

# Auswertung serieller Daten zur Mastitiserkennung mit Hilfe der lokalen Regression

D. Caverio, K.-H. Tölle, J. Krieter

Institut für Tierzucht und Tierhaltung  
Christian-Albrechts-Universität  
Hermann-Rodewald-Straße 6  
D-24098 Kiel

dpintado@tierzucht.uni-kiel.de

**Abstract:** The aim of this study was to detect incidence of mastitis in an automatic milking system using serial information. Data from 112,000 milkings of the research dairy herd Karkendamm of the University of Kiel were available. The incidence of mastitis was defined both on therapies carried out and on weekly somatic cell count measurements. The time series of electric conductivity of quarter milk were analysed to find deviations as a sign for mastitis. Three methods were performed to find mastitis cases. First, a local regression method using the SAS-procedure LOESS, second a moving average system and third an exponentially weighted moving average were applied. The used methods provided similar results. The goodness of alerts varied dependent on the threshold value. A low threshold (3%) led to a sensitivity of nearly 100%, however the specificity was only about 30% and thus the error rate was high (about 70%). With increasing thresholds (7%) sensitivity decreased to 70% and specificity increased to 75%. Error rate was slightly reduced to 60%.

## 1 Einleitung

Die Eutergesundheit ist mit 15% aller Abgänge die zweit häufigste Abgangsursache für Milchkühe in Deutschland [AD04]. Die Produktsicherheit und Tiergerechtigkeit von Haltungs- und Managementsystemen kann durch die frühzeitige Erkennung von Krankheiten verbessert werden. Zur Mastitiserkennung wird die elektrische Leitfähigkeit der Milch bereits als Krankheitsindikator genutzt [HZ98; DV02]. Die Leitfähigkeit wird durch die Konzentration von Anionen und Kationen bestimmt. Infolge einer Mastitis-erkrankung kommt es zu einem Anstieg von Natrium- und Chlorid-Ionen, während die Laktose- und Kaliumkonzentration in der Milch sinkt und die Leitfähigkeit steigt. Das Ziel dieses Projektes besteht darin, die seriell anfallenden Daten und Informationen im Milchviehbetrieb mittels verschiedener mathematischer Algorithmen so zu bündeln und in eindeutige Warnmeldungen zu fassen, dass kranke Tiere frühzeitig erkannt und Behandlungsmaßnahmen eingeleitet werden können. Damit werden Management-

scheidungen des Betriebsleiters wirkungsvoll unterstützt, um sowohl den Verbraucher- und Tierschutz als auch die ökonomische Entscheidungen zu optimieren.

## **2 Material und Methoden**

Für die Entwicklung der Modelle steht ein Datensatz der Milchviehherde des Versuchsbetriebes Karkendamm des Institutes für Tierzucht und Tierhaltung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel zur Verfügung. Diese Herde wird mit einem automatischen Melksystem (AMS) gemolken. Die Datengrundlage bilden die Aufzeichnungen aller Gemelke von 160 Milchkühen der Rasse Holstein Friesian innerhalb des Zeitraumes 1. Juli 2000 bis 30. September 2001 (d.h. 457 Tage). Insgesamt stehen die Informationen von 44.074 Kuhtagen zur Verfügung, die zu 85% auf erstlaktierende Kühe entfallen. Der mittlere Laktationstag lag bei 158 Tagen. Die mittlere Milchmenge betrug 11,4 kg je Gemelk und die Kühe besuchten den Melkroboter im Durchschnitt 2,5 Mal pro Tag. Die Aufzeichnungen über Behandlungsmaßnahmen bzw. Erkrankungen erfolgten nach einem detaillierten, festgelegten Schema und sind somit sehr gut vergleichbar und strukturiert. Von den seriell anfallenden Gemelksdaten standen die Milchmenge, die elektrische Leitfähigkeit der Milch und die Milchtemperatur zur Verfügung. In dieser Arbeit wird zunächst nur die elektrische Leitfähigkeit der Milch als Informationsmerkmal genutzt.

### **2.1 Feststellung der Mastitis**

Es wurden sowohl Informationen aus der wöchentlichen Zellzahlbestimmung im Gesamtgemelk als auch Informationen über Euterbehandlungen berücksichtigt. Insgesamt standen die Ergebnisse von 14.298 Proben mit einer durchschnittlichen Zellzahl von 165.000/ml zur Verfügung. Laut Definition der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft e.V. [DV02] liegt eine Mastitis bei Überschreiten der Zellzahl über 100.000 Zellen/ml vor. Diese Grenze wurde auch in der vorliegenden Untersuchung berücksichtigt. Weiterhin dienten auch die aufgezeichneten Behandlungen zur Mastitisfestlegung. Die Produktionstage wurden danach als „Gesund“- bzw. „Kranktage“ eingeteilt. Die unsicheren Zeiträume, d.h. die Zeit bis zehn Tage nach der letzten Behandlung und die zeitlichen Übergänge zwischen einer „Gesundphase“ und einer „Krankphase“ wurden bei der Berechnung der Güteparameter nicht berücksichtigt.

### **2.2 Univariate Methoden**

Es wurden drei univariate Zeitreihenanalyseverfahren zur Mastitiserkennung miteinander verglichen. Die Verfahren beruhen auf der Schätzung eines Erwartungswertes anhand der bereits vorliegenden Daten, der anschließend mit dem wahren Wert verglichen wird. In einigen Management-Informationen-Systemen werden bereits „Moving-Average-Modelle“ zur Überwachung der Eutergesundheit verwendet. Mit diesem Verfahren wird der bei jedem Gemelk neu zu ermittelnde Wert ( $Y_{N+1}$ ) aus dem Mittel der zurückliegenden N Gemelke berechnet. Dabei geht jeder Gemelkswert gleich

gewichtet in den Mittelwert ein. Mit dem „Exponentially-Weighted-Moving-Average“ (EWMA) wird ein erwarteter Wert aus allen vorhergehenden Gemelkswerten berechnet. Jedoch gehen die zeitlich näher am geschätzten Wert liegenden Beobachtungen exponentiell stärker in die Berechnung ein. Durch Variation eines Faktors ( $\lambda$ ) kann die Gewichtung modifiziert werden. Das dritte Verfahren ist die Lokale Regression mittels LOESS-Methode [Co99]. Die Erwartungswerte werden mittels lokaler Regressionsparameter geschätzt. Dabei wird die zeitliche Distanz der einzelnen vorhandenen Messpunkte berücksichtigt und anhand einer geglätteten, mit der Distanz abnehmenden Skalierung gewichtet. Dieses Verfahren wurde so modifiziert, dass nur vorhergehende Werte zur Berechnung des Erwartungswertes genutzt werden. Die verschiedenen Modelle zur Erstellung von Meldungen für das Auftreten von Krankheiten wurden mit den Maßzahlen Sensitivität, Spezifität und Fehlerrate, wie bei Firk et al. [Fi03] im Rahmen der Östruserkennung beschrieben, beurteilt.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 1 sind die Güteparameter Sensitivität (Anteil der richtig erkannten Mastitisblöcke), Spezifität (Anteil der richtig erkannten „Gesundtage“), Fehlerrate (Anteil der Falschmeldungen an allen Mastitimeldungen) sowie wahr positive bzw. falsch positive Kühe / Tag (Anzahl richtig bzw. falsch gemeldeter Kühe je Tag) für die drei untersuchten Verfahren dargestellt.

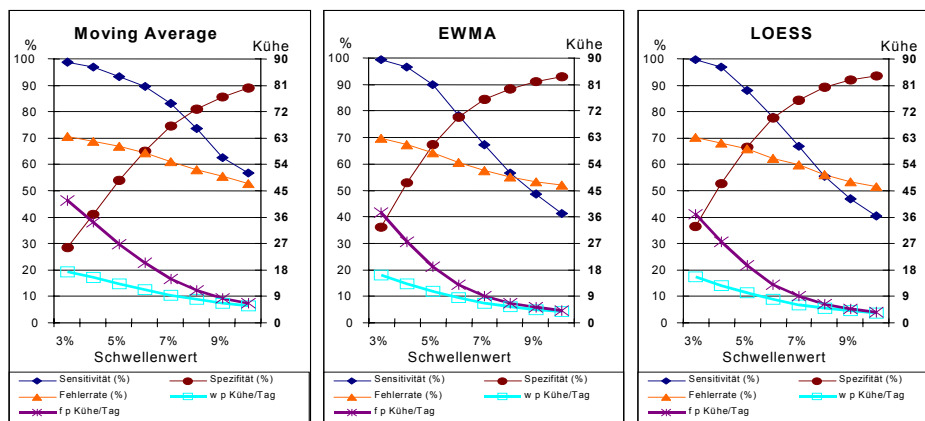


Abbildung 1: Güteparameter der drei untersuchten Zeitreihenanalyseverfahren (f p Kühe/Tag = Anzahl falsch positiver Kühe/Tag; w p Kühe/Tag = Anzahl wahr positiver Kühe/Tag)

Mit steigendem Schwellenwert (Überschreitung des Erwartungswertes in %) war erwartungsgemäß bei allen drei Verfahren eine deutliche Verringerung der Sensitivitäten, eine erhebliche Steigerung der Spezifitäten und eine mittlere Verringerung der Fehlerraten zu erkennen. Die Sensitivität der Mastitisblöcke lag in einem Bereich von 40 bis 99%, die Spezifität zwischen 26 und 93%, die Fehlerrate zwischen 51 und 70%, die Anzahl wahr positiver Kühe/Tag variierte von 4 bis 17% und die Anzahl falsch positiver Tiere/Tag

von 4 bis 42. Bezüglich der Güteparameter unterschieden sich die drei Methoden nur wenig voneinander. Auffallend war nur das stärkere Abfallen der Sensitivität mit steigendem Schwellenwert bei der „Moving-Average-Methode“ (beim Schwellenwert von 10% liegt sie bei 57 vs. 40% bei den anderen zwei Methoden). Gleichzeitig lag die Spezifität bei dieser Methode auf einem etwas niedrigerem Niveau. Die hohen Fehlerraten lassen nicht die Schlussfolgerung zu, dass die Methoden nicht präzise genug sind. Vielmehr ist ein Grund für die hohen Fehlerraten die sehr große Anzahl der „Gesundtage“ verglichen mit den „Kranktagen“, so dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Falschmeldungen verglichen mit den richtigen positiven Meldungen hoch war. Die Zahl der falsch gemeldeten Kühe je Tag ging allerdings mit steigendem Schwellenwert stark zurück. Bei einer Schwelle von 5 % lag die Zahl der fälschlicherweise gemeldeten Kühe bei 10 Tieren je Tag, wobei die Gesamtzahl der Kühe bei ca. 80 Tieren lag. Ein weiterer Grund für die hohen Fehlerraten ist vermutlich in der Erfassung der Leitfähigkeitswerte zu suchen. Nur eine Verbesserung der Sensortechnik könnte zu zuverlässigeren Vorausschätzungen führen.

#### 4 Schlussfolgerung und Perspektiven

Die Anzahl der fälschlich als mastitispositiv diagnostizierten Kühe war sehr hoch. Die Ergebnisse sind übereinstimmend mit denen von de Mol [Mo00] und Mele et al. [Me01] die ebenfalls hohe Fehlerraten ermittelten. Durch eine Erhöhung der Zellzahlgrenze ist mit steigenden Werten für Sensitivität und Fehlerrate zu rechnen, d.h. bedeutsame Eutergesundheitsstörungen lassen sich erwartungsgemäß besser erkennen, allerdings auf Kosten eines Anstiegs im Anteil der falsch gemeldeten Störungen. Folgeuntersuchungen sind nötig, um weitere multivariate Modelle testen zu können, in denen zusätzlich andere Variablen berücksichtigt werden.

#### Literaturverzeichnis

- [AD04] ADR: Rinderproduktion in der Bundesrepublik Deutschland 2003. Jahresbericht der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e. V., Ausgabe 2004.
- [Co99] Cohen, R.A.: An introduction to Proc Loess for Local Regression. Proceedings of the 24<sup>th</sup> SAS Users Group International Conference, 1999; Paper 273.
- [DV02] DVG: Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Bestandsproblem. Sachverständigenausschuss „Subklinische Mastitis“. 4. Auflage, Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e. V., Hannover 2002.
- [Fi03] Firk, R.; Stamer, E.; Junge, W.; Krieter, J.: Oestrus detection in dairy cows based on serial measurements using univariate and multivariate analysis. Arch. Tierz. 46, 2003; S. 127-142.
- [HZ98] Hamann, J.; Zeconi, A.: Evaluation of the electrical conductivity of milk as a mastitis indicator. Bull. IDF 334, 1998; S. 5-26.
- [Me01] Mele, M.; Secchiari, P.; Serra, A.; Ferruzzi, G.; Paoletti, F.; Biagioni, M.: Application of the 'tracking signal' method to the monitoring of udder health and oestrus in dairy cows. Livest. Prod. Sci. 72, 2001; S. 279-284.
- [Mo00] de Mol, R.M.: Automated detection of oestrus and mastitis in dairy cows. Ph.D. Thesis Wageningen, The Netherlands, 2000.