

Gottfried Eikel, Münster, und Thomas Rademacher, Bingen

Prüfung von Agrartechnik

Traktoren sowie Maschinen und Geräte für die Außen- und Innenwirtschaft stellen für landwirtschaftliche Betriebe und Lohnunternehmen die kostenintensivsten Produktionsmittel dar und sind durch eine nahezu unendliche Einsatzvielfalt gekennzeichnet. Dies erschwert einerseits die Konstruktion und andererseits die Auswahl der jeweils richtigen Agrartechnik, die den verschiedensten Prüfungen sowohl in der Industrie als auch in anerkannten Prüfinstitutionen und von Fachzeitschriften unterzogen wird. Über den Nutzen der verschiedenen öffentlichen Prüfverfahren wird immer wieder kontrovers diskutiert.

Dr. agr. Gottfried Eikel ist stellvertretender Chefredakteur der Fachzeitschrift „profi – magazin für agrartechnik“ beim Landwirtschaftsverlag GmbH, Hülsebrockstraße 2, 48165 Münster, und war von 1988 bis 1992 am Lehrstuhl für Landtechnik (Leitung: Prof. Dr.-Ing. K.-H. Kromer) tätig; e-mail: eikel@profi.com

Prof. Dr. agr. Thomas Rademacher ist Professor für Agrartechnik an der Fachhochschule Bingen, Berlinstraße 109, 55411 Bingen, und war von 1986 bis 1989 am Lehrstuhl für Landtechnik (Leitung: Prof. Dr.-Ing. K.-H. Kromer) tätig; e-mail: rademacher@fh-bingen.de

Schlüsselwörter

Landmaschinenprüfung, Praxistest, Labortest, Vergleichbarkeit der Messergebnisse

Keywords

Farm machine testing, fields tests, lab tests, comparability of measuring results

Literaturhinweise sind unter LT 01 SH 116 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Aufgrund des vielfältigen Marktangebotes an Agrartechnik einerseits sowie des Kostendruckes auf landwirtschaftliche Produktionsverfahren andererseits sind die Betriebsleiter bei ihren Investitionsentscheidungen immer stärker auf Hilfen angewiesen, die das Risiko eines Fehlkaufes zumindest mittelfristig minimieren. Um Entscheidungsprozesse zielgerichtet abzusichern, stehen dem Landwirt und Lohnunternehmer verschiedene Informationen zur Verfügung, etwa Daten aus Prospekten oder Produktbeschreibungen, Erfahrungen von Berufskollegen, Prüfberichte verschiedenster Institute und Organisationen sowie Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen zu praxisrelevanten Fragestellungen.

Landwirtschaftlicher Betrieb als Biosystem

Entscheidungshilfen sind um so vorzüglicher, je mehr sie die Einsatzverhältnisse des einzelnen Betriebes berücksichtigen. Diese werden jedoch individuell durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Dazu gehören nicht nur persönliche Neigungen des Betriebsleiters und der Mitarbeiter, die Betriebsstruktur und die Betriebsausrichtung, sondern selbstverständlich auch der Boden, das Klima sowie die Präsenz von Märkten, um nur einige übergeordnete Einflussgrößen zu nennen. Jeder einzelne landwirtschaftliche Betrieb stellt demzufolge ein eigenes Biosystem dar, das entsprechend den äußeren Rahmenbedingungen und der betriebspezifischen Ausrichtung ganz bestimmte und individuell unterschiedliche Anforderungen an die Agrartechnik stellt.

Die Ansprüche von Ackerböden an die Bearbeitungsgeräte – abhängig von den Bodenarten und wassergehaltsbedingten Eigenschaften sowie langfristigen Auswirkungen von Bearbeitungsverfahren – sind noch relativ einfach zu definieren. Dagegen ändern sich die physikalischen Eigenschaften von Pflanzenmaterialien und damit ihre Anforderungen an die Erntetechnik abhängig von sortenspezifischen Eigenschaften sowie witterungs- und pflanzenschutzbedingten Einflüssen in so hohem Maße, dass die Erntemaschine innerhalb eines Tages sowohl hervorragende als auch unbefriedigende Arbeitsergebnisse liefern kann. Die Prüfung von Agrartechnik umfasst demzufolge un-

terschiedlichste Datenerfassungs- und Messmethoden. Bei allen Prüfverfahren besteht der grundsätzliche Zielkonflikt zwischen der Präzision der Ergebnisse und ihrer Validität. Dies erschwert die Interpretation, so dass Fachleute wie Berater auf eine breite Informationsbasis zurückgreifen müssen.

Die relevanten Möglichkeiten und Methoden zur Prüfung von Agrartechnik verdeutlicht *Bild 1*. Jede Methode für sich kann jedoch nur einen Teil der benötigten Informationen liefern. Für die Gesamtbeurteilung einer Maschine oder eines Verfahrens müssen die Informationen möglichst vieler Quellen miteinander verknüpft und ausgewertet werden. Dies sind Ergebnisse und Fakten aus

- Auswertungen und Verrechnungen von Kenndaten
- wissenschaftlich exakten Messungen unter reproduzierbaren Bedingungen (Labor)
- wissenschaftlich exakten Messungen unter definierten Bedingungen (Feld)
- allgemeinen Untersuchungen und Messungen
- Kenntnissen von unabhängigen Experten und
- Erfahrungen landwirtschaftlicher Praktiker.

Technische Kenndaten

Technische Kenndaten wie Maschinenabmessungen, Arbeitsbreiten, Separierflächen oder Motorleistungen lassen lediglich eine überschlägige Maschinenempfehlung oder eine Vorauswahl aus Herstellerprospekten und speziellen Katalogen [1] zu. Exakt und vor allem verlässlich sind diese Kenndaten oft erst nach der Prüfung durch unabhängige Fachleute [2, 3]. Die Analyse dieser technischen Daten erscheint vordergründig eine unkomplizierte Vergleichsmethode zu sein. Die Werte werden entweder einfach gegenübergestellt oder als Relativwerte im Vergleich zu einer Basismaschine rangiert.

Problematisch ist jedoch die meist mangelhafte Übertragbarkeit konstruktiver Merkmale auf die tatsächliche Leistungsfähigkeit einer Landmaschine. Als Beispiel sei hier der Mähdrescher genannt. Da die Dimensionen der Abscheideflächen und Druschleistung positiv korrelieren, wurde der Standard-Mähdrescher mit Schüttlern bis zur maximal möglichen Transportbreite

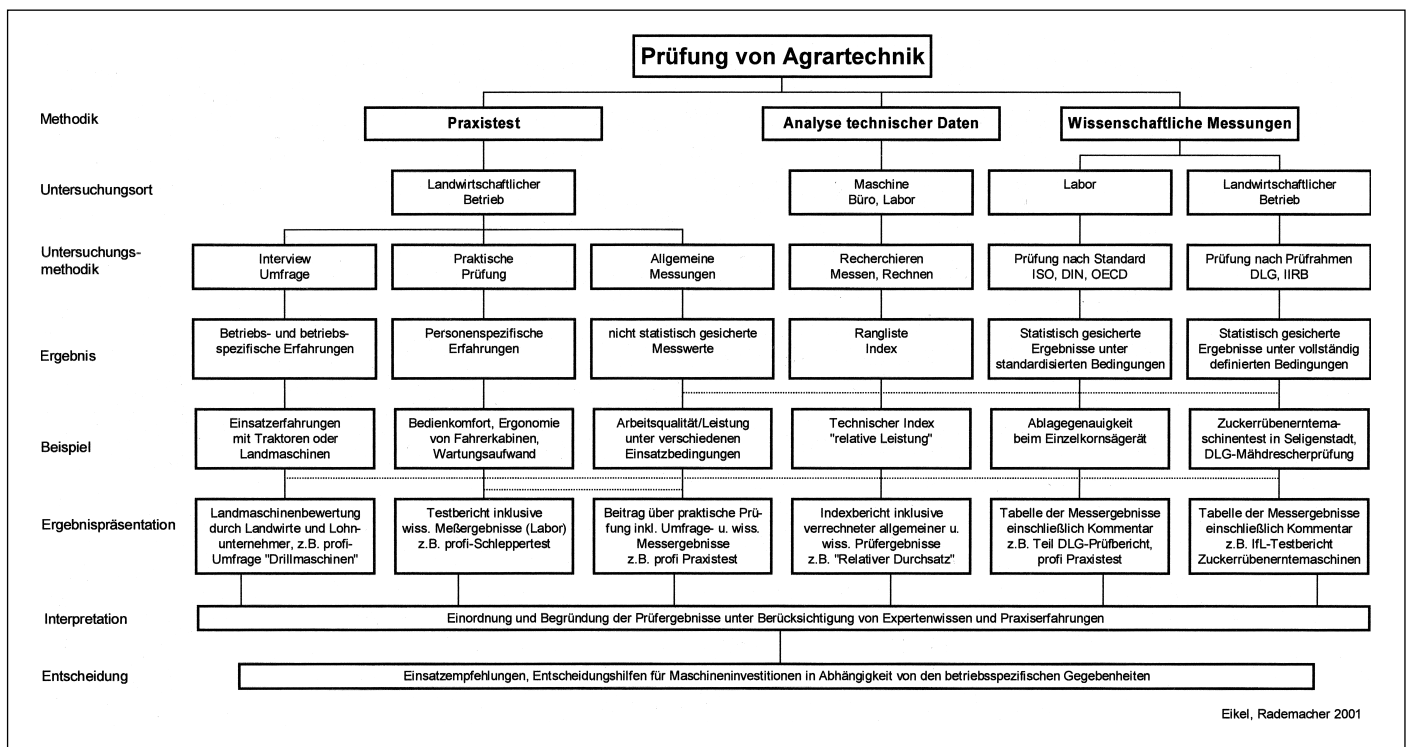


Bild 1: Prüfverfahren für Agrartechnik - methodische Vorgehensweise und Verwendungsformen

Fig. 1: Test methods for agricultural technology - methodical procedures and forms of application

vergrößert. Daraufhin begann man mit zusätzlichen Abscheiderotoren, die unterschiedlichsten Dresch- und Trennsysteme zu entwickeln, die bei gegebener Dreschkanalbreite zu verschiedenen Dreschkorb-, Abscheidekorb- sowie Gesamtabscheideflächen führten [5]. Aufgrund verschiedener Abscheidefunktionen sind die Zusammenhänge zwischen diesen Abscheideflächen und der realen Druschleistung gering. Der Durchsatz von sechs Mähdreschern in zwei Messreihen unter vergleichbaren Erntebedingungen [6] ist weder von der Gesamtabscheidefläche noch von der Dreschkorbfläche abhängig. Lediglich die Gesamtkorbfläche beeinflusst den NKB-Durchsatz (Nicht-Korn-Bestandteile) tendenziell [9]. Untersuchungen an Zuckerrübenerntemaschinen [7] zeigen ebenfalls geringe Zusammenhänge zwischen Abscheideflächen und Erdabscheidung.

Werden die Abscheideflächen der verschiedenen Dresch- und Abscheidesysteme entsprechend ihres Arbeitseffektes mit unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren versehen, so erhöht sich das Bestimmtheitsmaß der Zusammenhänge zwischen den gewogenen Dresch- und Abscheideflächen und der tatsächlichen Druschleistung. Die Gewichtungsfaktoren lassen sich zwar sachlich begründen, sie sind jedoch nicht durch die Ergebnisse vergleichender Prüfstandsmessungen oder ähnlicher Versuche belegbar. Die Bestimmtheitsmaße der Zusammenhänge in Bild 2 lassen daher lediglich den Schluss zu, dass die Druschleistung der geprüften Mähdrescher in höherem Maße von der Dresch- und Abscheidekorbfläche als von der Dresch- und Schüttlerfläche abhängig ist.

Technische Indices lassen nur bedingt Rückschlüsse auf die Leistungsfähigkeit einer Maschine zu. Konstruktive Besonderheiten wie etwa leistungssteigernde, spezielle Erntevorsätze oder Schüttlerhilfen und Hangausgleichssysteme können nur durch weitere Gewichtungsfaktoren oder gar nicht berücksichtigt werden [8]. Demzufolge geben diese Indexwerte nur den an konstruktiven Merkmalen einer Landmaschine interessierten nützliche Informationen, nicht jedoch dem Landwirt oder Lohnunternehmer.

Werden die konstruktiven Merkmale und deren Einflüsse auf Arbeitsleistung und -qualität mit tatsächlichen Leistungsdaten kombiniert, die für verschiedene Einsatzbedingungen interpoliert wurden, so nimmt der Informationswert des Indexes zu. Als Beispiel sei hier der Index „relativer Durchsatz“ für Mähdrescher genannt [4, 8]. Seine Vorteile sind die breite Datenbasis sowie die Berücksichtigung konstruktiver Besonderheiten und extremer Erntebedingungen. Außerdem lässt sich das Indexverfahren mit einer Vollkostenkalkulation kombinieren [9], so dass die ökonomische Vor- und Nachzügigkeit verschiedener Maschinen unter vorgegebenen Erntebedingungen deutlich wird. Nachteilig wirken sich jedoch die schwierige Nachvollziehbarkeit der Indexberechnung sowie die aufgrund ungenauer interpolierter Einzelwerte eingeschränkte Vorhersagegenauigkeit aus.

Prüfung im Labor

Die zweifelsohne genauesten Messergebnisse werden im Rahmen von Laboruntersuchungen gemäß nationaler oder internatio-

naler Standards wie DIN, ISO oder OECD erhoben. Im klassischen Fall sind dies Untersuchungen an Traktoren zur Ermittlung eines Motorkennfeldes auf dem Motorenprüfstand oder per Zapfwellenleistungsmessung [10]. Die Messergebnisse sind international vergleichbar. Gleiches gilt für die Prüfung eines Einzelkornsägerätes [11]. Die Ergebnisse zur Einzelkornfassung und Ablagegenauigkeit von Saatgut sind international gültig und vergleichbar.

Ernteleistungen und Arbeitsqualitäten von Großmaschinen wie Zuckerrübenvollernter, Mähdrescher oder Feldhäcksler anhand vorgegebener Parameter lassen sich im Labor nur mit Hilfe von Teiluntersuchungen erheben. Ein klassisches Beispiel hierfür sind Untersuchungen an Dreschwerkprüfständen. Da hier jedoch fast ausschließlich trockenes, lagerfähiges Dreschgut verwendet werden kann, werden die Ergebnisse zwar zur Grundlagenforschung verwendet, sie lassen sich aber nur in den seltensten Fällen auf Praxisbedingungen übertragen. Hinzu kommt die Problematik, dass sich eine Prüfstandsuntersuchung auf Baugruppen wie Dreschwerk und Schüttler konzentriert. Unberücksichtigt bleiben jedoch die Zuführorgane wie das Schneidwerk, das die Dresch- und Abscheideleistung in hohem Maße beeinflussen kann.

Prüfung im Feld

Daher ist es erforderlich, die Gesamtmaschine einem Feldtest zu unterziehen. Dies erfordert einen hohen Aufwand bei der Bonitur der Erntebedingungen. Für Zuckerrübenerntemaschinentests müssen dazu mindes-

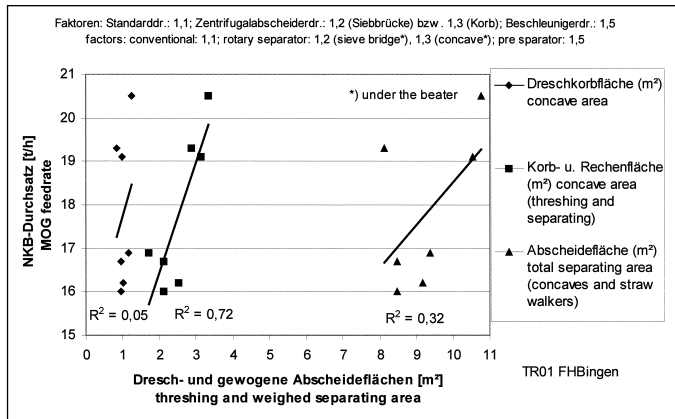


Bild 2: Lineare Zusammenhänge zwischen Dresch- und gewogenen Abscheideflächen und tatsächlichen Druschleistungen (nach [5])

Fig. 2: Linear relationships between threshing and weighted separating areas and real threshing capacities [acc. to 5]

dingt vorgegeben. Sind in diesem Stichprobenumfang zum Beispiel aufgrund partieller Bestandesveränderungen sogenannte „Ausreißerwerte“ enthalten, reduziert sich das Bestimmtheitsmaß. Durch Eliminieren von „Ausreißerwerten“ kann das Bestimmtheitsmaß der Regression zwar verbessert werden, für die Aussagekraft ist jedoch das Ergebnis des F-Tests zu berücksichtigen. Da Messungen im Feld grundsätzlich in viel höherem Maße durch äußere Faktoren beeinflusst werden als im Labor, lassen sich hier auch nur geringere Bestimmtheitsmaße der Regressionen erzielen. Als Beispiel hierfür dienen die Körnerverlustkennlinien in Bild 3, die unter verschiedenen Erntebedingungen ermittelt wurden. Das Bestimmtheitsmaß von 98% der Kennlinie „Charger“ ist für Feldmessungen als hervorragend zu bezeichnen. Die Bestimmtheitsmaße der beiden anderen Kennlinien mit 80 und 82% sind vor dem Hintergrund vieler, wenig quantifizierbarer Wechselwirkungen zwischen Agrartechnik und Biosystem immer noch sehr hoch. Sie lassen auf durchsatzabhängig größere Verlustdifferenzen, also verschiedene Reaktionen der Dresch- und Trenneinrichtungen schließen, bedingt

tens zwölf und für Mähdreschertests neun Parameter gemessen und als Randbedingung für die jeweiligen Messergebnisse deklariert werden [6, 12, 13]. Während eines Tests ändern sich abgesehen von der Bodenfeuchte und unter Umständen dem Blattzustand die Morphologiedaten und physikalischen Eigenschaften eines Zuckerrübenbestandes, die die Arbeitsqualität und Ernteleistung der Erntemaschinen beeinflussen, nicht. Bei Mähdreschertests ist dies vollkommen anders. Allein die leistungsbeeinflussenden Parameter Strohfeuchte und -zähigkeit können

sich je nach Sonneneinstrahlung innerhalb einer Stunde in so hohem Maße ändern, dass ein direkter Vergleich von Messwerten nicht mehr zu verantworten ist.

Hohe Bestimmtheitsmaße zwischen Körnerverlusten und NKB-Durchsätzen lassen sich nur bei homogenen Witterungs- und Erntebedingungen realisieren. Grundsätzlich stellt sich hier die Frage, wie niedrig das Bestimmtheitsmaß einer Regression sein darf, um die Aussage zu sichern. Die Größe des Stichprobenumfangs und die Anzahl der Messwerte sind meist messtechnisch be-

durch brüchiges (Aron) oder feuchtes und zähes Stroh (Olivin).

In der breiten Praxis sind Pflanzenbestände durch eine größere Inhomogenität gekennzeichnet als auf „ausgesuchten“ Testparzellen für einen Erntemaschinenvergleich. Daher lassen sich die Testbedingungen auch nur bedingt auf den Praxiseinsatz in landwirtschaftlichen Betrieben und sogar im Testbetrieb selbst übertragen. Hier stellt sich die Frage, ob Prüfungsergebnisse unter schwierigen Erntebedingungen, die eher auf Praxisbedingungen übertragbar, jedoch durch geringere Bestimmtheitsmaße gekennzeichnet sind, für den Nutzer von Agrartechnik einen höheren Informationswert darstellen als unter „idealen Bedingungen“ gewonnene Ergebnisse mit hoher Absicherung. Aus der Sicht des Praktikers ist eine trendmäßige Aussage mit geringer Absicherung, jedoch besserer Übertragbarkeit auf seine Einsatzbedingungen sicher wertvoller als eine hoch gesicherte, nicht übertragbare Aussage. So sind im trockenen Winterweizen ermittelte Körnerverlustkurven für Nutzer eines Mähdeschers wertlos, wenn er ausschließlich bei hohen Strohfuchten erntet. Auch die Ergebnisse des

Bild 3: Körnerverlustkennlinien eines Schüttler-Mähdeschers mit Zentrifugalabscheider-Dreschwerk in drei Weizensorten bei verschiedenen Strohfuchten (nach [6])

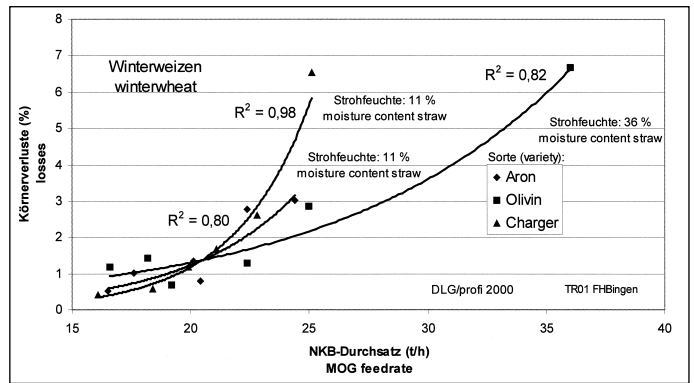


Fig. 3: Grain loss characteristic curves of a walker combine with a centrifugal separating threshing unit in three wheat varieties with various straw moisture (acc. to [6])

Zuckerrübenerntemaschinentests [14] im süddeutschen Seligenstadt lassen sich nur auf Standorte mit vergleichbaren Bodenverhältnissen und Rübenmorphologien übertragen, nicht jedoch beispielsweise auf den gesamten norddeutschen Raum mit wechselnden Böden und hügeligem Gelände.

Prüfungen in der Praxis

Um den Informationswert für die Praxis zu erhöhen, werden daher wissenschaftliche

Exaktmessungen zunehmend durch allgemeine Messungen und praktische Prüfungen ergänzt. Der Testbericht enthält dann neben dem speziellen einen allgemeinen Teil. Wissenschaftlich betrachtet wird dadurch der Anteil an Subjektivität durch nicht belegbare Daten erhöht. Die Ergebnisse des allgemeinen Teils dienen lediglich der Interpretation und Einordnung der Messergebnisse.

Die Frage nach der erforderlichen Genauigkeit der Ergebnisse von Landmaschinen-Prüfungen kann daher nur vor dem Hinter-

grund einer Zielgruppenanalyse durchgeführt werden. Besteht eine Zielgruppe aus Landmaschinenkonstruktoren, so ist eine Exaktmessung unerlässlich. Nur dann lassen sich die Ergebnisse direkt für die Weiterentwicklung nutzen. Da die Größe dieser Zielgruppe abnimmt, stellt sich somit die öffentliche, vergleichsweise aufwendige Prüfung von Agrartechnik zunehmend in Frage.

Da bei Kaufentscheidungen mit zunehmendem Investitionsvolumen der Informationsbedarf zunimmt, um Fehlinvestitionen zu vermeiden, ist zunehmend Expertenwissen, also agrar- und verfahrenstechnisches Know How in Kombination mit Praxiserfahrung zur Interpretation von Testergebnissen gefragt. Da Prüfergebnisse nicht immer erhältlich sind, werden vor allem Großmaschinen immer häufiger nach sogenannter Feldprobe gekauft. In Großbetrieben bedeutet dies oft den Einsatz mehrerer Maschinen unterschiedlichen Fabrikates auf demselben Feld. Der Entscheidungsträger kann sich aufgrund dieser vergleichenden Betrachtung ein fundiertes Urteil für die gegebenen Verhältnisse bilden, wenn er sich über die technischen Besonderheiten der zu vergleichenden Produkte informiert hat. Andernfalls muss er sich auch hier beraten lassen.

Die Investitionsentscheidung in Abhängigkeit von der Feldprobe wirkt der Prüfung von Agrartechnik durch Experten und Institutionen entgegen. Auch dies ist vor allem für die Hersteller von Großmaschinen ein Grund, die Teilnahme an einem Test oder einer Vergleichsprüfung zu verweigern. Denn ihre Produkte werden ohnehin vom größten Anteil der Kunden nur nach einer Feldprobe gekauft. Aus der Sicht der Hersteller erscheint eine vergleichende Prüfung von Agrartechnik nur dann sinnvoll, wenn die Ergebnisse zur Weiterentwicklung des Produktes oder zur Erhöhung des Marktanteiles verwendbar sind. Da Letzteres mit einem Risiko verbunden ist, werden Großmaschinen zunehmend hausinternen Vergleichen unterzogen. Ein öffentlicher Vergleich mit einer Rangliste als Ergebnis ist aus Vermarktungsaspekten nicht gewünscht – es sei denn, das eigene Produkt rangiert oben. Und gerade hier verbergen sich Gefahren, vor allem bei hoch gesicherten Messergebnissen. Die dazu erforderlichen, kalkulierbaren Witterungs- und Einsatzbedingungen sind zum Beispiel bei Mähdscherprüfungen im Fall einer Trockenperiode und eines homogenen, abgereiften Getreidebestands gegeben. Dies hat systembedingt zur Folge, dass Maschinen, die mehr für die genannten Bedingungen konstruiert sind, auch relativ „besser“ bewertet werden. Die Prüfung bevorzugt sozusagen systembedingt die „Gutwetter-Maschinen“. Hinzu kommt, dass einige Prüfungen, wie Durchsatz-Verlustmessungen am

Seitenhang aufgrund wechselnder Topografie auf Versuchspartellen und demzufolge zu geringer Aussagesicherung nicht durchgeführt werden. Die Hersteller bieten ihre Maschinen jedoch teilweise mit Hangaugleichssystemen in Serienausrüstung an – ein Indiz für den hohen Stellenwert der Ernte auf hängigen Parzellen. Entsprechend wichtig wären Testergebnisse unter derartigen Bedingungen [15] für Kaufentscheidungen.

Umfragen in der Praxis

Messergebnisse zur Arbeitsqualität und Leistung sowie Bewertungen von Handhabung und Wartung gehören zweifelsohne zu den wichtigsten Entscheidungskriterien für oder gegen eine Landmaschine. Keinesfalls unterschätzen darf man jedoch auch Kriterien wie den Service vor Ort oder die Dauerhaltbarkeit von Landmaschinen. So gaben in einer Umfrage 66% von 760 Mähdscher-Besitzern den Service als einen für sie ausschlaggebenden Kaufgrund an. Erst danach rangierte die Druschleistung, die „nur“ 60% der befragten Praktiker als Kaufgrund benannten [16].

Doch weder der Kundendienst und die Ersatzteilversorgung durch Landmaschinenhändler und -hersteller noch die Lebensdauer und Funktionssicherheit im Dauereinsatz über mehrere Jahre lassen sich messtechnisch exakt erfassen. Hier sind Angaben und Bewertungen von Landwirten und Lohnunternehmern im Rahmen von Praxisumfragen erforderlich. Solche Umfragen sind bei der Prüfung von Agrartechnik in zweierlei Hinsicht interessant: Einen ausreichend großen Stichprobenumfang vorausgesetzt spiegeln Praxisumfragen sehr gut die Zufriedenheit mit Maschinen einer ganzen Produktgruppe wider [16, 17]. Umfragen in kleinerem Umfang sind gut geeignet, spezielle Maschinenprüfungen zu ergänzen, um deren Ergebnisse zu verifizieren, ergänzen und verallgemeinern [11, 18].

Zusammenfassung

Die Prüfung von Agrartechnik ist durch verschiedenste Verfahren gekennzeichnet, weil die Einsatzbedingungen für Traktoren und Landmaschinen vielfältiger sind als der Technikeinsatzbereich in anderen Wirtschaftszweigen. Ziel der Prüfverfahren ist das zur Verfügung Stellen von Entscheidungshilfen für den Kauf von Agrartechnik. Der Zielkonflikt besteht in der negativen Korrelation zwischen der statistischen Aussagesicherheit von Messergebnissen und der Validität. Hier besteht zukünftig Abstimmungsbedarf in den zuständigen Gremien, um Mess- und Untersuchungsmethodik so-

wie die statistische Ergebnisverrechnung im Sinne möglichst umfassender Übertragbarkeit auf Praxisbedingungen zu optimieren, um vor dem Hintergrund zunehmender Betriebsgrößen und abnehmender Stückzahlen das Prüfwesen rechtfertigen zu können. Für die Interpretation von Prüfergebnissen und die Entscheidung bezüglich einer Investition ist die Summe von Informationen, sowohl die Ergebnisse von Praxistests und Praxisumfragen und die Analyse technischer Daten als auch die Ergebnisse wissenschaftlicher Messungen, von essentieller Bedeutung.

Literatur

- [1] Eikel, G.: Landmaschinenkatalog 2001 auf CD-ROM, Landwirtschaftsverlag, Münster, 2000
- [2] Eikel, G. und H. Wilmer: Dichtung und Wahrheit – Überprüfung von Herstellerdaten bei Mähdschern, profi 10 (1999), H. 5, S. 24 – 30
- [3] Falkenstein, W. und Th. Rademacher: Sein oder Schein? – Abscheide- und Siebflächen von Großmähdschern, profi 6 (1995), H. 5, S. 66 – 68
- [4] Rademacher, Th.: Durchsatz ist relativ, profi 6 (1995), H. 12, S. 104 – 107
- [5] Rademacher, Th.: Großmähdscher – technische Daten, Einsatz, Ökonomie. Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft (RKL), RKL-Schrift 41414, Juni 1998
- [6] Eikel, G., H. Wilmer und Th. Rademacher: Die Sechsschüttler-Klasse im Vergleich. profi 11 (2000), H. 11, S. 20 – 35
- [7] Degen, P.: Untersuchungen zur Wirkungsweise mechanischer Löse- und Trennwerkzeuge bei Mehrstoffhaufwerken aus Wurzelfrüchten am Beispiel der Zuckerrüben-Erdabscheidung. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 14, ISBN 3-18-0309714-1, Dissertation, 2000
- [8] Rademacher, Th.: Bewertung von Verfahren zur Bestimmung der Druschkapazität von Mähdschern. VDI/MEG Kolloquium Landtechnik, H. 28, März 1997
- [9] Rademacher, Th.: Einsatzprofile und Kapazitätsplanung für Groß-Mähdscher. VDI/MEG Tagung Landtechnik, Heft 2000, Mähdscherkolloquium, Tagung Münster, 10./11. Oktober 2000, Tagungsband, S. 23 – 31
- [10] Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft: Geprüfte Ackerschlepper 2001, Frankfurt 2000
- [11] Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft: DLG-Prüfbericht 4431, Frankfurt 1995
- [12] Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft: DLG-Prüfberichte 4382, 4383 und 4386, Frankfurt 1995
- [13] Brinkmann, W.: Die Testung der Arbeitsqualität von Zuckerrübenerntemaschinen – Die Methode des I.I.R.B.. Die Zuckerrübe 35 (1986), H. 3, S. 144 – 148
- [14] Kromer, K.-H.: Technischer Stand der Zuckerrübenerte, Landtechnik 56 (2001), H. 2, S. 78 – 79
- [15] NV: New Holland TX 36, Evaluation Report 676, Prairie Agricultural Machinery Institute (PAMI), Saskatchewan, Canada, 1992
- [16] Eikel, G.: Vor allem guter Service ist gefragt. profi 8 (1997), H. 3, S. 54 – 61
- [17] Eikel, G.: Wie die Saat, so die Ernte, profi 11 (2000), H. 4, S. 44 – 49
- [18] Gerighausen, H.-G.: Mit vertikaler Schnecke schneiden und mischen. profi 11 (2000), H. 9, S. 16 – 19