

DLG-Prüfbericht 6162 F

Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH

Topcon System 350

Automatische Lenksysteme



**FOKUS
TEST**

10/13

Automatische
Lenksysteme



Testzentrum
Technik und Betriebsmittel

www.DLG-Test.de

Überblick

Der FokusTest ist eine 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 Test-

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



Der DLG-FokusTest „Automatische Lenksysteme“ umfasst die Prüfung der Genauigkeit und der Handhabung von automatischen Lenksystemen in landwirtschaftlichen Fahr-

zeugen. Neben der Messung der Lenkgenauigkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen werden das Verhalten bei GNSS-Signalabschattung, der Ausfall des Korrektursignals, die Handhabung, Anzeige- und Bedienelemente des Systems, die Bedienungsanleitung und Hilfefunktionen sowie die Sicherheitseinrichtungen untersucht.

Andere Kriterien wurden nicht überprüft.

Beurteilung – kurz gefasst

Das über den maschineninternen ISOBUS auf einem Krone Big X 700 eingebundene und in dieser Kombination getestete Lenksystem von Topcon bietet in Verbindung mit einer Mobilfunk-Anbindung an das Topcon-eigene virtuelle RTK-Netzwerk „TopNET live“ eine Systemgenauigkeit im Bereich von 2-8 cm.

Die Langzeitgenauigkeit des Systems ist für eine RTK-Lösung auf Mobilfunkbasis noch gut (8 cm – nur gering oberhalb der 7 cm Klasse), reicht jedoch aufgrund der längeren Basislinie nicht an die einer festen RTK-Station heran.

Das große 12"-Terminal bietet, nicht zuletzt auch durch das integrierte Hilfe- und Assistenzsystem einen hohen Bedienkomfort. Die umfangreichen Möglichkeiten der Display-Anpassungen erfordern jedoch eine gewisse Einarbeitung. Die Abweichung von der Soll-Linie bei der Kontur-Fahrt ist sehr gering (4 cm).

Tabelle 1:
Ergebnisse im Überblick

Lenkgenauigkeit	95%-Klasse*
Ebene 8 km/h	5 cm
Ebene 15 km/h	7 cm
Balkenstrecke 5 km/h	6 cm
Kontur 5 km/h	4 cm
Ebene 8 km/h Langzeittest	8 cm
Signalverhalten	Bewertung
Verhalten bei Teilabschattung	[o]
Verhalten bei Korrektursignalausfall	[o]
Handhabung/Ergonomie	Bewertung
Bedienungsanleitung / Hilfesystem	[+]
Bedienung	[+]
Terminal und Bedienelemente	[+]
Sicherheit	Bewertung
Sicherheitseinrichtungen nach ISO 10975	[+]

* Definition: 95% aller Abweichungen von der Soll-Linie sind \leq der angegebenen Fehlerklasse

Bewertungsbereich: ++ / + / o / - / -- (o = Standard, k.B. = keine Bewertung)

Das Produkt

Hersteller und Anmelder

Hersteller: Topcon
Produkt: System 350
Anmelder:
Maschinenfabrik
Bernard Krone GmbH
Heinrich-Krone-Straße 10
D-48480 Spelle
www.krone.de
Kontakt:
Telefon +49 5977 935-0
Info.ldm@krone.de

Beschreibung und Technische Daten

Im Test wurde das Topcon-Lenkssystem System 350 über eine maschineninterne ISOBUS-Verbindung in einen Krone-Feldhäcksler Big X 700 eingekoppelt. Das Lenksystem greift dabei z. B. auf die werksseitige Lenkhydraulik des Häckslers zu.

Der Feldhäcksler hat eine Leistung von 570 kW nach ECE-Norm R120, die weiteren technischen Daten, gemessene Fahrzeuggeometrie, die

verwendete Bereifung und die verwendeten Einstellungsparameter des Lenksystems sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Einstellungen des Lenksystems wurden dabei nach Herstellervorgaben vorgenommen.

Tabelle 2:

Technische Daten, Fahrzeuggeometrie, Bereifung und Einstellungsparameter des Lenksystems

Technische Daten des Lenksystems		
Lenksystem-Typ	Topcon System 350	
GNSS Empfänger (inkl. Antenne)	AGI-4	
GNSS-Satelliten-Empfang	GPS, GLONASS (kostenfrei)	
Korrektursignal-System	virtuelles RTK-Netzwerk	
Korrektursignal-Übertragungsweg	Mobilfunk	
Korrektursignal-Typ	TopNET Live	
Signalgenauigkeit	2 cm	

Technische Daten des Feldhäckslers	
Hersteller	Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH
Typ	Big X 700
Leistung (ECE R120)	570 kW MAX
Max. Geschwindigkeit	40 kmh
Leergewicht	15835 kg
Zulässiges Gesamtgewicht	22000 kg

Gemessene Fahrzeug-Geometrie	
Achshöhe Vorderachse – Messpunkt	190 cm
Höhe des Messpunkts über Grund	44 cm

Bereifung		
	Vorderachse	Hinterachse
Typ	Continental Contract AC70	Continental Contract AC65
Größe	650/75 R32	540/65 R30
Luftdruck (Herstellervorgabe)	1,3 bar	1,6 bar

Einstellungen des Lenksystems	
Lenk-Aggressivität	30 %
Lenkwinkelsensor	Maximaler Lenkwinkel = 35°
P-Faktor	nicht anwendbar
Einlenkverhalten	50 %

Die Methode

Die Genauigkeit des automatischen Lenksystems wurde über Messung mit einem optischen Referenzsystem bestimmt. Ein Tachymeter folgt dabei automatisch einem an der Schneidwerksaufnahme des Häckslers befestigten Prisma und zeichnet die Messwerte auf. Der Testaufbau ist in Bild 2 dargestellt.

Die Messungen wurden auf dem Testgelände des DLG-Testzentrums Technik und Betriebsmittel in Groß-Umstadt (vgl. Bild 3) durchgeführt und von einem Mitarbeiter des Herstellers begleitet.

Alle Einstellungen wurden nach Herstellervorgaben vorgenommen. Folgende Messungen wurden durchgeführt:

A-B-Fahrt auf ebener Strecke mit 8 km/h beziehungsweise 15 km/h

Bei verschiedenen, praxisrelevanten Geschwindigkeiten wurde die Genauigkeit einer geraden Fahrt von einem Startpunkt A zu einem Endpunkt B auf der Ebene bestimmt. Zur Bestimmung des Langzeitverhaltens gegenüber der gespeicherten A-B-Referenzlinie wurde der

Test mit 8 kmh nach über 24 Stunden wiederholt. Der Betrag der Abweichung bezogen auf den Sollwert der Referenzfahrt wurde aus dem quadratischen Mittelwert von jeweils drei Messfahrten bestimmt. Die Darstellung erfolgte in Fehlerklassen von jeweils 1 cm und der daraus gebildeten 95 %-Summe der Fehlerklassen, das heißt 95 % aller Messwerte liegen innerhalb dieses Bereiches.

A-B-Fahrt auf einer Balkenstrecke mit 5 km/h

Das dynamische Verhalten des Lenksystems auf einer unebenen Strecke wurde auf einer Balkenstrecke nach 78/764/EWG-Norm zur Messung des Kabinen- und Sitzkomforts reproduzierbar simuliert (siehe Bild 4). Die branchenübliche Montage der GNSS-Antenne auf dem Kabinendach führt hierbei durch die unebene Strecke und die Kabinenfederung zu wechselnden seitlichen Abweichungen, die durch das Lenksystem korrigiert werden müssen.

A-B-Fahrt auf einer Neigungsstrecke mit 5 km/h

Zur Überprüfung des dynamischen Verhaltens beim Ein- und Ausfahren einer Neigungsstrecke von 25 cm Höhe (Bild 5) zeigt dieser Test auch die Wirksamkeit des integrierten Neigungsausgleichs.

A-B-Fahrt unter GNSS-Teilabschattung

(Teil-)Abschattung des GNSS-Signals tritt in der Praxis vor allem durch Bäume oder Gebäude auf. Im Test wird diese Situation durch Abdeckung des GNSS-Empfängers mit einer zu 50% mit Kupferfolie abgeschirmten Testhaube simuliert. Dabei wird das Verhalten des Systems, wie eine visuelle und akustische Rückmeldung dokumentiert. Ebenfalls wird vermerkt, falls unter diesen Bedingungen die Aktivierung der automatischen Lenkung und eine Fahrt z. B. unter verringerter Genauigkeit (Fall-Back-Option) möglich waren.



Bild 2: Messaufbau des optischen Referenzsystems

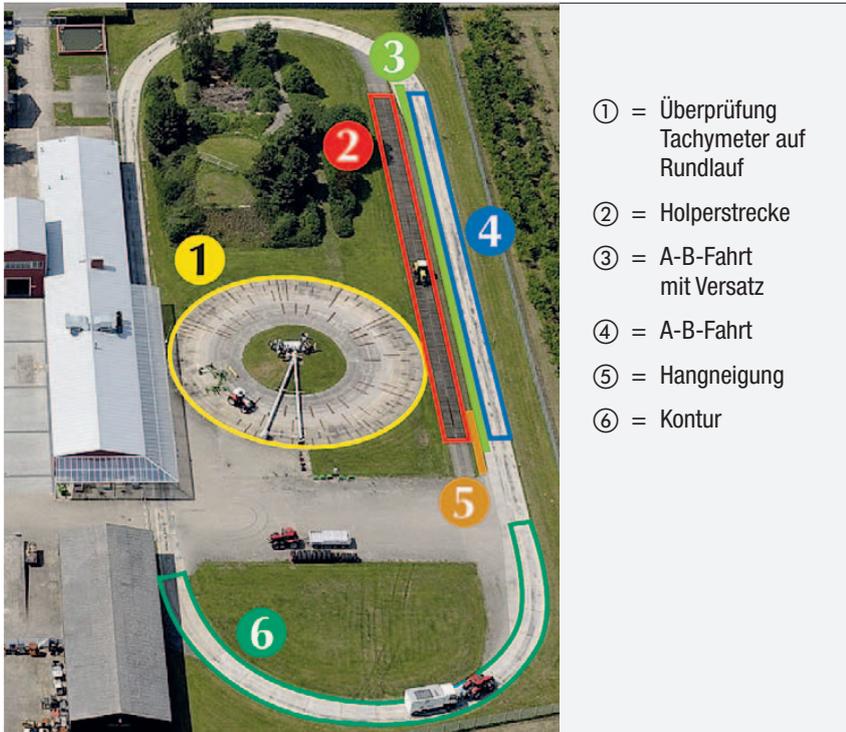


Bild 3: Mess-Strecken auf dem Testgelände

A-B-Fahrt unter Totalausfall des Korrektursignals

Zur Simulation eines Totalausfalls des Korrektursignals wurde die Funkantenne der lokal stationierten RTK-Station entfernt, bzw. zur Simulation der Signalwiederkehr wieder angebracht. Die RTK-Station blieb währenddessen eingeschaltet. Bei einer Mobilfunkverbindung wurde die Empfangs-Antenne entfernt.

Konturfahrt mit 5 km/h

Bei der Konturfahrt wird (entlang des Halbkreises der Teststrecke) eine Referenzlinie manuell abgefahren und vom Lenksystem aufgezeichnet. Die Abweichung der Fehlerklassen ist auf die Referenzfahrt bezogen.

Handhabung und Ergonomie

Im Bereich Handhabung und Ergonomie wurde zunächst die Bedienungsanleitung bzw. das im Terminal abrufbare Hilfesystem auf Vollständigkeit, Übersichtlichkeit und Verständlichkeit geprüft. Weitere Bedienhilfen wie eine Kurzbedienungsanleitung oder eine via Internet abrufbare Hilfe gehen ebenfalls in diese Bewertung mit ein. Hinzu kommt die Prüfung der Handhabung der Hilfsmöglichkeiten über zwei konkrete Fragestellungen. Dies war zum einen die Definition einer



*Bild 4:
Fahrt auf der Balkenstrecke am DLG-Testzentrum
Technik und Betriebsmittel*

A-B-Spur und zum zweiten die angebotene Hilfe zur „Fehlersuche bei Signalstörungen“. Die Handhabung des Systems selbst wurde über die Anzahl der Bedienungsschritte für das Einlernen (Teach-In) einer A-B-Strecke und der nachfolgenden Aktivierung der automatischen Lenkfunktion abgebildet.

Für die Praxis besonders wichtig sind die Lesbarkeit und Bedienung des Terminals am Tag und in der Nacht. Gerade Sonneneinstrahlung von hinten am Tag stellt den Bediener vor das Problem, die Anzeige durch Reflexion nicht erkennen und

ggf. Elemente auf einem Touchscreen nicht bedienen zu können. Nachts darf das Terminal nicht blenden bzw. den Fahrer ermüden.

Die Sicherheitseinrichtungen für ein automatisches Lenksystem werden im Wesentlichen in der ISO-Norm 10975 vorgegeben. So muss eine Fahrer-Präsenzprüfung beispielsweise über einen Sitzkontakt stattfinden, und die automatische Lenkung muss sich bei manuellem Eingriff oder Signalstörungen selbsttätig deaktivieren. Der Fahrer sollte über die Deaktivierung optisch oder akustisch informiert werden.



*Bild 5:
Fahrt auf der Neigungsstrecke, 25 cm hoch*

Die Testergebnisse im Detail

Wie das Beispiel der A-B-Fahrten mit 8 bzw. 15 km/h auf ebener Strecke in Bild 7 zeigt, wird die 95 %-Klasse der Abweichungen über die Häufigkeitsverteilung und die Abweichungsklasse bestimmt. Bei 8 km/h Fahrgeschwindigkeit erreichte das System in 95 % der Fälle eine Genauigkeit in der Klasse 5 cm, beim Langzeitversuch nach über 24 Stunden für ein mobilfunkbasiertes System gute 8 cm. Die weiteren Ergebnisse sind in Tabelle 3 bzw. Bild 7 und 8 zusammengefasst.

Die Darstellung der A-B-Fahrt auf der Neigungsstrecke mit 5 km/h (Bild 9) zeigt die Reaktion beim Hangausgleich. Der Versatz auf dem Plateau der Rampe betrug ca. 5-6 cm. Bei der Einfahrt auf die Rampe kam es zu kurzzeitigem Überschwingen im Bereich von etwa 14 cm, bei der Ausfahrt im Bereich von ca. 15 cm.

Zur Bestimmung der Genauigkeit bei einer Konturfahrt wurde eine Referenzlinie entlang des Halbkreises der Prüfbahn manuell abgefahren und vom Lenksystem aufgezeichnet. Die Abweichung in der Fehlerklasse ist auf die Referenzfahrt bezogen.

Die Abschattungs- und Ausfallversuche lieferten die in Tabelle 4 dargestellten Ergebnisse.

Zur Bewertung der Bedienungsanleitung und des Hilfesystems wurden die Lösungsvorschläge zu

Tabelle 3:
Erreichte Genauigkeitsklassen unter verschiedenen Testbedingungen

Testbedingung	95 %-Klasse
A-B-Fahrt auf ebener Strecke mit 8 km/h	5 cm
Langzeitgenauigkeit: Wiederholung nach >24h	8 cm
A-B-Fahrt auf ebener Strecke mit 15 km/h	7 cm
A-B-Fahrt auf der Balkenstrecke mit 5 km/h	6 cm
Konturfahrt mit 5 km/h	4 cm

zwei im Vorfeld festgelegten Problemstellungen ermittelt. Zunächst sollte eine A-B-Spur definiert werden. Die Beschreibung der Funktion „AB-Linie setzen“ ist gut auffindbar und verständlich. Die Bewertung liegt deshalb bei [+] = „Besser als der Standard“.

Als zweites wurden die Hinweise Fehlerbehebung bei auftretenden Signalstörungen des GNSS- oder Korrektursignals bewertet. Die Bedienungsanleitung enthält eine detaillierte Liste mit Fehlerzuständen, was zu einer Bewertung [+] = „Besser als der Standard“ führt.

Auch ein kontextbezogenes Hilfe- und Assistenzsystem ist positiv zu vermerken, so dass Bedienungsanleitung und Hilfesystem abschließend mit [+] = „Besser als der Standard“ bewertet wurden.

Bei der Handhabung des Systems konnte eine A-B-Strecke über vier Bedienschritte bei bereits angelegtem Auftrag bzw. sechs Schritte bei neuem Auftrag und somit [o] = „Standard“ eingelernt werden.



Bild 6:
Anzeige- und Bedienelemente

Die nachfolgende, einfache Aktivierung der automatischen Lenkfunktion geht sehr einfach über einen Freigabeschalter in der Armlehne und einen Tastendruck am Geräte-Joystick, was mit [+] = „Besser als der Standard“ bewertet wurde. Das System bietet einsteigerfreundliche Assistenten, jedoch ist der Zugriff auf die automatische Lenkfunktion nur nach Anlegen eines Auftrags möglich. Es ist aber bereits ein Standardauftrag angelegt und dieser kann ohne weitere Eingaben für die Lenkfunktionen genutzt werden. Das Gesamturteil in der Hand-

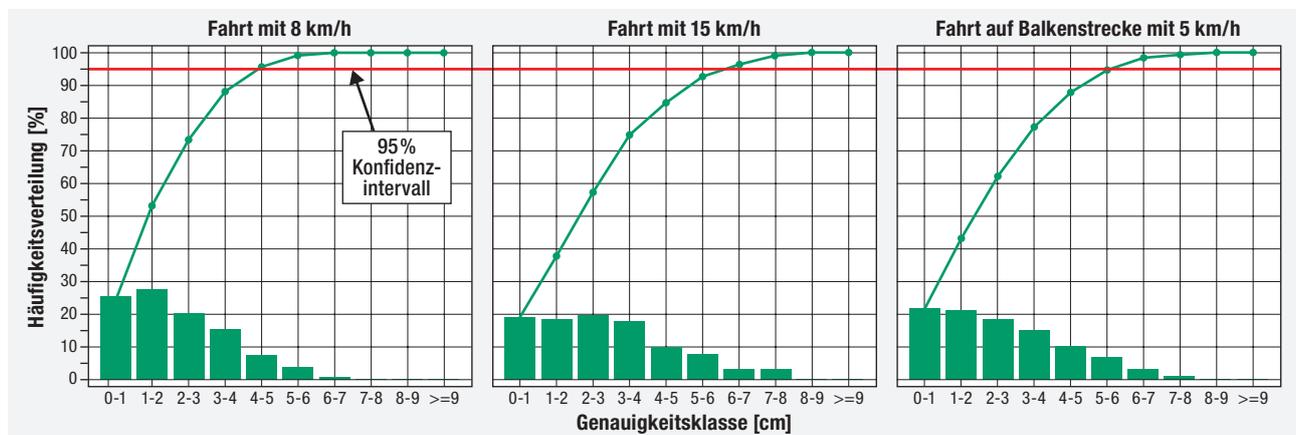


Bild 7:
Abweichungsraten (A-B-Fahrt auf ebener Strecke mit 8 bzw. 15 km/h und auf Balkenstrecke mit 5 km/h)

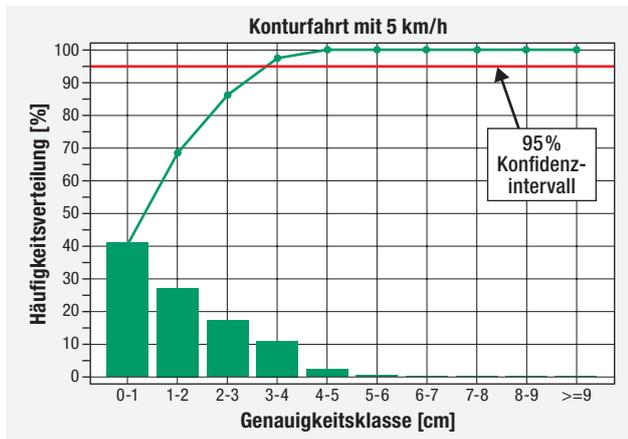


Bild 8:
Abweichungsraten (Konturfahrt mit 5 km/h)

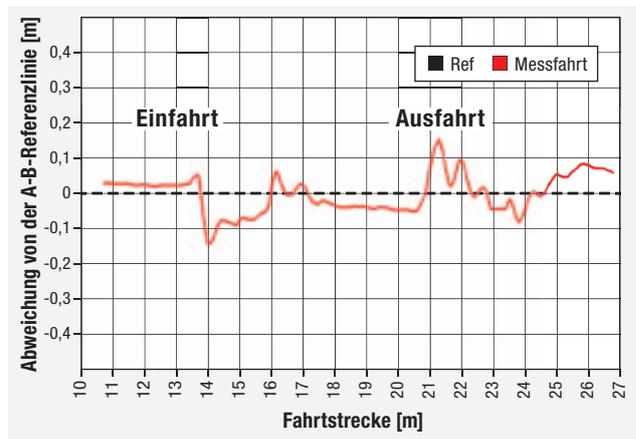


Bild 9:
Vergleich Referenz-/Messfahrt auf der Neigungstrecke

habung lautet somit [+] = „Besser als der Standard“.

Das 12" große Terminal ist beim Testgerät vibrationsarm am rechten Fensterholm befestigt, das Display ist in alle Richtungen verstellbar (beide Kriterien [+] = „Besser als der Standard“). Die Helligkeit kann automatisch über einen Lichtsensor angepasst oder manuell auf Tag- oder Nachtbetrieb umgeschaltet werden. Die Ablesbarkeit ist so am Tag und in der Nacht [+] = „Besser als der Standard“.

Das große Display bietet eine variable Anzeigenbelegung, das

Verschieben der Display-Fenster und einige Touchscreen Eingaben erfordern etwas Übung bei der Handhabung, was aber insgesamt zu einer Bewertung von Bedienelementen und Terminal mit [+] = „Besser als der Standard“ führt.

Bezüglich der Sicherheitseinrichtungen nach ISO 10975 (Safety requirements in tractors and machinery for agriculture – Auto guidance systems for operator controlled tractors and self-propelled machines) konnte das Topcon System 350 die Gesamtbewertung [+] = „Besser als der Standard“ er-

reichen. Die Anwesenheit eines Fahrers wird kontinuierlich überprüft und das automatische Lenksystem deaktiviert sich sofort, wenn der Fahrer manuell in die Lenkung eingreift. Gleiches gilt, wenn durch Signalstörungen im GNSS- oder Korrektursignal eine falsche Richtung möglich wäre, hier gibt es sogar gleichzeitige Warnmeldungen auf dem Krone- und Topcon-Display mit Signalton. Das Einschalten oder Aktivieren der automatischen Lenkung wird mit einem Hinweis auf dem Terminal quittiert.

Tabelle 4:
Ergebnisse und Bewertung der Abschattungs- und Ausfallversuche

GNSS-Teilabschattung		Bewertung
Zeit bis Reaktion	6 sec	Verhalten bei GNSS-Signal-Abschattung: [O]
Visuelle Rückmeldung	Bildschirm-Fehlermeldung	
Akustische Rückmeldung	Signalton	
Anmerkungen	In 2 von 4 Tests war eine längere Aktivierung der Lenkung möglich	
Totalausfall des Korrektursignals		Bewertung
Zeit bis Reaktion bei Signalausfall	60 sec	Korrektursignal-Ausfall: [O]
Zeit bis Reaktion bei Signalwiederkehr	25-45 sec	
Visuelle Rückmeldung	Ausfall: Bildschirm-Fehlermeldung Wiederkehr: Bildschirm-Icon	
Akustische Rückmeldung	Signalton	
Anmerkungen	(keine)	

Fazit

Die Prüfkriterien des DLG-Fokus-Tests „Automatische Lenksysteme“ bewerten die prinzipielle Funktion eines Systems sowie die oben de-

tailliert dargestellten Abweichungen von der Ideallinie. Auf einem Krone Big X 700 stellt das Topcon System 350 ein automatisches Lenksystem

absolut auf der Höhe der Zeit dar und kann für den Einsatz in landwirtschaftlichen Maschinen und Traktoren empfohlen werden.

Weitere Informationen

Weitere Tests zu automatischen Lenksystemen können unter www.dlg-test.de/lenksysteme heruntergeladen werden. Der DLG-Fachausschuss für Arbeitswirtschaft und Prozesstechnik hat zum Thema „Automatische Lenksysteme“ zwei Merkblätter mit dem Titel „GPS in der Landwirtschaft“ (Merkblatt 316) bzw. „Satellitenortungssysteme“ (Merkblatt 388) herausgegeben. Diese sind kostenfrei unter www.dlg.org/merkblaetter.html im PDF-Format erhältlich.

Prüfungsdurchführung

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

DLG-Prüfrahmen

FokusTest
„Automatische Lenksysteme“
(Stand 03/2013)

Fachgebiet

Fahrzeugtechnik

Projektleiter

Dipl.-Ing. Andreas Ai

Prüfingenieur(e)

Dipl.-Ing. Jürgen Goldmann

Dipl.-Ing. Andreas Horn

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.

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 Network for Testing of Agricultural Machines 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



13-00421-3
© 2013 DLG



DLG e.V.

Testzentrum Technik und Betriebsmittel

Max-Eyth-Weg 1, 64823 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!