Fakultät Agrarwissenschaften

Institut für Agrartechnik
Universität Hohenheim
Grundlagen der Agrartechnik
Prof. Dr.-Ing. S. Böttinger

**Einfluss der Hangneigung auf die Leistungsfähigkeit
von Reinigungsanlagen im Mähdrescher**

Dissertation zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Agrarwissenschaften

vorgelegt der Fakultät Agrarwissenschaften

von Lars Fliege
aus Weimar / Thüringen

2010

Datum der mündlichen Prüfung: 22.12.2010

Dekan Prof. Dr. Joachim Sauerborn

Betreuer Prof. Dr. Ing. Stefan Böttinger

Mitberichter Prof. Dr. Roland Gerhards

Lars Fliege

**Einfluss der Hangneigung auf
die Leistungsfähigkeit von
Reinigungsanlagen im Mähdrescher**

D 100 (Diss. Universität Hohenheim)

**Shaker Verlag
Aachen 2011**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Hohenheim, Univ., Diss., 2010

Copyright Shaker Verlag 2011

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-0059-7

ISSN 0931-6264

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

VORWORT

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Zeit als externer Doktorand am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim parallel zur Tätigkeit in der Agrargesellschaft Pfiffelbach.

Die Arbeit wurde von Herrn Prof. Dr. Ing. Stefan Böttinger angeregt und wissenschaftlich betreut. Für die sehr zuvorkommende und vertrauensvolle Integration in ein kompetentes Mitarbeiterteam und die Förderung der selbständigen wissenschaftlichen Tätigkeit möchte ich mich ebenso herzlich bedanken wie für die zahlreichen interessanten Gespräche.

Herrn Prof. Dr. Roland Gerhards danke ich für die Durchsicht der Arbeit und die Übernahme des Mitberichts. Der Agrargesellschaft Pfiffelbach möchte ich für die Bereitstellung der Großmaschinen und für die Freiräume danken, die eine wissenschaftliche Bearbeitung des Themas ermöglichten.

Bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts bedanke ich mich ganz herzlich für die konstruktive Zusammenarbeit. Besonderer Dank gilt dabei Frau Elke Wörner und den Herren Dr. agr. Peter Wacker, Dipl.-Ing. Hendrik Schulze-Zumkley, M. Sc. Christian Thullner, Dipl.-Ing. Michael Schwarz sowie Markus Ströbel für die vielfältigen Anregungen und die tatkräftige Unterstützung in jeder Hinsicht.

Danken möchte ich auch meinen Eltern, die mir diesen Weg ermöglichten. Die Arbeit ist meiner Ehefrau Tina und unseren beiden Töchtern Julia und Lena gewidmet. Ohne das Verständnis und die Unterstützung der ganzen Familie während der gesamten Dauer des Projektes wäre die Dissertation nicht entstanden.

Hardisleben, im März 2011

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
2	HANGNEIGUNG.....	4
2.1	Erhebung von Hangneigungsdaten.....	5
2.1.1	CORINE Land Cover	6
2.1.2	SRTM.....	7
2.2	Hangneigungsverteilung	8
3	MÄHDRESCHERREINIGUNGSANLAGEN	10
3.1	Aufbau und Wirkungsweise von Reinigungsanlagen	10
3.2	Trennprozess	12
3.3	Abscheideverhalten von Reinigungsanlagen	15
3.4	Leistungsfähigkeit von Reinigungsanlagen	17
3.4.1	Verlustverhalten	17
3.4.2	Reinheit des Siebdurchganges	19
3.5	Konstruktive Ausführungen von Reinigungsanlagen.....	20
3.6	Verhalten von Reinigungsanlagen am Hang.....	21
3.6.1	Prozesse bei variabler Seitenneigung.....	22
3.6.2	Prozesse bei variabler Längsneigung.....	23
3.6.2.1	Siebgeometrie.....	25
3.6.3	Quantifizierung hangbedingter Reinigungsverluste	27
3.7	Reinigungsanlagen mit Hanganpassung.....	29
3.8	Lagegeregelte Mähdrescher	31
3.8.1	Messeinrichtungen zur Bestimmung der Hangneigung.....	31
3.8.2	Mechanik des Hangausgleiches	33
4	UNTERSUCHUNGEN ZUM HANGEINFLUSS	35
4.1	Aufbau und Funktion der verwendeten Maschinen und Messeinrichtungen	37
4.1.1	Elektronisches Netzwerk.....	37
4.1.2	Reinigungsanlage	38
4.1.3	Geschwindigkeitsmessung	40
4.1.4	Ertragsmessung.....	41
4.1.5	Neigungsmessung.....	43
4.1.6	Kornverlustmessung	44
4.1.6.1	Messung der Reinigungsverluste.....	44
4.1.6.2	Messung der Abscheideverluste.....	48
4.1.7	Positionsbestimmung.....	49
4.2	Datenmanagement.....	53
4.2.1	CAN-BUS.....	54
4.2.2	Module	55

4.2.3	CEBIS.....	56
4.2.4	Teleservice Datalogger.....	57
4.2.5	Externe Datenverarbeitung.....	60
4.3	Versuchsstandorte und Versuchsbedingungen	61
4.4	Datenaufbereitung	65
4.4.1	Hangneigung	66
4.4.2	Fahrgeschwindigkeit.....	70
4.4.2.1	GPS Geschwindigkeit.....	70
4.4.2.2	Differenzgeschwindigkeit.....	73
4.4.2.3	Kräfteverschiebung am Hang	76
4.4.3	Durchsatz und Ertrag.....	77
4.4.3.1	Zeitversatz	77
4.4.3.2	Geschwindigkeit	78
4.4.3.3	Hangneigung	79
4.4.4	Reinigungsverluste	83
4.4.5	Abscheideverluste	86
4.5	Versuchsergebnisse	86
4.5.1	Durchsatz und Ertrag am Hang	87
4.5.2	Durchsatz/ Verlustbeziehung.....	89
4.5.3	Abscheideverluste am Hang.....	97
4.5.4	Reinigungsverluste am Hang.....	99
4.5.4.1	Winterweizen	99
4.5.4.2	Sommergerste	110
4.5.5	Dynamische Prozesse beim Wenden am Hang	113
4.5.6	Teilflächenspezifische Untersuchungen	116
4.5.7	Reinheit des Siebdurchganges am Hang	121
4.5.8	Untersuchungen großkörniger Leguminosen.....	122
4.6	Bewertung der Versuche/ Fehlerbetrachtung	125
5	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK	127
6	ZUSAMMENFASSUNG	129
7	SUMMARY	132
8	LITERATUR	135

FORMELZEICHEN

A	ha	Fläche
$\dot{A}$	ha/h	Flächenleistung
A_S	mm ²	lichte Sieböffnung einer Lamelle
A_V	digit	Abscheideverluste
a	m	Schwingungsamplitude
a_x		Regressionskonstante
Δa	m	Ost-West Entfernung zwischen zwei GPS Punkten
B	MBit/s	Datenübertragungsrate
B_K	%	Anteil Bruchkorn
B_{eff}	m	effektive Schnittbreite des Schneidwerkes
b	m	Strecke
b_n	m/s ²	Beschleunigungskomponente vertikal zum Sieb
b_S	m	Abstand zwischen der Hinterachse und dem Schwerpunkt des Mähdreschers
b_x		Regressionskonstante
C	F	Elektrische Kapazität
c	m	Abstand zwischen Vorderachse und Schwerpunkt des Schneidwerkes
c_x		Regressionskonstante
Δc	m	Nord-Süd Entfernung zwischen zwei GPS Punkten
d_K	m	Korndurchmesser
E	t/ha	Kornertrag
F_G	N	Gewichtskraft Mähdrescher
F_H	N	Hangabtriebskraft Mähdrescher
F_N	N	Normalkraft Mähdrescher
F_{R_v}	-	Wurfkennzahl
F_{SW}	N	Gewichtskraft Schneidwerk
F_V	N	Stützkraft Vorderachse
f	-	Abplattung des WGS 84 Ellipsoids
f_{opt}	1/s	optimale Erregerfrequenz

G	S	Elektrischer Leitwert
n_G	1/min	Gebläsedrehzahl
g	m/s ²	Erdbeschleunigung
h	m	Strecke
h_a	m	Hauptachse des WGS 84 Ellipsoids
h_b	m	Hauptachse des WGS 84 Ellipsoids
hn	%	Hangneigung
hn_l	%	Längsneigung
$hn_{l\text{gem}}$	%	gemessene Längsneigung
hn_q	%	Querneigung
h_S	m	Höhe von S_{MD} über dem Boden
h_{SW}	m	Höhe von S_{SW} über dem Boden
Δh	m	Höhenunterschied zwischen zwei GPS Punkten
K_a	kg	Masse der abgetrennten Körner (Sieb)
K_F	%	Kornfeuchte
K_g	kg	Masse aller Körner (vor der Reinigung)
K_{na}	kg	Masse nicht abgetrennter Körner (Sieb)
l	m	Länge
l_A	m	Achsabstand
lat	°	latitude; Geographische Breite
l_O	m	Sieböffnungsweite
lon	°	longitude; Geographische Länge
M_{NKBa}	kg	Masse der abgetrennten NKB (Sieb)
m	kg	Masse
$\dot{m}_k$	kg/s	Kornmassendurchsatz
$\dot{m}_{kroh}$	t/h	Kornmassendurchsatz – Rohmesswert
P_D	%	kumulierte Verteilung der landwirtschaftlich genutzten Fläche Deutschlands
P_V	%	kumulierte Verteilung der Versuchsflächen über der Hangneigung
P_{mK}	%	Häufigkeitsverteilung der Messpunkte über dem Korndurchsatz
P_q	%	Häufigkeitsverteilung der Messpunkte über den

		Reinigungsverlusten
p	%	Steigungsprozente
R	%	Kornrest
R_a	%	Reinheit des Siebdurchganges
R_V	digit	Reinigungsverluste
$R(l)$	kg/s.m	Restkornfunktion
S	-	Steigungsverhältnis
S_{MD}	-	Schwerpunkt des Mähdeschers
S_p	mm	Siebspalt
S_{SW}	-	Schwerpunkt des Schneidwerkes
S_{level}	m	Strecke auf idealisierter ebener Erdoberfläche
S_{slope}	m	an die Topographie angepasste Strecke
t	s	Zeit
Δt	s	Zeitunterschied
U	V	elektrische Spannung
v	km/h	Fahrgeschwindigkeit
v_F	m/s	Fördergeschwindigkeit
v_{GPS}	km/h	berechnete GPS Geschwindigkeit
V_K	%	Kornverlust
V_{Km}	t/h	Kornmassenverlust
V_R	%	Kornverluste der Reinigungsanlage
v_{VA}	km/h	kartierte Geschwindigkeit (Vorderachssensor)
Δv	%	Differenzgeschwindigkeit
w	m/s	Luftgeschwindigkeit
x	km/°	Abstand zwischen Längskreisen
$x_{1,2}$	t/h	Korrekturfaktoren für die Längsneigung
$y_{1,2}$	t/h	Korrekturfaktoren für die Querneigung
Z	kg/s.m ²	Kornabscheidung
$Z(l)$	kg/s.m	Abscheidefunktion
α	°	Steigungswinkel
ξ	m	Partikelweg während einer Schwingungsperiode
ω	1/s	Winkelgeschwindigkeit des Kurbelantriebs

INDIZES

<i>0</i>	Anfang
<i>a</i>	absolut
<i>ber</i>	berechnet
<i>d</i>	durchsatzbezogen
<i>dig</i>	digit
<i>E</i>	Ende
<i>e</i>	ertragsbezogen
<i>ges</i>	gesamt
<i>kart</i>	kartiert
<i>korr</i>	korrigiert
<i>max</i>	maximal
<i>n</i>	variable Längenkoordinate des Siebes
<i>ref</i>	Referenz

ABKÜRZUNGEN

APL	Modul Claas Autopilot
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
ATKIS	Amtliches Topographisch- Kartographisches Informationssystem
A/D	analog/digital
BUS	Binary Unit System
CAB	Modul CAN-Bridge Bordinformatior
CAC	Modul Claas Auto-Contour
CAN	Controller Area Network
CEBIS	Claas-Elektronisches-Bord-Informationen-System
CF	Compact Flash - Schnittstellenstandard für Speichermedien
CNH	Case New Holland
CORINE	Coordinated Information on the European Environment

DDR	Deutsche Demokratische Republik
DGPS	Differential Global Positioning System
DKG	Modul Durchsatzkontrolle
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
DZW	Modul Drehzahlwächter
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
EHS	Modul Elektro-hydraulische Schaltung
EIA	Electronic Industries Alliance
EU	Europäische Union
GIS	Geographisches Informationssystem
GGA	Bezeichnung eines Datensatzformates der NMEA
GPS	Global Positioning System
HAS	Modul Haspelregelung
HDOP	horizontal Dilution of Precision
HN	Hangneigung
LCD	Liquid Crystal Display
LEM	Modul Lichtschranken-Ertragsmessung
MD	Mähdrescher
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NAVSTAR GPS	Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System
NKB	Nicht-Korn-Bestandteile
NMEA	National Marine Electronics Association
PC	Personal Computer
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association
RIO Rotor	Modul Remote Input Output Rotor
RIO Sieb	Modul Remote Input Output Sieb
RS	Recommended Standard
SIR-C/X-SAR	Spaceborne Imaging Radar-C/X-band Synthetic Aperture Radar
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission

UTC	Universal Time Coordinated
VAR	Modul Varioschneidwerk
VGS	Modul Verteilergebläse
WGS84	World Geodetic System 1984
*.csv	Comma Separated Value – Dateiformat
*.dll	Dynamic Link Library – Dateiformat
*.xml	Extensible Mark-up Language – Dateiformat
*.zip	Dateiformat