

Möglichkeiten und Probleme mit Sensordaten in der Milchviehhaltung

U. Müller

*Institut für Tierwissenschaften, Universität
Bonn*

Interpretation von Sensordaten in der Milchviehhaltung – Möglichkeiten und Probleme

an Beispielen der Mastitisvorhersage und der Brunsterkennung

U. Müller

*Institut für Tierwissenschaften, Universität
Bonn*

Entwicklung und Anwendung von Sensoren in der Milcherzeugung

Ziele des Sensorentwicklers:

- Technische Lösung für Sensoreinsatz und Datenübertragung,
- Zusammenhang zu Zustand/Krankheit
-

Ziele des Anwenders/Betriebsleiters:

- Unproblematische Technik
- Hohe Wahrscheinlichkeit der Vorhersage des Zustands/der Krankheit bei Einsatz im eigenen Betrieb
-

Entwicklung und Anwendung von Sensoren in der Milcherzeugung

Ziele des Sensorentwicklers:

- Technische Lösung für Sensoreinsatz und Datenübertragung,
- Zusammenhang zu Zustand/Krankheit
-

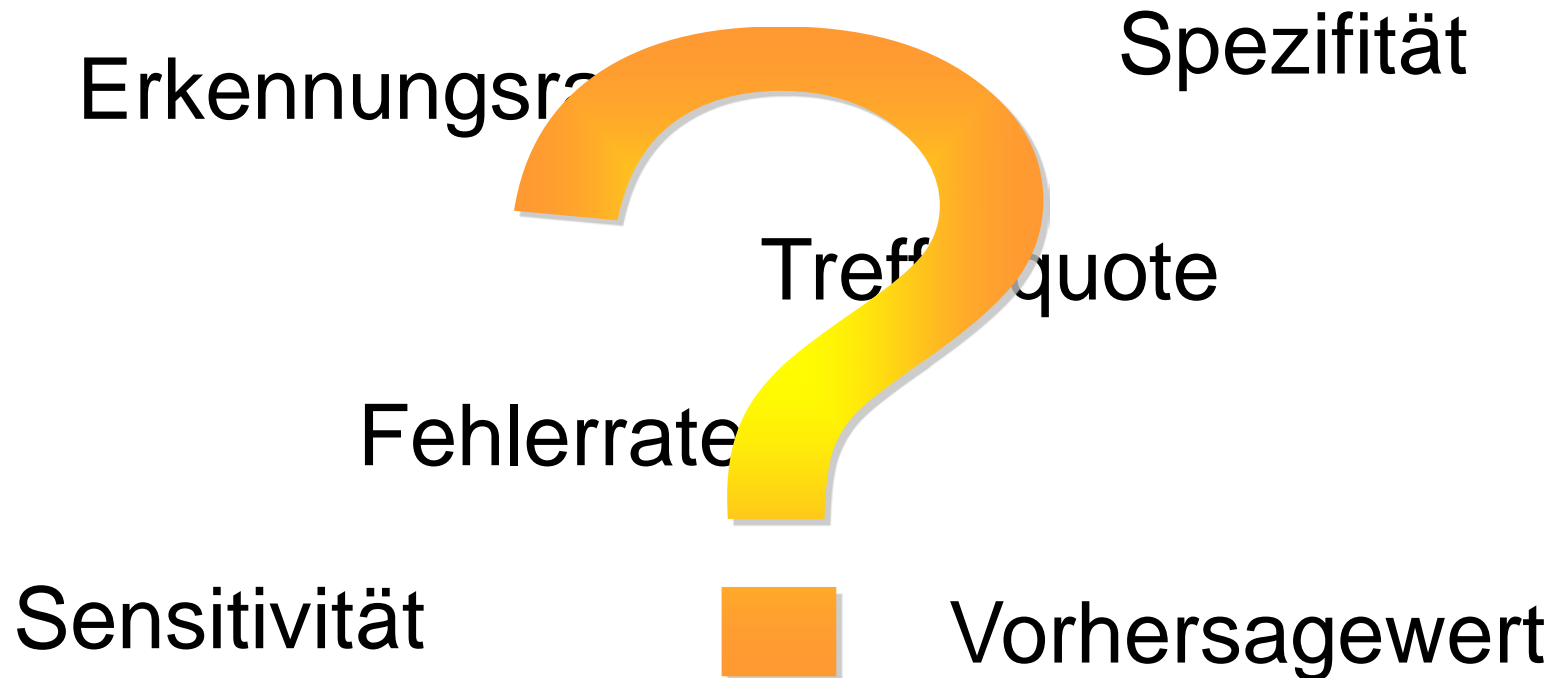
Ziele des Anwenders/Betriebsleiters:

- Unproblematische Technik
- Hohe Wahrscheinlichkeit der Vorhersage des Zustands/der Krankheit bei Einsatz im eigenen Betrieb
-

Gliederung

- Sensordaten – Kenngrößen
- Unterschiede zwischen den Kenngrößen/Maßzahlen:
 1. Maßzahlen für die Validität (Gültigkeit) eines (Sensor)Testergebnisses \Rightarrow Maßzahl für den Sensorentwickler
 2. Maßzahlen für den diagnostischen Wert/Vorhersagewert eines (Sensor)Testergebnisses \Rightarrow Maßzahl für den Betriebsleiter
- Kenngrößen aus der Literatur an Beispielen der Mastitisvorhersage und der Brunsterkennung
- Schlussfolgerungen

Sensordaten - Kenngrößen



Kenngrößen zur Brunsterkennung bei Anwendung von Aktivitätssensoren (Firk et al. 2002, Ausschnitt)

Quelle	Anzahl Brunsten	Grenzwert	Erkennungsrate	Fehlerrate	Spezifität
.....					
Wendl & Klindtworth (1997)	87	100% 160%	86 73	55 42	
De Mol et al. (1997)	537	95 % CI 99 % CI 99,9 % CI	91 87 81		96 97 98
Maatje et al. (1997)	121	100%	78	32	

Kenngrößen zur Mastitisvorhersage

Quelle	Anzahl Mastitiden	Grenzwert	Sensitivität	Fehlerrate	Spezifität
Miekley et al. (2013)	0,4 Kühe/Tag		70,9 70,2	99,6 99,4	71,4 78,9
Steenefeld et al. (2010)	537	AMS Alarm	70		97,8
Kamphuis et al. (2010)	121 (klinische Mastitiden)		66,7	60	99

Erwartung an Sensor aus Sicht des **Betriebsleiters** → **Beispiel**

Quelle	Anzahl Mastitiden	Grenzwert	Sensitivität	Fehlerrate	Spezifität
Kamphuis et al. (2010)	121 (klinische Mastitiden)		66,7	60	99

Wenn nun das Messsystem eine Kuh als Mastitis positiv einstuft, dann ist sie mit %iger Wahrscheinlichkeit krank.

Erwartung an Sensor aus Sicht des **Betriebsleiters** → **Beispiel**

Quelle	Anzahl Mastitiden	Grenzwert	Sensitivität	Fehlerrate	Spezifität
Kamphuis et al. (2010)	121 (klinische Mastitiden)		66,7	60	99

Wenn nun das Messsystem eine Kuh als Mastitis positiv einstuft, dann ist sie mit **40 %iger Wahrscheinlichkeit **krank**** (bzw. mit 60 %iger Wahrscheinlichkeit nicht klinisch krank) (pos. Vorhersagewert bzw. Fehlerrate).

Erwartung an Sensor aus Sicht des **Betriebsleiters**

→ **Beispiel**

Quelle	Anzahl Mastitiden	Grenzwert	Sensitivität	Fehlerrate	Spezifität
Kamphuis et al. (2010)	121 (klinische Mastitiden)		66,7	60	99

Von allen Mastitis-Kühen werden **66,7 % der Kühe positiv eingestuft/gemeldet (Sensitivität).**

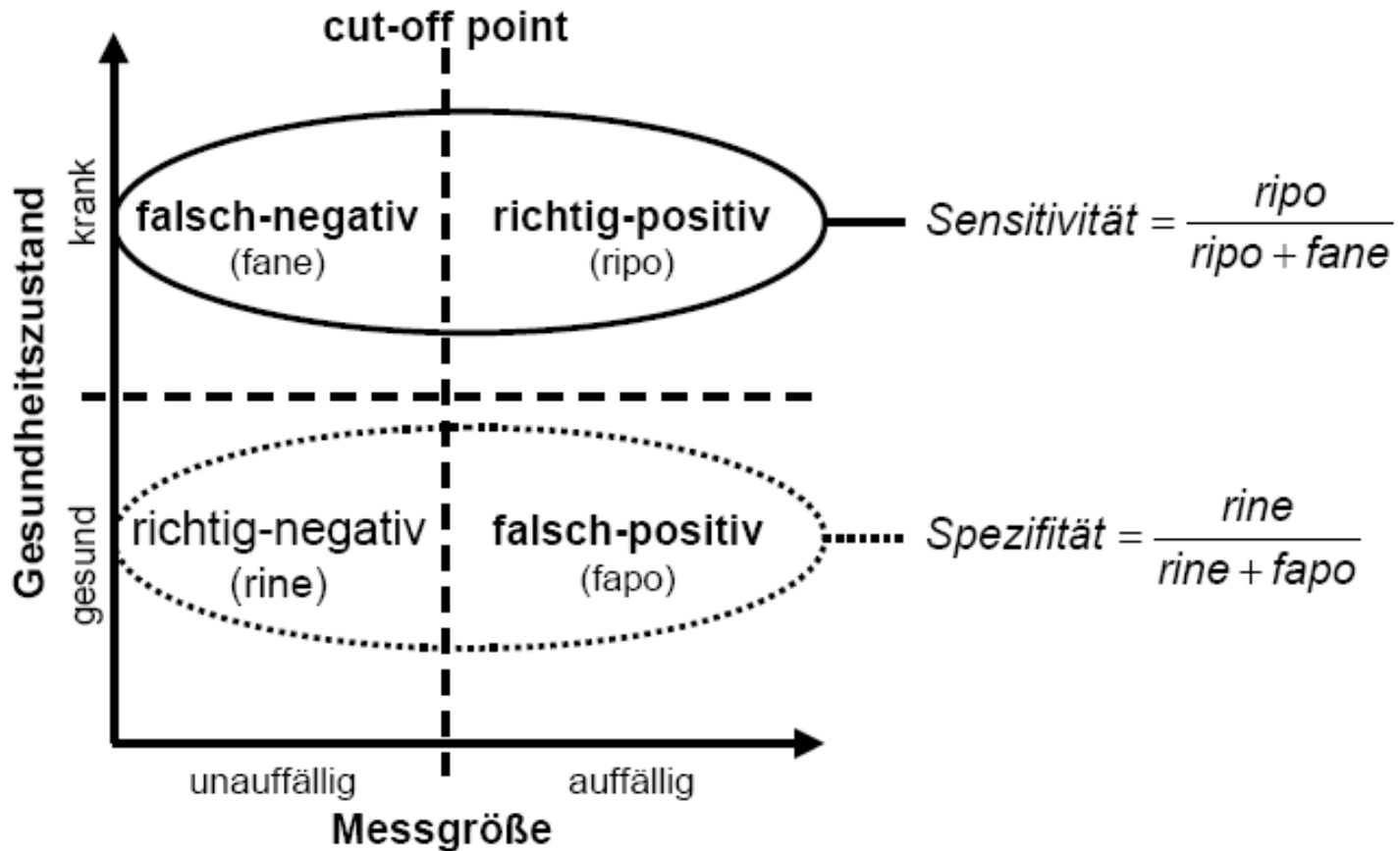
Maßzahlen (A) für den Sensortestentwickler und (B) für den Anwender/Betriebsleiter

		Test	
		Pos. Testergebnis	Neg. Testergebnis
Sachverhalt/Zustand	Brunst	„richtig positiv“ TP	„falsch negativ“ FN
	Keine Brunst	„falsch positiv“ FP	„richtig negativ“ TN

A) Maßzahlen für die Validität (Gültigkeit) ⇒ für den Sensorentwickler

		Test		
		Pos. Testergebnis	Neg. Testergebnis	
Sachverhalt/Zustand	In Brunst	„richtig positiv“ TP	„falsch negativ“ FN	Sensitivität: Anteil der positiven Tests an allen brünstigen Kühen
	Keine Brunst	„falsch positiv“ FP	„richtig negativ“ TN	Spezifität: Anteil der negativen Tests an nicht-brünstigen Kühen

Diagnostischer Test (Wiedemann 2004)



A) Maßzahlen für die Validität (Gültigkeit)

Sensitivität Erkennungsrate
Trefferrate/-quote $TP / (TP + FN) * 100$
Detection rate
Detected heats
Diagnosis rate
Efficiency
detectability

Spezifität $TN / (TN + FP) * 100$

⇒ **Maßzahlen für den Sensorentwickler**


- ⇒ zum Vergleich verschiedener Grenzwerte/Cut-Off-Points zwischen „positiv“ und „negativ“ und
- ⇒ zum Vergleich mit anderen Sensoren, Testmethoden o.ä.

B) Maßzahlen für den diagnostischen Wert

Positiver und negativer Vorhersagewert (Predictive Value)

Diagnostischer Wert eines
positiven / negativen Befundes

B) Maßzahlen für den diagnostischen Wert

		Test		
		Pos. Testergebnis	Neg. Testergebnis	
Sachverhalt/Zustand	Mastitis	„richtig positiv“ TP	„falsch negativ“ FN	Sensitivität: Anteil der positiven Tests an allen kranken Kühen
	Keine Mastitis	„falsch positiv“ FP	„richtig negativ“ TN	Spezifität: Anteil der negativen Tests an gesunden Kühen
 Auftretenshäufigkeit		Pos Vorhersagewert: Anteil aller kranken Kühe an allen mit positivem Test	Neg. Vorhersagewert: Anteil aller gesunden Kühe an allen mit negativem Test	

A) Maßzahlen für den diagnostischen Wert für die individuelle Anwendung/für den Betriebsleiter

Positiver Vorhersagewert

Accuracy
Pos. predictive value

$$TP / (TP + FP) * 100$$

Fehlerrate

Error rate
False rate


$$FP / (TP + FP) * 100$$

Negativer Vorhersagewert

neg. predictive value

$$TN / (TN + FN) * 100$$

Maßzahlen für die Validität (Gültigkeit) und für den diagnostischen Wert eines Sensortestergebnisses

		Test		
		Pos. Testergebnis	Neg. Testergebnis	
Sachverhalt/Zustand	Brunst	„richtig positiv“ TP	„falsch negativ“ FN	Sensitivität: Anteil der positiven Tests an allen Brunstigen Kühen
	Keine Brunst	„falsch positiv“ FP	„richtig negativ“ TN	Spezifität: Anteil der negativen Tests an nicht-brünstigen Kühen
	 Auftretenshäufigkeit	Pos Vorhersagewert: Anteil aller brünstigen an allen mit positivem Test	Neg. Vorhersagewert: Anteil aller nicht-brünstigen an allen mit negativem Test	

Beispiel aus Zahnmedizin

	Klopftest		
	Pos. Testergebnis	Neg. Testergebnis	
Ja	62	3	Sensitivität: 95,4 %
Irreversible Pulpitis			
Nein	1	34	Spezifität: 97,1 %
	Pos. VW: 98,4 %	Neg. VW: 91,9 %	

Beispiel aus Humanmedizin



Sonografie

	Pos. Testergebnis	Neg. Testergebnis	
Ja Krebsdiagnose	135	15	Sensitivität: 90 %
Nein	270	99.580	Spezifität: 99,7 %
Prävalenz 1,5 %	pos. Vorhersagewert 33,3 %	neg. Vorhersagewert 99,9 %	(Summe: 100.000)

Beispiel

in Anlehnung an Steeneveld et al. 2010



AMS Alarm Liste

		Pos. Testergebnis	Neg. Testergebnis	
Klinische Mastitis	Ja	159	68	Sensitivität: 70,0 %
	Nein	10.997	497.520	Spezifität: 97,8 %
Prävalenz 0,04 %		pos. Vorhersagewert 1,4 %	neg. Vorhersagewert 99,9 %	(Summe: n = 508.517)

Beispiel

in Anlehnung an Steeneveld et al. 2010



AMS Alarm Liste

		Pos. Testergebnis	Neg. Testergebnis	
Klinische Mastitis	Ja	159	68	Sensitivität: 70,0 %
	Nein	110	4.975	Spezifität: 97,8 %
Prävalenz 4,2 %		pos. Vorhersagewert 59,1 %	neg. Vorhersagewert 98,7 %	(Summe: n = 531.217)

Beispiel von Köhler 2002



AMS Alarmliste

	Pos. Testergebnis	Neg. Testergebnis	
Ja	7	34	Sensitivität: 17,1 %
DVG Mastitis			
Nein	2	431	Spezifität: 99,5 %
Prävalenz 9 %	pos. Vorhersagewert 77,7 %	neg. Vorhersagewert 92,7 %	(Summe: n = 474)

Kenngroßen aus der Literatur an Beispielen der Mastitisvorhersage und der Brunsterkennung

Dissertation von Dr. Martin Wiedemann (2004)

Dissertationsthema

Überwachung der Eutergesundheit bei
Milchkühen durch Kombination verschiedener
chemisch-physikalischer Messwerte

Tabelle 10, S. 35:

Diagnostische Tests verschiedener Verfahren zur
Erkennung der Eutergesundheit

Diagnostische Tests verschiedener Verfahren zur Erkennung der Eutergesundheit Teil II (Wiedemann 2004)

	Sensitivität [%]	Spezifität [%]	Grenzwert	Quelle
Laktose-Gehalt				
VAG	61	81	100.000 Zellen/ml	KRÖMKER ET AL. (1997)
	57	90	400.000 Zellen/ml	
Laktatdehydrogenase (LDH)				
VAG	96	90	500.000 Zellen/ml	ANDERSSON (1991)
N-acetyl-β-D-glucosaminidase (NAGase)				
VAG	73 - 75	78 - 81	Staph. aureus	PYÖRÄLA & PYÖRÄLA (1997)
	27 - 32	89	Staph. koag. neg.	
	72	80	100.000	KRÖMKER ET AL. (1997)
	68	92	400.000	
Milchmenge, viertelspezifisch				
	20 - 40	niedrig	k.A.	HILLERTON (2000)
LF kombiniert mit viertelspezifischer Milchmenge (fuzzy-Model)				
	100	99,8	klinische Mastitis	DE MOL & OUWELTJES (2001)
	78,0	95,6	DVG-Kriterien siehe S.14, Tabelle 4	KÖHLER (2002)

Bewertung von Systemen im Vergleich

(Auswertung mittels Fuzzy Logic; Ammon & Spilke 2007)



	Beide Merkmale	Nur Liegen	Nur Aktivität
Sensitivität	84,6	100,0	23,1
Spezifität	99,4	36,3	99,4
Fehlerrate	15,4	94,2	40,0
Pos. Vorhersagewert	84,6	5,8	60,0
Neg. Vorhersagewert	99,4	100,0	97,1

Kenngrößen zur Brunsterkennung bei Anwendung verschiedener Auswertungsverfahren (Firk et al. 2002, Ausschnitt)

Quelle	Methoden	Parameter	Erkennungsrate	Fehlerrate	Spezifität
Yang (1998)	Fuzzy Logic (n = 102)	Aktivität	91	26	
		Milchmenge	90	18	
De Mol et al. (1999)	Kalmanfilter (n = 537)	Aktivität	94		95
		Milchmenge	87		97
		Milchtemperatur	83		98
		Elektr. Leitfähigkeit			
De Mol et al. (2001)	Fuzzy Logic mit 20 Regeln (n = 179)	Aktivität Milchmenge Milchtemperatur Status Laktationstag Tage seit Zyklus Besamung	67-71		99

Kenngrößen zur Mastitisvorhersage

Quelle	Methoden	Parameter	Sensitivität	Fehlerrate	Spezifität
Miekley et al. (2013)	Multivariate cumulative sum control charts	Leitfähigkeit Milchmenge Futtermenge Fressdauer Trogbesuche	70,9 70,2	99,6 99,4	71,4 78,9
Kamphuis et al. (2010)	Entscheidungs- baumanalyse	pro Viertel: - Leitfähigkeit - Farbe - Milchmenge	66,7	60	99

Dissertation von Dr. Stefan Köhler (2002)

Dissertationsthema

Nutzung von Prozessparametern
automatischer Melksysteme für die Erkennung
von Eutererkrankungen unter Verwendung der
Fuzzy Logic

Köhler (2002): Vergleich der besten Ergebnisse verschiedener Modellierungen (n = 474)

Mastitis entsprechend der **DVG-Mastitisdefinition**

Berücksichtigte Parameter:

- Milchbildung** (kg/h)
- Zwischenmelkzeit** (h)
- Milchfluss** (kg/min)
- Elektrische Leitfähigkeit** (ms/cm)

Modell	GW1	GW 8	Alarm (AMS)	Modell 6a (Fuzzy)
Sens. (%)	73,2	24,4	17,1	78,0
Spez. (%)	60,3	99,8	99,5	95,6

Beispiel von Köhler 2002



Fuzzy Logic Model 6a

	Pos. Testergebnis	Neg. Testergebnis	
Ja	32	9	Sensitivität: 0,78
DVG Mastitis			
Nein	19	414	Spezifität: 0,96
Prävalenz 9 %	pos. Vorhersagewert 0,63	neg. Vorhersagewert 0,98	(Summe: n = 474)

Fuzzy Logic Model 6a

	Pos. Testergebnis	Neg. Testergebnis	
Ja	185	52	Sensitivität: 0,78
DVG Mastitis			
Nein	19	414	Spezifität: 0,96
Prävalenz 35 %	pos. Vorhersagewert 0,91	neg. Vorhersagewert 0,89	(Summe: n = 474)

Milchviehversuchskuhstall der Lehr- und Forschungsstation Frankenforst



Schlussfolgerungen

- Unterscheidung zwischen den Kenngrößen für den Sensorentwickler und für den Sensoranwender elementar
- Einheitlichkeit bei Kenngrößenangaben und Kenngrößeninterpretation erforderlich
- Betriebsindividuelle Anpassung erforderlich, aber wie?
- Ggfs. Weiterentwicklung komplexer Auswertungsverfahren/-methoden

Vielen Dank

für Ihre Aufmerksamkeit





- Ammon C., Spilke J. (2007): Brunsterkennung mittels Fuzzy Logic unter Verwendung von ALT-Pedometern, unver. Bericht
- Brehme U., Ammon C., Stollberg U., Rudovsky H.J., Spilke J. (2007): Brunsterkennung mit ALT-Pedometern unter Feldbedingungen, Landtechnik 62 (5): 342 – 343
- De Mol R.M., Kroeze G.H., Achten J.M.F.H., Maatje K., Rossing W., (1997): Results of a multivariate approach to automated oestrus and mastitis detection. Livestock Production Science 48, 219-227
- De Mol R.M., Keen A., Kroeze G.H., Achten J.M.F.H. (1999): Description of a detection model for oestrus and diseases in dairy cattle based on time series analysis combined with a Kalman filter. Comput. Electron. Agric. 22, 171–185
- De Mol R.M., W. E. Woldt (2001): Application of Fuzzy Logic in Automated Cow Status Monitoring, Journal of Dairy Science 84: 400–410
- Firk R., E. Stamer, W. Junge, J. Krieter (2002): Automation of oestrus detection in dairy cows: a review, Livestock Production Science 75: 219–232
- Maatje K., De Mol R.M., Rossing W. (1997): Cows status monitoring (health and oestrus) using detection sensors. Comput. Electron. Agric. 16, 245–254
- Pache, S. (2007): Elektronikeinsatz zur Gesundheits- und Fruchtbarkeitsüberwachung, in: Precision Dairy Farming – Elektronikeinsatz in der Milchviehhaltung, KTBL-Schrift 457, KTBL, Darmstadt
- Wendl G., Klindtworth K. (1997): Einsatz von Elektronischen Schrittzählern (Pedometer) zur Brunsterkennung bei Milchkuhen. In: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Beiträge zur 3. Internationalen Tagung in Kiel, 11.–12. März 1996. Hrsg: Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Germany, pp. 338–343
- Yang Y. (1998): Rechnergestützte Östrusüberwachung bei Milchkühen unter Anwendung der Fuzzy-Logic-Methode. Herbert Utz, München

Entscheidungskriterien:

- Screening-Test in gesunden Populationen mit Testverfahren mit hoher Spezifität, um Nachuntersuchungen bei falsch positiven Befunden in Grenzen zu halten.
- Wenn Sensitivität nicht optimal, Beschränkung auf Risikopopulation, damit positiver Vorhersagewert akzeptabel.
- Wenn Testeinsatz zum Ausschluß einer Krankheit führen soll, dann Sensitivität besonders hoch und die Spezifität nicht zu niedrig, um negativen Vorhersage zu optimieren

Erkennung von Mastitis bzw. abnormaler Milch in automatischen Melksystemen

erfasste Parameter	Sensitivität (%)	Spezifität (%)	Grenzwert	Quelle
Leitfähigkeit (LF)	40-46	87-92	200.000 Zellen/ml	BIGGADIKE ET AL. (2002)
- aktuelle Melkung	51-54	85-91	400.000 Zellen/ml	
LF und Milchfarbe	17	99	Mastitis nach DVG	KÖHLER (2002)
- aktuelle Melkung				
LF und Milchmenge				
- aktuelle Melkung				
- innerhalb letzte 10 Melkungen	12-31	k.A.	400.000 Zellen/ml	HOVINEN ET AL. (2004)
	24-36	k.A.	(im VAG)	
LF und Milchfarbe				
- aktuelle Melkung	2-8	k.A.	400.000 Zellen/ml	
- innerhalb letzte 10 Melk.	5-10	k.A.	(im VAG)	
Leitfähigkeit (LF)				RASMUSSEN (2004)
- aktuelle Melkung	13-50	87-100	abnormale Milch	
- am gleichen Tag	22-100	85-100		
- innerhalb der vergangenen Woche	43-100	35-100		

(Wiedemann 2004)

Effizienz der Brunsterkennung mit Hilfe von Pedometern (n = 119) (Wendl 1999)

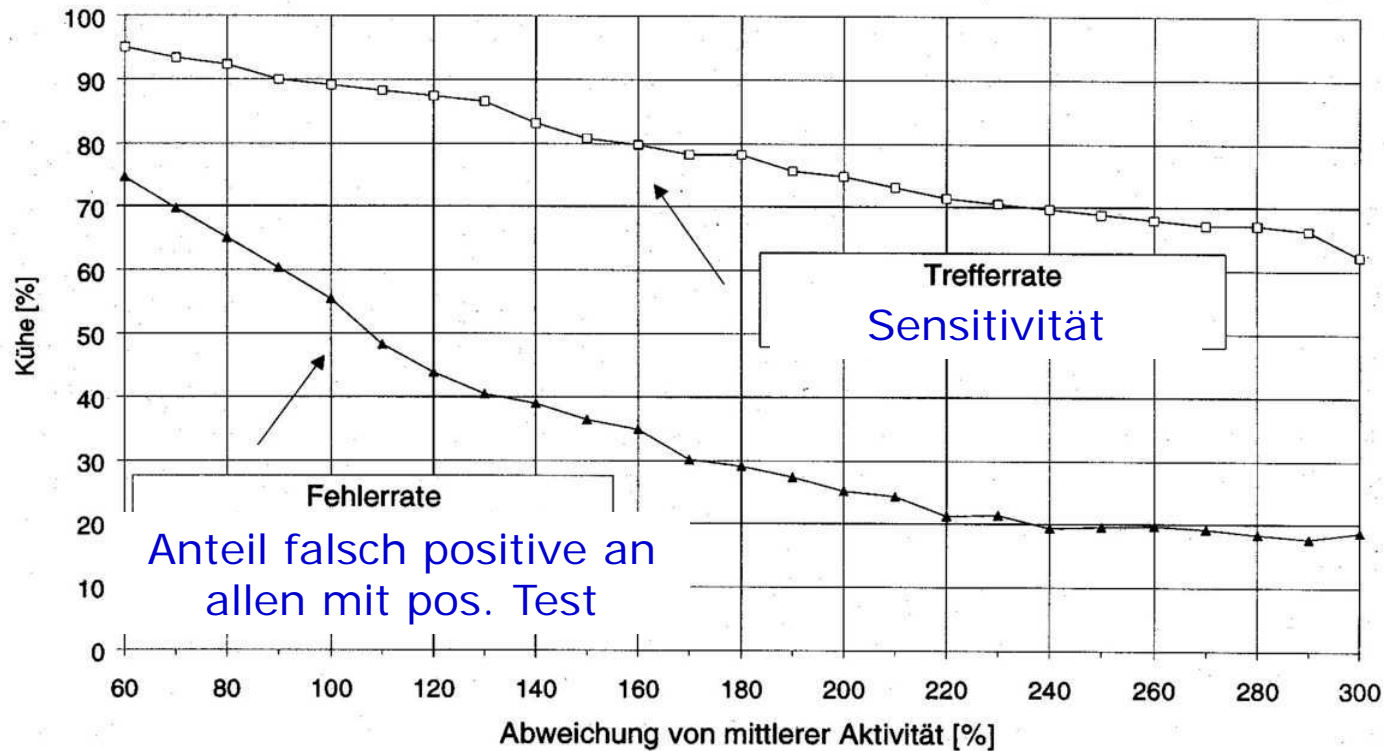


Abb.

Offene Fragen

- Aufgrund der geringen Sensitivität Sensoren nur in potentiellen bzw. Risikozeiten einsetzen?
- Wie dem Betriebsleiter Bedeutung einer hohen Spezifität vermitteln?
- Wie dem Betriebsleiter Umgang mit Fehlerrate bzw. positivem Vorhersagewert vermitteln?

Parameter zur Erkennung von Euterkrankheiten bzw. abnormaler Milch in automatischen Melksystemen

Hersteller	Fabrikat	erfasste Parameter
De Laval	VMS	Milchmenge gesamt, viertelspezifische Leitfähigkeits- und Milchmengenmessung (<i>freeflow FF4/VC</i>) Zellzahlmessung mit OCC (Option)
Fullwood	Merlin	Milchmenge gesamt, viertelspezifische Leitfähigkeitsmessung (<i>Blutsensor z. Zt. als Option</i>)
Gascoigne- Melotte	Zenith	Milchmenge gesamt, viertelspezifische Leitfähigkeitsmessung
Insentec	Galaxy	Milchmenge gesamt, viertelspezifische Leitfähigkeitsmessung
Lely	Astronaut	Milchmenge gesamt, viertelspezifische Leitfähigkeits- und Farbmessung (MQS) Zellzahlmessung (Viskosität) (Option)