

Schwachstellenanalyse in der Ferkelerzeugung mit Hilfe von Control-Charts

J. Engler¹, K.-H. Tölle¹, H.H. Timm², E. Hohls², J. Krieter¹

¹Institut für Tierzucht und Tierhaltung
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Hermann-Rodewald-Str. 6
D-24118 Kiel

²PIC Deutschland GmbH
Ratsteich 31
D-245837 Schleswig
jengler@tierzucht.uni-kiel.de

Abstract: The aim of this study was to detect arising weak points in pig breeding early for starting counteractive measures. Control-Charts are an instrument for monitoring industrial manufacturing processes and for statistical quality management. Two kinds of these charts were analysed in this study, first the Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)-Charts, and on the other hand the Cumulative Sum (CUSUM)-Charts. Both charts are very good tools for visualising arising weak points, with sensitivities between about 90% to 95%, error rates around 20% to 40%. The mean time until detection was from 4 to 7 weeks depending on the kind of implemented weak point.

1 Einleitung

Kennzeichen der Ferkelerzeugung sind wachsende Betriebe und sinkende Margen, die eine umfassende Organisation des Bestandes erfordern. Diese Entwicklung führt zu einer verstärkten Nachfrage nach Management-Informationssystemen, die das Herdenmanagement erleichtern sollen. Ziel dieser Studie ist es, Schwachstellen in der Ferkelproduktion zu erkennen um diesen zeitnah entgegen wirken zu können. Als Instrument zur Erkennung von Schwachstellen werden sog. Control-Charts anhand simulierter Datensätze verglichen sowie unterschiedliche Einstellungsparameter dargestellt. Zur Zeit werden Control-Charts noch nicht für die Auswertung biologischer Prozessdaten genutzt, zahlreiche Literatur stammt aus dem industriellen Bereich und beschäftigt sich mit der Überwachung von industriellen Produktionsprozessen.

2 Material und Methoden

Control-Charts sind als Instrument für die Überwachung von Produktionsprozessen und für die statistische Qualitätskontrolle entwickelt worden. Die grafische Darstellung eines

Control-Charts erfolgt zweidimensional, wobei der Zeitverlauf auf der Abszisse und Schätzwerte für eine definierte Prozesskenngröße auf der Ordinate aufgetragen werden. Zusätzlich werden Kontrollgrenzen implementiert, die Abweichungen im Prozess übersichtlich aufzeigen. Um die Eignung der Anwendung von Control-Charts in der Ferkelerzeugung zu überprüfen, wurden das EWMA-Chart (Exponentially Weighted Moving Average) und das CUSUM-Chart (Cumulative Sum) verglichen. Als mögliche charakteristische Größen wurden hierfür Wochenmittelwerte aus dem Bereich der Wurfgröße, d.h. gesamt geborene, lebend geborene, tot geborene sowie abgesetzte Ferkel mit Hilfe des Programmpaketes SAS [SA04] simuliert und nachfolgend die zugehörigen Charts erstellt. Als Beispiel dienen im Folgenden die lebend geborenen Ferkel je Wurf. Mit EWMA-Charts wird ein erwarteter Wert aus den Wochenwerten aller vorhergehenden Wochen berechnet. Die zeitlich näher am geschätzten Wert liegenden Wochenwerte gehen exponentiell stärker in die Berechnung ein.

$$\text{EWMA: } \quad x_{t+1} = \lambda * x_t + (1-\lambda) * x_t.$$

Durch die Wahl des λ -Wertes (Glättungsparameter) und des L-Wertes (Faktor für die Standardabweichung bei der Bestimmung der Kontrollgrenzen) werden EWMA-Charts angepasst [Mo97]. CUSUM-Charts stellen die kumulative Summe der Abweichungen zwischen jedem betrachteten Wert und einem Referenzwert dar. Die Anpassung erfolgt durch den Parameter k , der zur Berechnung des Referenzwertes dient, und den Parameter h , der als Faktor für die Berechnung der Kontrollgrenzen benötigt wird [Mo97]. Um die Auswirkungen verschiedener Einstellungsparameter am Beispiel der mittleren Anzahl lebend geborener Ferkel je Produktionswoche zu untersuchen, wurden drei Datensätze auf Basis praxisorientierter Kennzahlen (Mittel = 10,7, σ = 0,5, bezogen auf die Wochen) mit 10000 Datensätzen und jeweils 200 Schwachstellen generiert. Die Datensätze A und B zeigten einen schleichenden Leistungsabfall (A: kumulativ 0,15 Ferkel pro Woche, B: kumulativ 0,25 Ferkel pro Woche). Im Datensatz C wurde ein gleich bleibender konstanter Leistungsabfall über 10 Wochen von 0,5 Ferkeln simuliert. Durch die Variation der Einstellungsparameter wurden die Güteparameter ermittelt (Erkennungswochen, Sensitivität, Fehlerrate, Spezifität), um somit die unterschiedlichen Einstellungen eines Charts sowie die verschiedenen Typen von Charts untereinander vergleichbar zu machen.

3 Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind die verschiedenen Güteparameter der Datensätze A, B und C bei unterschiedlichen λ -Werten dargestellt. Ein hoher λ -Wert gibt naheliegenden Werten mehr Gewicht als ein niedriger λ -Wert. Der L-Wert, der als Faktor für die Standardabweichung bei der Bestimmung der Kontrollgrenzen eine Rolle spielt, wurde zunächst auf 1,96 festgelegt. Die Erkennungswochen geben an, zu welchem Zeitpunkt das Alarmsignal nach Auftreten der Schwachstelle erscheint. Dies ist dann der Fall, wenn die untere Kontrollgrenze unterschritten wird. Der Zeitraum bis zum Erscheinen einer Meldung liegt zwischen 7,3 und 3,9 Wochen, wobei die Fehlerraten von 13,5% auf 46,0% ansteigen. Die höchste Sensitivität von 91,0% bis 96,5% bei einer gleichzeitig hohen Spezifität von 98,3%, wird bei einem λ -Wert von 0,4 erreicht. Die Fehlerraten

(17,1-38,7%) sowie die Erkennungswochen (4,0-6,7 Wochen) liegen dabei auf einem, im Vergleich zu den übrigen errechneten Fehlerraten, geringen Niveau. Wird der λ -Wert bei 0,2 angesetzt, sinken die Fehlerraten zwar weiter auf 13,5% bis 29,8%, gleichzeitig verlängert sich jedoch die Zeit bis zu einer Mitteilung auf 4,4 bis 7,3 Wochen und die Sensitivitäten nehmen ab. Bei der Wahl eines hohen λ -Wertes verringert sich die Zeit bis zu einer Meldung erheblich. Dies geschieht jedoch zu Lasten der Sensitivitäten und hat einen deutlichen Anstieg der Fehlerraten auf 46,0% bis 47,2% zur Folge.

Daten- satz ¹⁾	λ	Erkennungs- wochen	Sensitivität	Spezifität	Fehlerrate
			%	%	%
A	0,2	6,8	89,5	98,9	29,8
B	0,2	7,3	93,0	98,3	13,5
C	0,2	4,4	94,0	98,1	28,8
A	0,4	6,2	91,0	98,3	38,7
B	0,4	6,7	97,0	98,4	17,1
C	0,4	4,0	96,5	98,3	37,3
A	0,6	6,0	88,5	98,1	42,2
B	0,6	7,1	90,0	99,4	8,2
C	0,6	4,0	93,5	93,5	40,8
A	0,8	5,6	86,0	97,7	47,2
B	0,8	3,9	90,5	97,7	46,0
C	0,8	3,9	90,5	97,7	46,0

- ¹⁾ A = Datensatz A, kumulative Abweichung von 0,15 Ferkeln über 10 Wochen
 B = Datensatz B, kumulative Abweichung von 0,25 Ferkeln über 10 Wochen
 C = Datensatz C, in 10 Wochen sinkt die Leistung um 0,5 Ferkel

Tabelle 1: Einstellungs- und Güteparameter des EWMA-Charts, in den Datensätzen A, B und C klassifiziert mit variierenden λ -Werten und einem L-Wert von 1,96.

In Tabelle 2 sind die Güteparameter für das CUSUM-Verfahren dargestellt. Bei einem Vergleich der Werte zu den EWMA-Charts (Tabelle 1) geht hervor, dass beide Verfahren vergleichbare Ergebnisse aufweisen. Die Anzahl der Wochen bis zu einer Meldung liegt zwischen 4,5 und 8,1 bei einer hohen Spezifität von 98,8% bis 99,8% und einer im Vergleich zu den EWMA-Charts geringeren Sensitivität von 70,0 bis 99,0%. Die Fehlerraten liegen, vor allem bei einem k-Wert von 0,5, mit 4,4% bis 13,0% deutlich unter denen der EWMA-Charts. Beide Verfahren sind mit der richtigen Wahl der Einstellungsparameter zum Auffinden von Schwachstellen geeignet. Für das EWMA-Chart sollte der λ -Wert von 0,4 oder niedriger gewählt werden, um eine hohe Sensitivität sowie Spezifität zu erhalten und gleichzeitig die Erkennungswochen auf einem niedrigen Niveau zu halten. Bei der Einstellung des CUSUM-Charts ist $k = 0,5$ vorzuziehen. Die Sensitivitäten sind geringer als bei $k = 0,25$, aber die Spezifitäten liegen sehr hoch und die Fehlerraten sind mit 4,4% bis 14,0% niedrig. EWMA- wie auch CUSUM-Charts sind generell für das Aufdecken kleiner Abweichungen vom Prozessmittel geeignet. Sie decken nach Montgomery [Mo97] Abweichungen von 0,5 bis 2σ schneller auf als z.B. Shewart-Charts, bei denen nur der aktuelle Wert mit dem Prozessmittel verglichen wird.

Datensatz ¹⁾	k	h	Erkennungs- wochen	Sensitivität %	Spezifität %	Fehlerrate %
A	0,25	4	6,5	87,0	98,8	30,7
B	0,25	4	5,5	99,5	98,9	20,1
C	0,25	4	4,5	92,0	98,8	29,5
A	0,5	4	8,1	70,0	99,7	13,0
B	0,5	4	6,7	99,0	99,8	4,4
C	0,5	4	5,9	81,5	99,7	11,4

¹⁾ A = Datensatz A, kumulative Abweichung von 0,15 Ferkeln über 10 Wochen
B = Datensatz B, kumulative Abweichung von 0,25 Ferkeln über 10 Wochen
C = Datensatz C, in 10 Wochen sinkt die Leistung um 0,5 Ferkel

Tabelle 2: Einstellungs- und Güteparameter des CUSUM-Charts, in den Datensätzen A, B und C klassifiziert mit variierenden k-Werten und h-Werten von 4.

In dieser Untersuchung wird deutlich, dass Control-Charts auf die jeweilige Situation und das zu untersuchende Merkmal angepasst werden müssen [WJ99]. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei der Lage der Grenzen zu. Wird die untere Kontrollgrenze zu groß gewählt, so können negative Ausschläge nicht wahrgenommen und somit nicht gemeldet werden. Bei der Wahl einer zu niedrigen Grenze kommt es häufig zu einem Alarm, der jedoch auf der natürlichen Schwankung der Wochenwerte beruht. Tritt ein häufiger Fehlalarm auf, wird die Aussage und damit die Hilfestellung, welche diese Charts leisten können, deutlich gemindert.

4 Schlussfolgerung

Sowohl mit EWMA- wie auch CUSUM-Charts können schleichende Abweichungen im Produktionsprozess der Ferkelerzeugung gut erkannt werden.

Eine Anpassung der Charts an die Verwendung von biologischen Prozessdaten spielt eine wichtige Rolle. Auf Grund der vorliegenden Erkenntnisse ist es sinnvoll, Control-Charts in der Ferkelerzeugung zu nutzen, um dadurch schleichende Schwachstellen schneller aufdecken zu können und somit den Verlust, der durch absinkende Leistung entsteht, zeitnah entgegenwirken zu können. Die Möglichkeit der grafischen Darstellung macht diese Charts für die Nutzung in einem computergestützten Management-Informationssystem interessant.

Literaturverzeichnis

- [Mo97] Montgomery, D. C.: Introduction to statistical quality control. 3rd ed., John Wiley&Sons, Inc., New York, 1997; 313-343.
- [SA04] SAS Institute Inc. : SAS/STAT User's Guide, Version 8.2; 2004.
- [WJ99] Weihs, C.; Jessenberger, J.: Statistische Methoden zur Qualitätssicherung und -optimierung in der Industrie. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 1999; 305-319.