

DLG-Prüfbericht 6163 F

Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH

Trimble Autopilot

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 Prüfrahmen 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 Trimble bietet in Verbindung mit einer lokalen RTK-Station eine Systemgenauigkeit im Bereich von 5-7 cm.

Das System zeigte eine hohe Verfügbarkeit des GNSS-Signals, da neben dem GPS-System auch die GLONASS-Satelliten genutzt werden.

In Verbindung mit dem über Satellit übertragenen Korrektursignal stellt die „xFill“ Funktion eine hohe Verfügbarkeit des Korrektursignals her. Die Langzeitgenauigkeit des Systems ist bei Einsatz einer stationären RTK-Station sehr gut.

Tabelle 1:
Ergebnisse im Überblick

Lenkgenauigkeit	95%-Klasse *
Ebene 8 km/h	5 cm
Ebene 15 km/h	6 cm
Balkenstrecke 5 km/h	6 cm
Kontur 5 km/h	6 cm
Ebene 8 km/h Langzeittest	5 cm
Signalverhalten	Bewertung
Verhalten bei Teilabschattung	[++]
Verhalten bei Korrektursignalausfall	[++]
Handhabung/Ergonomie	Bewertung
Bedienungsanleitung / Hilfesystem	[o]
Bedienung	[o]
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: Trimble
Produkt: Autopilot
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 des Trimble Lenksystems Autopilot wurde das System 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	Trimble Autopilot	
GNSS Empfänger (inkl. Antenne)	Display: CFX 750, Antenne: AG-25	
GNSS-Satelliten-Empfang	GPS, GLONASS (kostenfrei)	
Korrektursignal-System	lokale RTK-Station, xFill Technologie (Backup-System nach RTK-Ausfall)	
Korrektursignal-Übertragungsweg	Funk (lokal) bzw. Satellit (xFill)	
Korrektursignal-Typ	RTK-Station Trimble AG GPS 542	
Signalgenauigkeit	± 2,5 cm (RTK local)	
Technische Daten des Feldhäckslers		
Hersteller	Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH	
Typ	Big X 700	
Leistung (ECE R120)	570 kW MAX	
Max. Geschwindigkeit	40 km/h	
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	75	
Lenkwinkelsensor	nicht anwendbar	
P-Faktor	nicht anwendbar	
Einlenkverhalten	nicht anwendbar	

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 km/h 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

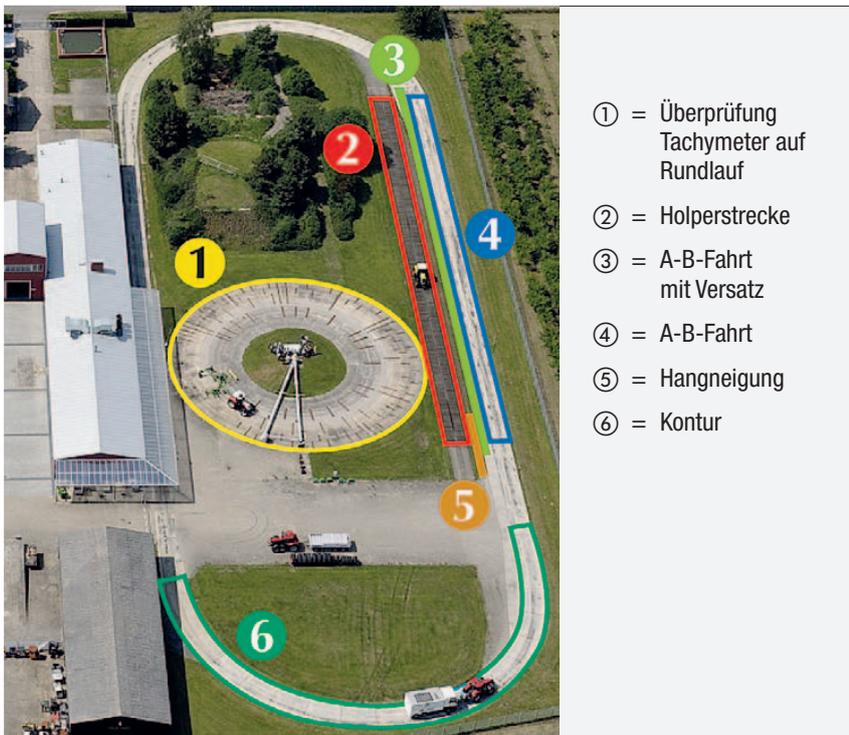
Zur Überprüfung des dynamischen Verhaltens beim Ein- und Ausfahren einer Neigungsstrecke von 25 cm Höhe (Bild 5) zeigt dieser Test auch die Wirksamkeit des integrierten Neigungsausgleichs.

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



- ① = Überprüfung Tachymeter auf Rundlauf
- ② = Holperstrecke
- ③ = A-B-Fahrt mit Versatz
- ④ = A-B-Fahrt
- ⑤ = Hangneigung
- ⑥ = Kontur

Bild 3: Mess-Strecken auf dem Testgelände



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

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 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 Bedie-

ner 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:
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, gleiches gilt für den Langzeitversuch nach über 24 Stunden. 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. 10-14 cm. Bei der Einfahrt auf die Rampe kam es zu kurzzeitigem Überspringen im Bereich von etwa 17 cm, bei der Ausfahrt im Bereich von ca. 20 cm. Nach Ausfahrt zeigte sich in der Ebene kurzfristig eine größere Abweichung von der AB-Referenz von 10-20 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 (Bild 8) ist auf die Referenzfahrt bezogen.

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

Zur Bewertung der Bedienungsanleitung und des Hilfesystems

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	5 cm
A-B-Fahrt auf ebener Strecke mit 15 km/h	6 cm
A-B-Fahrt auf der Balkenstrecke mit 5 km/h	6 cm
Konturfahrt mit 5 km/h	6 cm

wurden die Lösungsvorschläge zu zwei im Vorfeld festgelegten Problemstellungen ermittelt. Zunächst sollte eine A-B-Spur definiert werden. In der zusätzlichen Kurzbedienungsanleitung findet sich dazu eine gute Beschreibung. In der Hauptbedienungsanleitung ist diese Funktionsbeschreibung nur schwer zu finden, da alle Gerätevarianten in einer Bedienungsanleitung zusammengefasst sind. Die Bewertung liegt deshalb bei [o] = „Standard“.

Als zweites wurden die Hinweise Fehlerbehebung bei auftretenden Signalstörungen des GNSS- oder Korrektursignals bewertet. Die Hauptbedienungsanleitung enthält hierzu keine Übersicht, was zu einer Bewertung [-] = „Schlechter als der Standard“ führt. Die Ergänzung einer Kurzbedienungsanleitung sowie eines Schnellstart-Assistenten zum Abspeichern von wiederkehrenden Bediensritten ist positiv zu vermerken, so dass Bedienungsanleitung und Hilfesystem abschließend mit [o] = „Standard“ bewertet wurden.



Bild 6:
Anzeige- und Bedienelemente

Bei der Handhabung des Systems konnte eine A-B-Strecke über sieben bis acht Bedienschritte und somit [-] = „Schlechter als der Standard“ eingelernt werden. 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 Gesamturteil in der Handhabung lautet somit [o] = „Standard“.

Das 8th-Terminal ist beim Testgerät vibrationsarm am rechten Vorder-

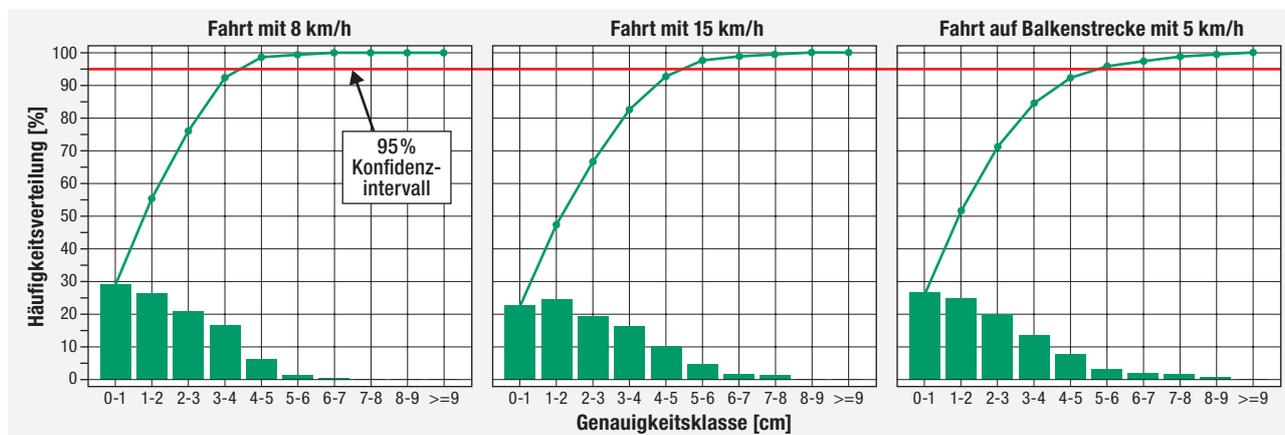


Bild 7:
Abweichungsraten (A-B-Fahrt auf ebener Strecke mit 8 bzw. 15 km/h und auf Balkenstrecke mit 5 km/h)

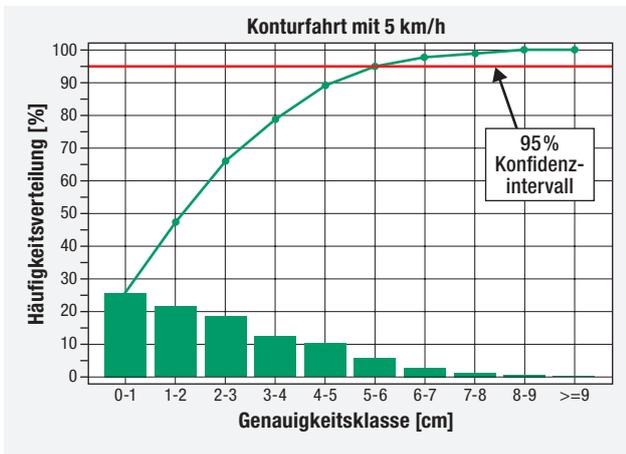


Bild 8:
Abweichungsraten (Konturfahrt mit 5 km/h)

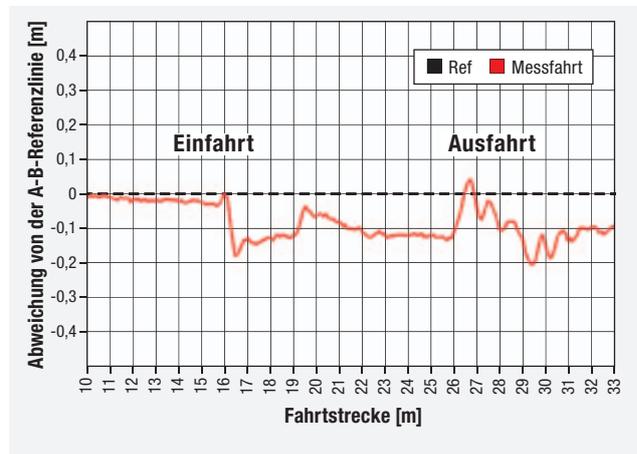


Bild 9:
Vergleich Referenz-/Messfahrt auf der Neigungsstrecke

holm befestigt, das Display ist in alle Richtungen verstellbar (beide Kriterien [+] = „Besser als der Standard“). Die Helligkeit kann manuell angepasst werden, die Ablesbarkeit ist so am Tag und in der Nacht gut ([o] = Standard), was zu einer Gesamtbewertung von Bedienelementen und Terminal aber 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 der Trimble Autopilot die Gesamtbewertung [+] = „Besser als der Standard“ erreichen. 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 Trimble-Display mit Signalton.

erlich 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 Trimble-Display mit Signalton.

Tabelle 4:
Ergebnisse und Bewertung der Abschattungs- und Ausfallversuche

GNSS-Teilabschattung		Bewertung
Zeit bis Reaktion	5 sec, Signalwiederkehr nach Totalabschattung	Verhalten bei GNSS-Signal-Abschattung: [++]
Visuelle Rückmeldung	Bildschirm-Fehlermeldung	
Akustische Rückmeldung	Signalton	
Anmerkungen	Durchgehende Aktivierung bei Teilabschattung	
Totalausfall des Korrektursignals		Bewertung
Zeit bis Reaktion bei Signalausfall	nach 5 sec Umschaltung von RTK auf xFill, nach 20 min Umschaltung auf EGNOS (danach Abschaltung der Lenkfunktion ohne Änderung der Grundkonfiguration)	Korrektursignal-Ausfall: [++]
Zeit bis Reaktion bei Signalwiederkehr	5 sec, Signalwiederkehr nach Totalabschattung	
Visuelle Rückmeldung	Ausfall: Bildschirm-Fehlermeldung Wiederkehr: Bildschirm-Icon zusätzliche Warnmeldung nach 15 min bei xFill	
Akustische Rückmeldung	Signalton	
Anmerkungen	6 cm Genauigkeit bei 8 km/h (Fehlerklasse 95 % Summe) nach 5 Minuten xFill-Betrieb	

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 der Trimble Autopilot 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 Fachaustellungen 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



13-00421-1
© 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/!