DLG-Prüfbericht 6237 F

Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH

KRONE BiG X 700

Feuchtemessung in Mais mit einem NIR-Sensor
am Auswurfbogen eines Feldhäckslers

DLG FOKUS TEST
10/14 Feuchtemessung in Mais

Testzentrum
Technik und Betriebsmittel

www.DLG-Test.de

Überblick

Der FokusTest ist eine umfangsreduzierte Gebrauchswertprüfung der DLG zur Produktdifferenzierung und besonderen Herausstellung von Innovationen bei Maschinen und technischen Erzeugnissen, die vorwiegend in der Land- und Forstwirtschaft, im Garten-, Obst- und Weinbau sowie in der Landschafts- und Kommunalpflege eingesetzt werden. Der Fokus wird in diesem Test auf die Prüfung qualitativer Einzelkriterien eines Produktes, wie z. B. Dauerfestigkeit, Leistung oder Arbeitsqualität gerichtet.

Der Testumfang kann Kriterien aus dem Prüfrahmen eines DLG-SignumTests, der umfassenden Gebrauchswertprüfung der DLG für technische Produkte enthalten und schließt mit der Veröffentlichung eines Prüfberichtes und der Vergabe des Prüfzeichens ab.

Beim DLG-FokusTest „Feuchtemessung in Mais“ werden die mit Feuchtigkeitssensor ermittelten Angaben zum Feuchtigkeitsgehalt des Ernteguts den Ergebnissen aus der Trockenmassebestimmung nach amtlicher Referenzmethode gegenüber gestellt und die Übereinstimmung der daraus erhaltenen Wertepaare bewertet.

Der DLG-Test wurde mit einem mobilen KRONE NIR-Sensor (Modelljahr 2013/2014), installiert am Auswurfbogen eines KRONE BiG X 700, in der Erntesaison 2013 und 2014 durchgeführt.

Um ein möglichst weites Einsatzspektrum abzudecken, wurde an zwei Standorten und in drei Maissorten mit unterschiedlichen Trockenmassegehaltslagen gehäckselt.

In jeder Maissorte wurden mehrere Wagenladungen geerntet und die Sensorangaben zu deren Feuchtigkeitsgehalt erfasst. Anschließend wurden beim Entladen am Silo repräsentative Mischproben aus jeder Wagenladung genommen und der Laboranalyse zugeführt.

Der mit amtlicher Methode ermittelte Referenzwert für jede Wagenladung wurde den korrespondierenden Angaben des Sensors gegenüber gestellt und die absolute Abweichung berechnet.

Andere Kriterien wurden nicht überprüft.

Beurteilung – kurz gefasst

Insgesamt wurde mit dem mobilen KRONE NIR-Sensor am Auswurfbogen des Feldhäckslers eine gute Übereinstimmung mit der amtlichen Referenzmethode für die Feuchtebestimmung in Mais über einen weiten Trockenmassenbereich von 21 % TM bis 40 % TM festgestellt. In 30 von 32 Referenzmessungen liegt die festgestellte Abweichung innerhalb eines zur Bewertung festgelegten Toleranzbereichs zwischen Sensorwert und Laborwert von unter 2 % absolut und keine Abweichung liegt über 3 % absolut. Bei 25 von 32 Wertepaaren ist die absolute Trockenmassenabweichung zwischen Sensorwert und Laborwert nicht größer als 1 %$_{abs}$, was einem Anteil von 78 % über alle Wertepaare entspricht. Darüber hinaus befinden sich 94 % der Werte innerhalb der 2 %$_{abs}$-Abweichung.

Der mobile KRONE NIR-Sensor am Auswurfbogen des Feldhäckslers erfüllt damit die Anforderungen für den DLG-FokusTest „Feuchtemessung in Mais“.

Tabelle 1:
Ergebnisse des Feldversuchs „Feuchtemessung in Mais“ im Überblick

Gesamtergebnis*	Einzelergebnisse für drei Trockenmassegehaltslagen				
	Maissorte	Anzahl Fuhren	TM-Gehalt nach Referenzmethode [%]	Sensorwert [%]	Mittlere Abweichung [%$_{abs}$ TM]
25 WP: < 1 %$_{abs}$	SL Magello	10	22,2 [21,4 – 23,7]	23,6 [22,5 – 24,6]	1,4
5 WP: 1 bis 2 %$_{abs}$	SY Kairo	10	34,5 [33,5 – 36,0]	34,9 [34,1 – 36,0]	0,4
2 WP: 2 bis 3 %$_{abs}$	Atletico	12	38,5 [35,9 – 40,5]	38,4 [36,9 – 40,5]	-0,1

* Anzahl Wertepaare (WP) aus insgesamt 32 Referenzanalysen mit Abweichung von % $_{abs}$ TM (absolute Trockenmassenabweichung)

Hersteller und Anmelder

Maschinenfabrik
Bernard Krone GmbH
Heinrich-Krone-Straße 10
D-48480 Spelle

Produkt:
KRONE BiG X 700 mit NIR-Sensor

Kontakt:
+49 (0)5977-935-0
info.ldm@krone.de
www.landmaschinen.krone.de

Beschreibung und Technische Daten

Funktionsprinzip des NIR-Sensors (Nah-Infrarot-Sensors)

Das Messprinzip des im Test eingesetzten Feuchtigkeitssensors basiert auf der Nahinfrarotmesstechnik und arbeitet mit Licht im nicht sichtbaren Bereich. Der Messvorgang erfolgt berührungslos im Auswurfbogen des Feldhäckslers ohne den Gutfluss oder das Erntegut zu beeinflussen. Dabei wird das Erntegut pulsierend mit selektierten Wellenlängen aus dem nahinfraroten Spektrum bestrahlt, die von dem im Erntegut enthaltenen Wasser unterschiedlich stark absorbiert werden.

Die Intensitäten der vom Erntegut reflektierten Anteile der einzelnen Wellenlängen werden vom Sensor detektiert. Mit Hilfe des auf das ausgewählte Erntegut optimierten Kalibriermodells wird anhand der Intensitäten der einzelnen Wellenlängen der entsprechende Feuchtigkeitsanteil ermittelt. Die zu Grunde liegenden Kalibriermodelle beruhen auf zahlreichen vorangegangenen Analysen von Erntegutproben. Eine Kalibrierung des Systems durch den Bediener ist nicht vorgesehen.

Bild 2:
KRONE NIR-Sensor am Auswurfbogen des Feldhäckslers (KRONE Produktfoto)

Um eine hohe Messgenauigkeit zu erreichen, wird die Messung einmal pro Sekunde im Maschinenterminal aktualisiert. Dieser Mittelwert beruht auf 100 Einzelmessungen pro Sekunde. Über die Auftragszählerinformationen kann der mittlere Feuchtegehalt schlagbezogen abgerufen werden.

Bild 3:
Messkopfeinheit unverbaut (KRONE Produktfoto)

Feldhäcksler

Der im Test eingesetzte Feldhäcksler war ein KRONE BiG X 700 mit einem 10-reihigen Maisgebiss vom Typ EasyCollect 7500 mit einer Arbeitsbreite von 7,5 m.

Angetrieben wird der Feldhäcksler durch einen MAN-Motor mit 16,16 Litern Hubraum und einer Leistung von 570 kW (775 PS) nach ECE R 120 bei 1800 U/min. Der Motor ist quer zur Fahrtrichtung eingebaut.

Weitere Ausstattungsmerkmale sind die „Biogas“-Häckseltrommel (40 Messer) und eine stufenlose Schnittlängenverstellung. Der KRONE VariStream Gutfluss mit sechs hydraulisch angetriebenen Vorpresswalzen sorgt für einen konstanten und gleichmäßigen Erntegutfluss durch die Maschine.

Bild 4:
KRONE Maschinenterminal,
Anzeige des Feuchtigkeitsgehalts in der linken oberen Ecke

Die Methode

Im DLG-FokusTest „Feuchtemessung in Mais“ wurde der mobile KRONE NIR-Sensor, angebaut am Auswurfbogen eines BiG X 700, im Feldversuch getestet. Als Häckseltrommel kam die „Biogas-Häckseltrommel“ mit 40 Messern und der KRONE Corn-Conditioner mit 123 Zähnen zum Einsatz. Die Grundeinstellungen des Feldhäckslers orientierten sich im Test an den Erntebedingungen vor Ort und wurden über Vorversuche ermittelt.
Die eingestellte Häcksellänge betrug 7,1 mm, der Auswurfbeschleuniger wurde auf 2 mm und der Corn-Conditioner auf 2,8 mm eingestellt. Diese Einstellungen blieben während den Messfahrten unverändert.

Der DLG-FokusTest „Feuchtebestimmung in Mais“ hat das Ziel, die Genauigkeiten von mobilen NIR-Sensoren bei der Feuchtigkeitsbestimmung in Mais im Vergleich mit der amtlichen Referenzmethode (Trockenschrankmethode) festzustellen. Um ein möglichst weites Einsatzspektrum abzudecken, werden die Versuche in verschiedenen Maissorten mit mindestens drei unterschiedlichen Trockenmassegehaltslagen durchgeführt. In jeder Versuchsvariante werden mindestens zehn Wagenladungen geerntet und die Angaben zu den durchschnittlichen Trockenmassegehalten über die mobilen NIR-Sensoren am Auswurfbogen für jede Fuhre dokumentiert. Aus jeder Wagenladung wird nach dem Entladen am Silostock über eine ausreichende Anzahl an Probenahmen eine repräsentative Mischprobe hergestellt (Bilder 5 bis 7). Die so erzeugte Mischprobe wird anschließend homogenisiert. Aus den homogenisierten Mischproben werden dann jeweils mindestens drei repräsentative Teilproben hergestellt und in geeignete Probentüten überführt. Die Frischmasseeinwaage wird direkt beim Befüllen ermittelt und dokumentiert. Die Probentüten werden verschlossen, gekennzeichnet und gekühlt zwischengelagert. Jeweils drei Teilproben aus einer Wagenladung dienen der Ermittlung der Trockenmasse mit amtlicher Methode im Auftragslabor. Aus den Laborwerten für die jeweils drei Teilproben aus einer Wagenladung wird der Mittelwert für den Trockenmassegehalt nach amtlicher Methode als Referenzwert berechnet. Diese Mittelwerte aus der Laboranalyse werden den korrespondierenden Angaben des mobilen Feuchtigkeitssenors gegenüber gestellt. Für die daraus resultierenden Wertepaare werden die absoluten Abweichungen zwischen Sensorwert und Referenzwert berechnet.

Bild 5 bis 7:
Probenahme am Silo und Verarbeitung der Gesamtprobe zu drei Teilproben mit einem großen und kleinen Probenteiler

Erntebedingungen

Der Feldtest fand in der Erntesaison 2013 und 2014 an zwei Standorten in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen statt. An beiden Versuchsstandorten standen jeweils zwei Versuchsflächen zur Verfügung, die mit unterschiedlichen Maissorten bestellt waren. Insgesamt konnten im DLG-Test drei Maissorten mit unterschiedlichen Trockenmassegehaltslagen geerntet werden (siehe Tabelle 2 auf Seite 6).

Am Versuchsstandort 2014 in Niedersachsen waren die Maisbestände sehr homogen mit Wuchshöhen von ca. 3,2 m und Frischmasseerträgen von ca. 58 t/ha. Die für den Test zur Verfügung stehenden Bestände 2013 waren weniger homogen mit Wuchshöhen bis 3,5 m und Erträgen von 50 t/ha bis 51 t/ha.

Bild 8:
Erntebedingungen auf einer Versuchsfläche in Nordrhein-Westfahlen (Recke, 2013, Maissorte SL Magello)

Bild 9:
Erntebedingungen auf einer Versuchsfläche in Niedersachsen (Meppen, 2014, Maissorte Atletico)

Bild 10:
Erntebedingungen auf einer Versuchsfläche in Niedersachsen (Meppen, 2014, Maissorte SY Kairo)

Tabelle 2:
Überblick der Maissorten und Versuchsstandorte

Maissorte	Sortenbeschreibung	Bestand	Ertrag [t FM/ha]*	Versuchs-standort	Anzahl Fuhren	TM [%]**
SL Magello	Zwischentyp, mittelfrüh-mittelspät Siloreifezahl ~250 Körnerreifezahl ~230 I.G. Pflanzenzucht GmbH	homogen Pflanzenhöhe ca. 3,2 m Kolbenanzahl 1 Reihenabstand 75 cm	51 t/ha	Recke (NRW), 2013	10	22,2 [21,4 – 23,7]
SY Kairo	Hartmaisähnlich, mittelfrüh Siloreifezahl ~240 Körnerreifezahl ~240 Syngenta AG	homogen Pflanzenhöhe ca. 3,2 m Kolbenanzahl 1–2 Reihenabstand 75 cm	55 t/ha	Meppen (NI), 2014	10	34,5 [33,5 – 36,0]
Atletico	Zwischentyp, mittelspät Siloreifezahl ~280 Körnerreifezahl ~ 280 KWS Saat AG	homogen Pflanzenhöhen 3 – 3,2 m Kolbenanzahl 1 Reihenabstand 75 cm	58 t/ha	Meppen (NI), 2014	12	38,5 [35,9 – 40,5]

Feuchtigkeitsbestimmung mit dem KRONE NIR-Sensor

Bild 11 zeigt die Abweichungen der vom NIR-Sensor ermittelten Trockenmassegehalte gegenüber den mit der amtlichen Methode ermittelten Referenzwerten. Insgesamt wurden an den zwei Standorten 32 wertbare Versuchsfahrten in drei Maissorten durchgeführt.

In Bild 11 sind die Messwerte des Feuchtigkeitssensors grün und die Ergebnisse aus der Laboranalyse blau dargestellt. Jedem Referenzwert aus der Laboranalyse ist in der Darstellung ein Toleranzbereich von +/- 2 %$_{abs}$ zugeordnet.

In 30 von 32 Wertepaaren liegt die Abweichung des Sensorwertes in einem Toleranzbereich von ≤ 2 %$_{abs}$ und keine Abweichung überschreitet einen Wert von 3 %$_{abs}$. Bei 25 Wertepaaren ist die absolute Trockenmassenabweichung zwischen Sensor- und Laborwert nicht größer als 1 %$_{abs}$, was einem Anteil von 78 % über alle Wertepaare entspricht. Darüber hinaus befinden sich 94 % der Werte innerhalb der 2 %-Abweichung. Damit wird ein sehr hohes Maß an

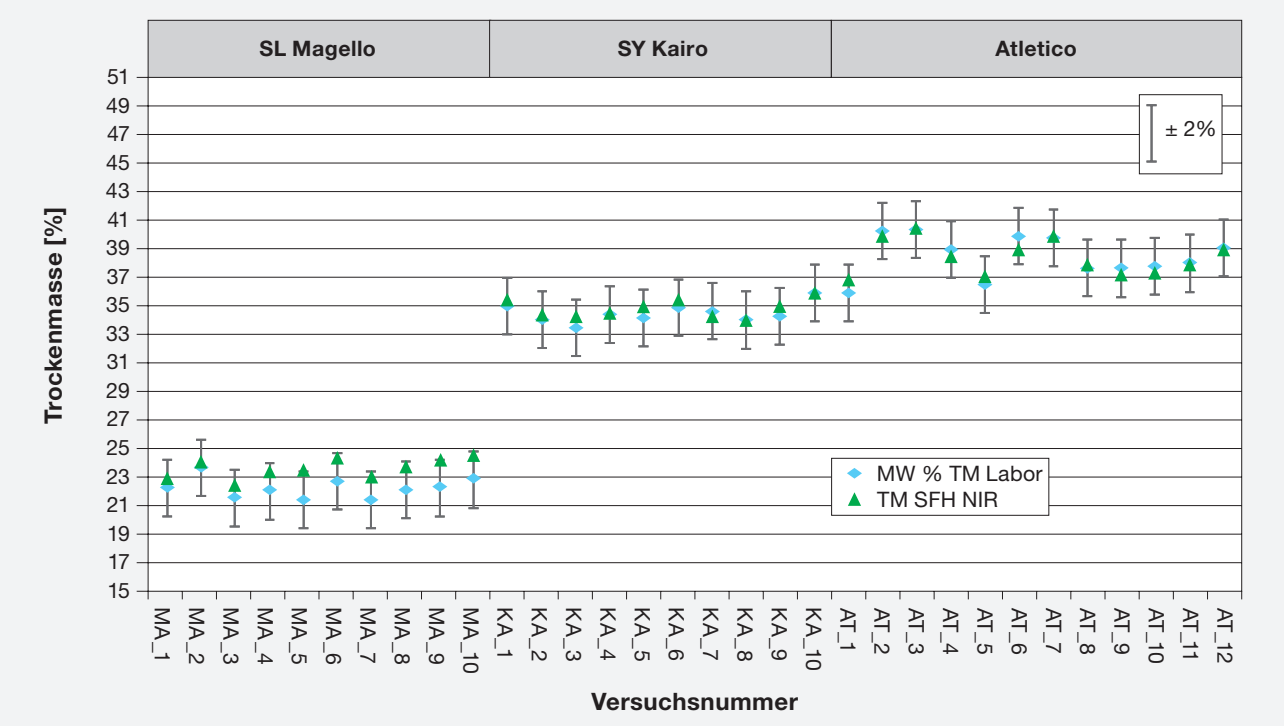

Bild 11:
Vergleich zwischen KRONE NIR-Sensorwert und den ermittelten Referenzwerten nach Trockenschrankmethode

* gemittelt aus geernteten Fuhren / ** nach amtlicher Referenzmethode

Übereinstimmung zwischen Sensorwert und Referenzwert erreicht.

Über alle Messfahrten ergibt sich für die KRONE NIR-Sensorwerte im Vergleich zu den Trockenmassegehalten aus der Referenzanalyse ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,99$ (siehe Bild 12) und eine mittlere Abweichung von 0,63 % im angezeigten Trockenmassegehalt über alle Versuchsvarianten in Mais und einen weiten Trockenmassenbereich von 21 % TM bis 40 % TM.

Der mobile KRONE NIR-Sensor am Auswurfbogen des Feldhäckslers erfüllt damit die Anforderungen für den DLG-FokusTest „Feuchtemessung in Mais“ und die Übereinstimmung zwischen Sensorwert und Referenzwert kann nach DLG-Bewertungsschlüssel als gut eingestuft werden.

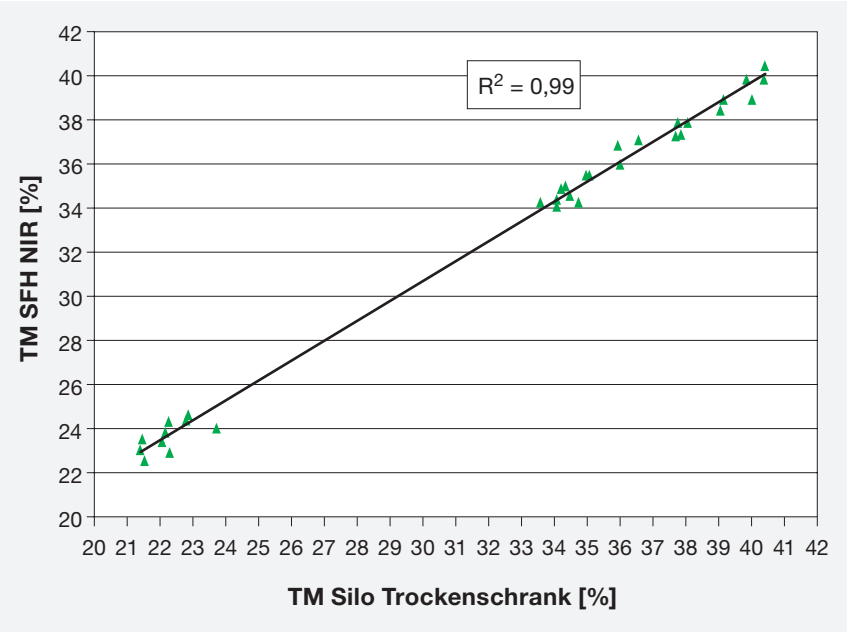

Bild 12:
Korrelation zwischen KRONE NIR-Sensorwert (TM SFH) und den ermittelten Laborwerten aus der Probenahme am Silo

Fazit

Der DLG-FokusTest „Feuchtemessung in Mais“ zeigt, dass mit dem mobilen KRONE NIR-Sensor am Auswurfbogen des Feldhäckslers eine gute Übereinstimmung mit der amtlichen Referenzmethode für die Feuchtigkeitsbestimmung in Mais über einen weiten Trockenmassenbereich von 21 % TM bis 40 % TM erreicht wird. Bei 30 von 32 Referenzmessungen liegt die festgestellte Abweichung zwischen Sensorwert und Laborwert im Trockenmassegehalt nicht über 2 $\%_{abs}$ und bei 25 Wertepaaren beträgt die Abweichung darüber hinaus weniger als 1 $\%_{abs}$.

Kein Sensorwert überschreitet im DLG-Test die zulässige Toleranz mit einer Abweichung von mehr als 3 $\%_{abs}$. Das Bestimmtheitsmaß für Sensorwert vs. Laborwert liegt mit 99 % auf einem sehr hohen Niveau und die mittlere Abweichung zwischen Sensorwert und Referenzwert beträgt 0,63 %.

Der mobile KRONE NIR-Sensor am Auswurfbogen des Feldhäckslers erfüllt damit die Anforderungen für den DLG-FokusTest „Feuchtemessung in Mais“ und das DLG-Prüfzeichen wurde verliehen.

Weitere Informationen

Weitere Tests zu mobilen Trockenmassesensoren am Feldhäcksler können unter **www.dlg-test.de/ernte** in der Rubrik „Feldhäcksler“ heruntergeladen werden.
Im Bereich der DLG-Facharbeit beschäftigt sich der DLG-Ausschuss für Technik in der Pflanzenproduktion intensiv mit dem Thema Erntetechnik. Merkblätter und Schriften dieser ehrenamtlichen Facharbeit sind unter **http://www.dlg.org/technik_pflanzenproduktion.html** kostenlos im PDF-Format erhältlich.

Prüfungsdurchführung

DLG e.V., Testzentrum
Technik und Betriebsmittel,
Max-Eyth-Weg 1,
64823 Groß-Umstadt

DLG-Prüfrahmen

FokusTest
„Feuchtemessung in Mais“

Fachgebiet

Technik Pflanzenproduktion

Projektleiter

Dr. Ulrich Rubenschuh

Prüfingenieur(e)

Dipl. Ing. (FH) Johannes Speer*

Laboruntersuchungen

LUFA Nord-West
Jägerstraße 23-27
26121 Oldenburg

* Berichterstatter

Die DLG

Die DLG ist – neben den bekannten Prüfungen landwirtschaftlicher Technik, Betriebs- und Lebensmitteln – ein neutrales, offenes Forum des Wissensaustausches und der Meinungsbildung in der Agrar- und Ernährungsbranche.

Rund 180 hauptamtliche Mitarbeiter und mehr als 3.000 ehrenamtliche Experten erarbeiten Lösungen für aktuelle Probleme. Die über 80 Ausschüsse, Arbeitskreise und Kommissionen bilden dabei das Fundament für Sachverstand und Kontinuität in der Facharbeit. In der DLG werden viele Fachinformationen für die Landwirtschaft in Form von Merkblättern und Arbeitsunterlagen sowie Beiträgen in Fachzeitschriften und -büchern erarbeitet.

Die DLG organisiert die weltweit führenden Fachausstellungen für die Land- und Ernährungswirtschaft. Sie hilft so moderne Produkte, Verfahren und Dienstleistungen zu finden und der Öffentlichkeit transparent zu machen.

Sichern Sie sich den Wissensvorsprung sowie weitere Vorteile und arbeiten Sie am Expertenwissen der Agrarbranche mit! Weitere Informationen unter www.dlg.org/mitgliedschaft.

Das DLG-Testzentrum Technik und Betriebsmittel

Das DLG-Testzentrum Technik und Betriebsmittel Groß-Umstadt ist der Maßstab für geprüfte Agrartechnik und Betriebsmittel und führender Prüf- und Zertifizierungsdienstleister für unabhängige Technik-Tests. Mit modernster Messtechnik und praxisnahen Prüfmethoden stellen die DLG-Prüfingenieure Produktentwicklungen und Innovationen auf den Prüfstand.

Als mehrfach akkreditiertes und EU-notifiziertes Prüflabor bietet das DLG-Testzentrum Technik und Betriebsmittel Landwirten und Praktikern mit den anerkannten Technik-Tests und DLG-Prüfungen wichtige Informationen und Entscheidungshilfen bei der Investitionsplanung für Agrartechnik und Betriebsmittel.

ENTAM

European **N**etwork for **T**esting of **A**gricultural **M**achines ist der Zusammenschluss der europäischen Prüfstellen. Ziel von ENTAM ist die europaweite Verbreitung von Prüfergebnissen für Landwirte, Landtechnikhändler und Hersteller. Mehr Informationen zum Netzwerk erhalten Sie unter **www.entam.com** oder unter der E-Mail-Adresse: **info@entam.com**

ENTAM registered

14-723
© 2014 DLG

DLG e.V.
Testzentrum Technik und Betriebsmittel
Max-Eyth-Weg 1, 64283 Groß-Umstadt
Telefon +49 69 24788-600, Fax +49 69 24788-690
tech@DLG.org · www.DLG.org

Download aller DLG-Prüfberichte kostenlos unter: www.dlg-test.de!