



### Entwicklung eines Frühwarnsystems zur Lahmheitsdetektion bei Milchkühen anhand sensorgestützt erfasster Leistungs- und Verhaltensparameter

Prof. Dr. Engel Hessel  
Abteilung Verfahrenstechnik in der Veredelungswirtschaft,  
Department für Nutztierwissenschaften  
Georg-August Universität Göttingen



Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 1



### Einleitung

- Lahmheiten gehören neben Eutererkrankungen und Fruchtbarkeitsstörungen zu den größten Problemen in der modernen Milchviehhaltung [ADR, 2012]
- In 90 % ist die Ursache eine Erkrankung der Klaue oder der klauennahen Haut [MÜLLING UND LISCHER, 2002]
- Erkrankungsraten von bis zu 70 % in der Literatur beschrieben [GREEN ET AL., 2002]
- Neben starken Schmerzen kommt es auch zu beachtlichen Auswirkungen auf die Leistungen der Kuh [ETTEMA UND ØSTERGAARD, 2006]
  - Rückgang in der Milchleistung [J.A. BABELLE ET AL., 2003]
  - Verschlechterte Fruchtbarkeit [J.A. HERNANDEZ ET AL., 2001]
  - Begünstigung anderer Produktionskrankheiten [J.A. ORGEL, 2010]
  - Höheres Abgangsrisiko [BOOTH ET AL., 2004]
  - Hohe Kosten [BRUUNS ET AL., 2010]



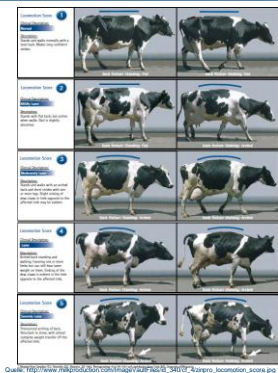
Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 2



### Möglichkeiten zur Lahmheitsdetektion

- visuell durch den Landwirt
  - Locomotion Scoring nach SPRECHER ET AL. [1997]



Quelle: [http://www.fra-prod.cab.int/colibri/mage/2016/03/30/01\\_bonpre\\_locomotion\\_score.jpg](http://www.fra-prod.cab.int/colibri/mage/2016/03/30/01_bonpre_locomotion_score.jpg)

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 3

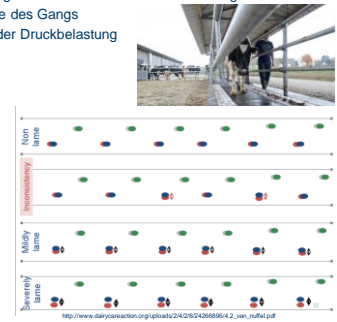


### Möglichkeiten zur Lahmheitsdetektion

- automatisiert durch Technologien des Precision Livestock Farmings
  - automatische Bildanalyse des Gangs
  - automatische Messung der Druckbelastung oder Schrittlänge



Quelle: [http://www.merck.com/resources/images/00000111\\_01\\_06.jpg](http://www.merck.com/resources/images/00000111_01_06.jpg)



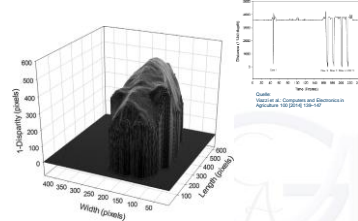
[http://www.dairyresearch.org/pubs/214262-423838/4.2\\_vor\\_naf01.pdf](http://www.dairyresearch.org/pubs/214262-423838/4.2_vor_naf01.pdf)

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

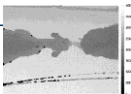


### Möglichkeiten zur Lahmheitsdetektion

- automatisiert durch Technologien des Precision Livestock Farmings
  - automatische Messung der Rückenkrümmung



Problem: Kühe müssen bereits lahm sein, damit Veränderungen erkannt werden können!



Quelle: [http://www.dairyresearch.org/pubs/214262-423838/4.2\\_vor\\_naf01.pdf](http://www.dairyresearch.org/pubs/214262-423838/4.2_vor_naf01.pdf)

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 5



### Zielsetzung

- Ansatz: Lahmheiten verursachen Veränderungen im Verhalten → Erkennung durch vorhandene Monitoring-Instrumente
- Vorteil → auch schon vor Sichtbarwerden der Lahmheit
  - Aktivität nimmt schon 7-10 Tage vor Auftreten ab [MAZIER ET AL., 2006]
  - 14 Tage davor beginnende Veränderungen in den Parametern Milchmenge, Betreten des Melkstands, Körpergewicht sowie Aktivitäts- und Liegeverhalten [KAMPHUIS ET AL., 2013; HESSEL ET AL., 2013]
- Ziel dieser Studie:
  - Entwicklung eines Schemas zur Früherkennung von Lahmheiten anhand der Veränderungen verschiedener sensorgestützt erfasster Parameter



Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik



**Material und Methoden - Datenerhebung**



- Daten eines niedersächsischen Milchviehbetriebs
- seit 2010 Nutzung der FULLEXPERT®-Herdenmanagementsoftware und des Differenzial Präzisions-Pedometers (DPP) der Firma LEMMER-FULLWOOD
- Rückwirkende Laktationsdaten der ausgewählten Tiere
- Betrachtete sensorgestützt erfasste Parameter:
  - Aktivität (*durchschnittliche Schrittzahl pro Stunde*)
  - Liegedauer pro Hinlege-Ereignis (*durchschnittliche Dauer eines Hinlege-Ereignis*)
  - Gesamtliegedauer (*Produkt aus der Anzahl Hinlege-Ereignisse und der Liegedauer pro Hinlege-Ereignis*)
  - Milchmenge (*als aufsummierter Tageswert in kg*)



Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 7



**1. Fragestellung**

Zeigen lahm Kühe eine typische Veränderung der Aktivitäts- und Liegedaten vor und nach Lahmheitsbehandlung ?

Studie von Higginson et al. (2011):  
Fragestellung: Beeinflussung des Aktivitäts- und Liegeverhaltens durch Lahmheit (Mortellaro)?

Periode 1 (vor Lahmheitsdetektion/-behandlung)  
Periode 2 (nach Lahmheitsdetektion/-behandlung)

Ergebnis: Vor Lahmheit signifikant weniger aktiv, Liegeparameter keine Signifikanz

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 8



1. Fragestellung – Zeigen lahm Kühe eine typische Veränderung der Aktivitäts- und Liegedaten vor und nach Lahmheitsbehandlung?

**Einfluss von Mortellaro auf die Aktivität (Schritte/Std.), n=12 Tiere**

Kuh Nr.	Aktivität (Schritte/Std.)						Δ	p-Wert
	1. Periode			2. Periode				
	MW	SD	CV <sub>%</sub>	MW	SD	CV <sub>%</sub>		
77	196.3	±43.4	21.8	154.7	±24.7	16.0	↓	0.04
20	161.7	±20.2	12.5	141.4	±23.5	16.6	↓	0.11
65	111.6	±32.6	29.2	85.3	±25.4	30.9	↓	0.12
86	149.7	±27.3	18.2	133.6	±14.1	10.6	↓	0.19
81	199.9	±11.5	5.8	185.0	±33.1	17.9	↓	0.28
942	200.1	±17.5	8.7	190.7	±25.4	13.3	↓	0.43
950	295.4	±76.0	25.7	278.7	±17.7	6.4	↓	0.58
923	176.6	±18.6	10.5	171.9	±32.6	19.0	↓	0.74
975	152.0	±6.9	4.5	155.9	±12.3	7.9	↑	0.48
121	122.6	±17.4	14.2	127.9	±14.9	11.6	↑	0.55
69	123.9	±28.8	23.2	131.3	±19.0	14.5	↑	0.58
139	120.0	±15.4	12.8	121.0	±10.4	8.6	↑	0.89

66.67 % (n=8) vor Lahmheit aktiver

33.33 % (n=4) vor Lahmheit weniger aktiv

nur ein signifikanter Unterschied!

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 9



1. Fragestellung – Zeigen lahm Kühe eine typische Veränderung der Aktivitäts- und Liegedaten vor und nach Lahmheitsbehandlung?

**Einfluss von Mortellaro auf die Liegedauer/Hinlegeereignis (min), n=12 Tiere**

Kuh Nr.	Liegedauer (min./Hinlegeereignis)						Δ	p-Wert
	1. Periode			2. Periode				
	MW	SD	CV <sub>%</sub>	MW	SD	CV <sub>%</sub>		
923	39.7	±6.2	15.6	52.6	±11.2	21.3	↑	0.02
77	81.6	±29.5	36.2	110.3	±30.8	27.9	↑	0.10
81	126.1	±29.7	23.6	166.1	±59.8	35.9	↑	0.14
121	75.3	±29.6	39.3	94.3	±17.0	18.0	↑	0.17
975	48.4	±4.8	9.9	55.1	±12.1	22.0	↑	0.20
942	40.1	±16.1	40.3	42.3	±13.3	31.4	↑	0.79
69	105.0	±12.3	11.7	77.3	±16.7	21.6	↓	0.004
86	103.0	±14.9	14.5	84.7	±25.1	29.6	↓	0.12
139	97.1	±23.0	23.7	77.4	±21.1	27.3	↓	0.12
950	38.1	±7.4	19.4	32.3	±5.7	17.6	↓	0.12
65	171.3	±92.3	53.9	139.7	±50.2	36.1	↓	0.44
20	119.7	±65.1	54.4	102.6	±26.0	25.3	↓	0.53

50% (n=6) geringeres Liegedauer vor Lahmheit

50% (n=6) höhere Liegedauer vor Lahmheit

in beiden Bereichen signifikante Unterschiede!

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 10



1. Fragestellung – Zeigen lahm Kühe eine typische Veränderung der Aktivitäts- und Liegedaten vor und nach Lahmheitsbehandlung?

**Einfluss von Mortellaro auf die Gesamtliegezeit/Tag (min), n=12 Tiere**

Kuh Nr.	Liegezeit (min./Tag)						Δ	p-Wert
	1. Periode			2. Periode				
	MW	SD	CV <sub>%</sub>	MW	SD	CV <sub>%</sub>		
950	447.0	±84.1	18.8	363.0	±42.1	11.6	↓	0.04
69	642.0	±49.6	7.7	576.4	±92.8	16.1	↓	0.13
139	748.7	±40.8	5.2	767.6	±37.1	4.8	↓	0.43
975	594.0	±43.1	7.3	581.6	±43.9	7.5	↓	0.60
81	327.4	±88.3	23.7	330.0	±216.7	65.7	↑	0.64
86	678.9	±111.0	16.3	666.0	±150.8	22.6	↓	0.86
942	476.6	±93.2	19.6	474.4	±70.1	14.8	↓	0.88
65	338.1	±216.7	64.1	241.6	±188.5	78.0	↓	0.98
77	351.4	±174.9	49.8	650.1	±106.9	16.4	↑	0.002
121	297.9	±138.0	46.3	515.1	±119.7	23.2	↑	0.005
20	435.4	±185.8	42.7	696.4	±172.9	24.8	↑	0.02
923	517.7	±98.4	19.0	549.4	±25.1	4.6	↑	0.43

66.67 % (n=8) vor Lahmheit längere Liegezeit

33.33 % (n=4) vor Lahmheit kürzere Liegezeit

in beiden Bereichen signifikante Unterschiede!

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 11



**2. Fragestellung**

Ändern sich die Aktivitäts- und Liegedaten bei lahm Kühen im Vergleich zu nicht lahmen Tieren?

**STUDIE VON MAZRIER et al. (2006):**

- **Hypothese:** Aktivitätsabfall vor Übergang in klinischen Lahmheitsstatus
- langsamer Aktivitätsrückgang: Erkennung schwierig bei Bezug auf 10-Mittelwert → Lösung: 20 oder 30 Tage??

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 12



2. Fragestellung – Änderung der Aktivitäts- und Liegedaten

Datenverarbeitung

1. Berechnung eines gleitenden 10 (bzw. 20)-Tage-Mittelwerts
2. Berechnung der prozentualen Abweichung des Tagesmesswertes vom gleitenden Mittelwert
3. Aufsummieren der prozentualen Abweichungen (1. Beobachtungstag = 0 %)
4. Korrektur von möglichen Einflüssen durch Brunsten
5. Hypothese: Bei einer gesunden Kuh schwanken die prozentualen Abweichungen um das Niveau des gleitenden Mittelwertes von 0 % und ergeben in der Summe wiederum 0 %.

→ ≠ 0 % → Rückschlüsse auf Abweichungen vom Normalverhalten

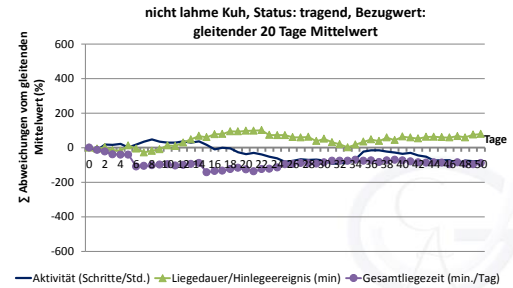
- bei lahmeh Tieren: Zeitraum von 50 Tagen vor der Lahmheit betrachtet
- bei gesunden Tieren: gesamte Laktation betrachtet

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 13



2. Fragestellung – Änderung der Aktivitäts- und Liegedaten

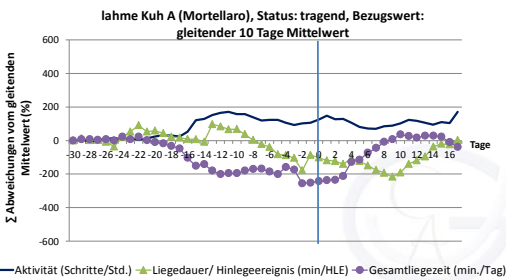


Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 14



2. Fragestellung – Änderung der Aktivitäts- und Liegedaten

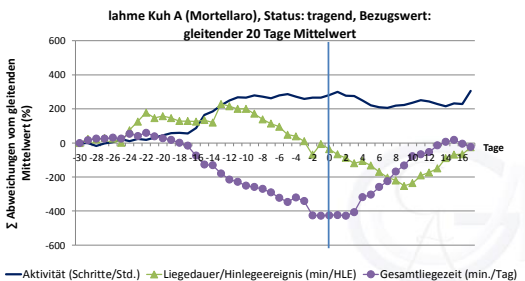


Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 15



2. Fragestellung – Änderung der Aktivitäts- und Liegedaten



Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 16



3. Fragestellung:

Können mit Hilfe der relativen Abweichungen von Aktivitäts- und Liegedaten sowie Leistungsdaten (Milchmenge) Lahmheiten angezeigt werden?

Tiermaterial der Studie:

- Stichprobe (n = 48)
  - 24 lahme Tiere, ø 3.1 Laktation (5 Limax, 5 Panaritium, 6 Mortellaro, 8 sonstigen Erkrankungen (u.a. doppelte Sohle, Klauendefekt, Kombination mehrerer Ursachen))
  - 24 gesunde Tiere, jeweils 6 Tiere aus Laktation 1 - 4+,
  - September 2011 bis Juli 2014
- Blindprobe (n = 10)
  - davon sind 4 lahm,
  - Januar bis Oktober 2014

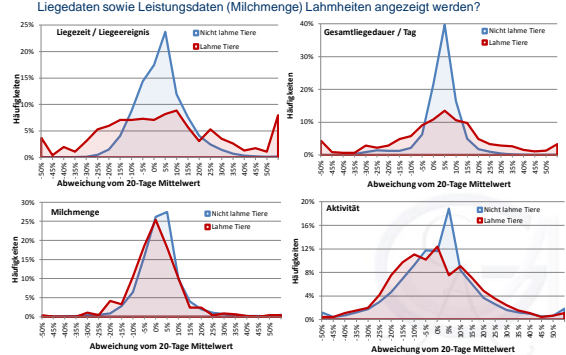


Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 17



3. Fragestellung: Können mit Hilfe der relativen Abweichungen von Aktivitäts- und Liegedaten sowie Leistungsdaten (Milchmenge) Lahmheiten angezeigt werden?

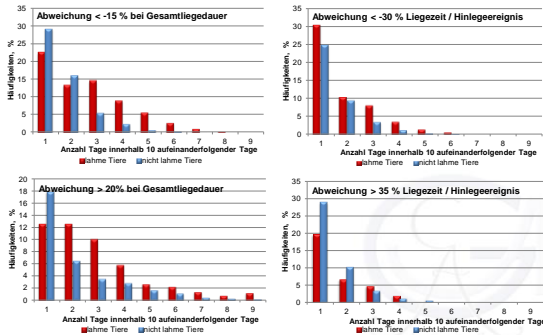


Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

Nicht lahme Tiere: n= 7354; lahme Tiere: n= 720

16.03.2016, 18

3. Fragestellung: Können mit Hilfe der relativen Abweichungen von Aktivitäts- und Liegedaten sowie Leistungsdaten (Milchmenge) Lahmheiten angezeigt werden?



Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik 16.03.2016, 19

3. Fragestellung: Können mit Hilfe der relativen Abweichungen von Aktivitäts- und Liegedaten sowie Leistungsdaten (Milchmenge) Lahmheiten angezeigt werden?

**Entwicklung eines Modells zur frühzeitigen Lahmheitsdetektion**

- anhand relativer Differenzen der Veränderungen der lahmen Kühe der Stichprobe Schwellenwerte festgelegt  
→ für die Höhe und die Häufigkeit der Veränderungen innerhalb von aufeinander folgenden 10 Tagen
- bei Überschreiten dieser Schwellenwerte kommt es zu einem Teilalarm für diesen Parameter
- 3 Teilalarme lösen einen Gesamtalarm für den Tag bei dem betroffenen Tier aus
- zwei Schemata:
  - Schema I soll möglichst viele lahme Tiere detektieren → hohe Sensitivität
  - Schema II soll möglichst geringe Anzahl von Fehlalarmen haben → hohe Spezifität

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik 16.03.2016, 20

3. Fragestellung: Können mit Hilfe der relativen Abweichungen von Aktivitäts- und Liegedaten sowie Leistungsdaten (Milchmenge) Lahmheiten angezeigt werden?

**Schwellenwerte für Gesamtliegezeit / Tag, Liegedauer / Hinlegeereignis Aktivität, Milchmenge/Tag unter Verwendung von Algorithmus I Algorithmus II**

Parameter	Algorithmus I		Algorithmus II	
	Schwellen	Anzahl Tage*	Wert	Anzahl Tage*
Gesamtliegezeit [min/d]	Oben	5	> 10 %	5
	Unten	5	< -5 %	5
Liegedauer / Liegeereignis [min]	Oben	3	> 25 %	3
	Unten	3	< -20 %	3
Aktivität [Schritte/h]	Oben	3	> 15 %	3
	Unten	5	< -5 %	5
Milchmenge [kg/d]	Oben	3	> 10 %	3
	Unten	3	< -10 %	3

\*Häufigkeit innerhalb 10 aufeinanderfolgender Tage

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik 16.03.2016, 21

3. Fragestellung: Können mit Hilfe der relativen Abweichungen von Aktivitäts- und Liegedaten sowie Leistungsdaten (Milchmenge) Lahmheiten angezeigt werden?

**Teilalarme und Alarme bei lahmen Tiere innerhalb der 20 Tage vor Lahmheitsdetektion in Abhängigkeit vom verwendeten Algorithmus (n = 24 Kühe; 480 Laktationstage)**

	Algorithmus I			Algorithmus II		
	Anzahl Kühe	Ø Anzahl / Kuh	Sensitivität	Anzahl Kühe	Ø Anzahl / Kuh	Sensitivität
<b>Teilalarm</b>						
Gesamtliegezeit [min/d]	22	11,9	91,7 %	13	7,1	54,2 %
Liegezeit / Liegeereignis [min]	20	13,5	83,3 %	15	8,2	62,5 %
Aktivität [Schritte/h]	22	16,1	91,7 %	14	7,7	58,3 %
Milchmenge [kg/d]	14	9,2	58,3 %	6	9,0	25,0 %
<b>Alarm</b>	<b>18</b>	<b>6,8</b>	<b>75,0 %</b>	<b>7</b>	<b>4,7</b>	<b>29,2 %</b>

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik 16.03.2016, 22

3. Fragestellung: Können mit Hilfe der relativen Abweichungen von Aktivitäts- und Liegedaten sowie Leistungsdaten (Milchmenge) Lahmheiten angezeigt werden?

**Alarme bei nicht lahmen Tiere in Abhängigkeit vom verwendeten Algorithmus (n=24 Tiere; 6636 Laktationstage)**

n	Alarm					
	Anzahl Alarme	Spezifität (Tagesbasis)	Anzahl Kühe	Ø Anzahl Alarme/Kuh	Spezifität (Tierbasis)	
<b>Algorithmus I</b>	6636	734	89%	24	30,58	0 %
<b>Algorithmus II</b>	6636	50	99%	5	8,33	79%

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik 16.03.2016, 23

3. Fragestellung: Können mit Hilfe der relativen Abweichungen von Aktivitäts- und Liegedaten sowie Leistungsdaten (Milchmenge) Lahmheiten angezeigt werden?

**Einfluss der Lahmheitsursache auf die Sensitivität (Algorithmus II)**

Lahmheit	Anzahl Kühe	Anzahl erkannter Lahmheiten	
		Anzahl	Sensitivität
<b>Ursache</b>			
<b>Limax</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>80 %</b>
Panaritium	5	0	0 %
Mortellaro	6	1	17 %
Doppelte Sohle	2	1	50 %
Mortellaro und Doppelte Sohle	1	1	100 %
Mortellaro und Panaritium	1	0	0 %
Klauendefekt	4	0	0 %
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>7</b>	<b>29 %</b>

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik 16.03.2016, 24



3. Fragestellung: Können mit Hilfe der relativen Abweichungen von Aktivitäts- und Liegedaten sowie Leistungsdaten (Milchmenge) Lahmheiten angezeigt werden?

**Alarmer, Sensitivität und Spezifität der Blindprobe**  
(n = 1703 Laktationstage von 10 Kühen)

#### Algorithmus II

	Alarm		
	positiv	negativ	
<b>Lahme Tiere</b>	3	1	Sensitivität: 75 %
<b>Nicht lahme Tiere</b>	1	5	Spezifität: 83%

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 25



#### Fazit

- 1. Frage: Zeigen lahme Kühe eine typische Veränderung der Aktivitätsdaten und Liegedaten vor und nach Lahmheitsbehandlung ?
  - **X NEIN**, große tierindividuelle Unterschiede
- 2. Frage: Ändern sich die Aktivitäts- und Liegedaten bei lahmen Kühen im Vergleich zu nicht lahmen Tieren?
  - **✓ JA**, in Bezug zum gleitenden Mittelwert (20 Tage), aber Änderungen können auch andere Ursachen haben.
- 3. Frage: Können mit Hilfe der relativen Abweichungen von Aktivitäts- und Liegedaten sowie Leistungsdaten (Milchmenge) Lahmheiten angezeigt werden?
  - **✓ (JA/NEIN)**, Kombination mehrerer Parameter unabdingbar, Ergebnisse lassen Praxiseinsatz noch nicht zu, Sensitivitäten und Spezifitäten nicht ausreichend, aber Limax wurde schon gut erkannt.

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 26



#### Ausblick

- Anpassung der Schwellenwerte, Schwankungen bei gesunden Tiere
- Einbeziehen des Laktationsstandes und der -nummer
- Unterschiedliche Schemata für die einzelnen Erkrankungen
- Parameter „Stehen“ hinzuziehen

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 27



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

Hessel, Abteilung Verfahrenstechnik

16.03.2016, 28