomassebildung und N-Status in Pflanzen. Vortrag zum IKB Abschluss-Symposium Weihenstephan, 11. - 12. 10. 2005 <http://ikb.weihenstephan.de/ikb2/deutsch/symposium/pdf/maidl2.pdf>, Stand 30.10.2019.
- [MA19] Maidl F.-X.; Spicker A.; Wenig A. und Hülsbergen K.-J.: Ableitung des teilflächenspezifischen Kornertrags von Getreide aus Reflexionsdaten. In (A. Meyer-Aurich et al. Hrsg.): Digitalisierung in kleinstrukturierten Regionen, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2019, S. 131-134, 2019.