

## Brustbeindeformationen bei Legehennen aus ökologisch wirtschaftenden Betrieben in Deutschland und Österreich

MARION STAACK<sup>1</sup>, BETTINA GRUBER<sup>2</sup>, CHRISTIANE KEPPLER<sup>1</sup>, KATRINA ZALUDIK<sup>2</sup>,  
KNUT NIEBUHR<sup>2</sup> & UTE KNIERIM<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften,  
Fachgebiet Nutztierethologie und Tierhaltung, Nordbahnhofstr. 1a,  
D-37213 Witzenhausen, m.staack@wiz.uni-kassel.de

<sup>2</sup> Veterinärmedizinische Universität Wien, Institut für Tierhaltung  
und Tierschutz, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien

### Zusammenfassung

Brustbeindeformationen bei alternativ gehaltenen Legehennen weisen auf mögliche tierschutzrelevante Probleme hin und werden daher seit einiger Zeit zunehmend diskutiert. Es können ggf. Verkrümmungen oder Verdickungen des Brustbeins der Legehennen festgestellt werden, die wahrscheinlich in den meisten Fällen nach Knochenbrüchen, zum Teil aber auch als Knochenverformung durch Druckeinwirkung entstanden sind. In beiden Fällen stellt der Verlust an vollständig mineralisierter Knochensubstanz (Osteoporose) eine wichtige Prädisposition dar.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, den derzeitigen Brustbeinzustand der Legehennen auf einer größeren Zahl ökologischer Betriebe zu erfassen und zu explorieren, welche Faktoren bezüglich Haltung und Management in der Aufzucht und Legehennenhaltung ein Risiko für Brustbeinveränderungen bedeuten könnten. In 23 ökologischen Aufzuchtherden und nachfolgend jeweils zwei Legeherden in Deutschland und Österreich wurden Daten zum Haltungssystem und zum Management erhoben und je 30 Hennen pro Herde einmalig im Alter von 16 bis 18 Wochen bzw. in der 30. bis 40. Lebenswoche hinsichtlich des Brustbeinzustandes visuell und durch Tasten untersucht. In gleicher Weise wurden in 27 bzw. 54 konventionel-

len Aufzucht- bzw. Legeherden Daten erhoben.

Im Durchschnitt hatten 28,3 % ( $\pm 14,6$ ) der ökologischen Legehennen Brustbeindeformationen. Gegenüber den konventionellen Hennen mit durchschnittlich 27,1 % ( $\pm 16,6$ ) war das nicht signifikant unterschiedlich. Auch die Haltungssysteme der Legehennen (Volierenhaltung, Bodenhaltung) hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Anteile der Hennen mit Brustbeinveränderungen.

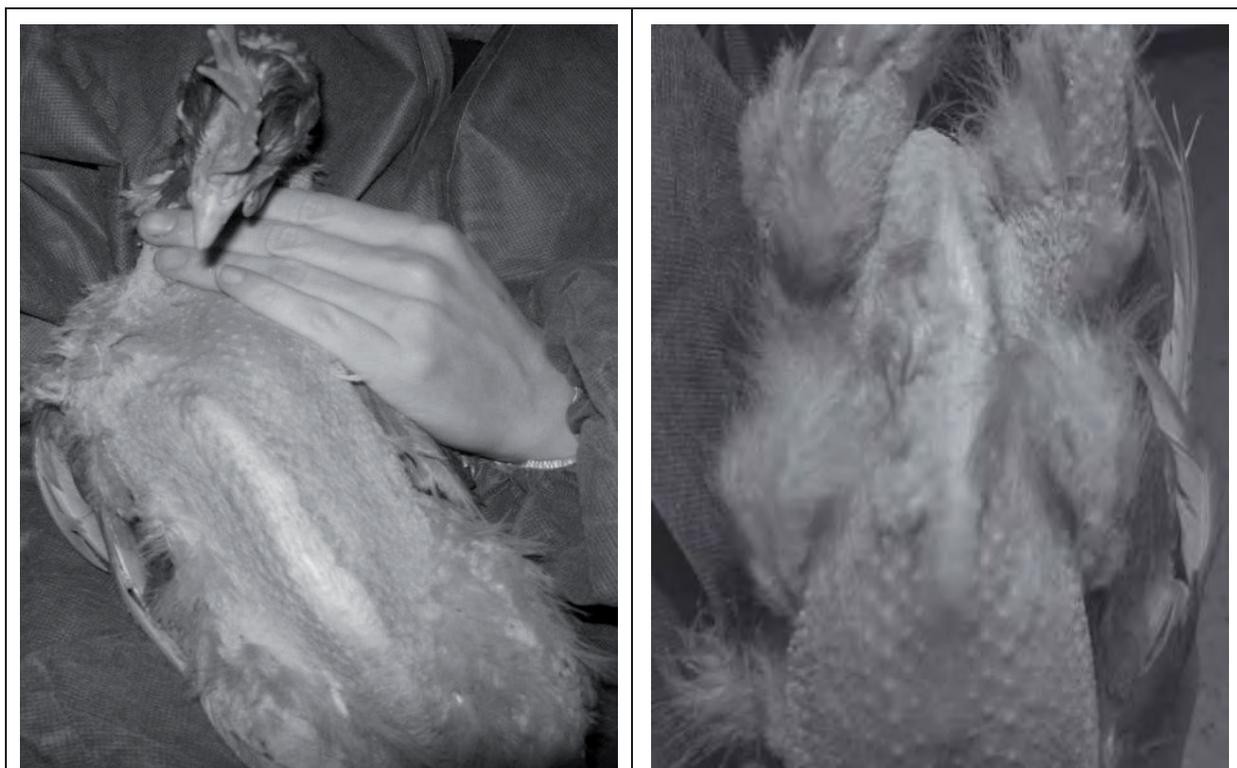
Als wichtige Einflussfaktoren während der Aufzucht wurden für die ökologischen Herden die Höhe der niedrigsten Ebene oder Sitzstange und die Besatzdichte identifiziert. Aus der durchgeführten explorativen Regressionsbaumanalyse können mögliche Grenzwerte abgeleitet werden. Junghennenherden, die zum Ende der Aufzuchtperiode weniger als 40 cm überwinden mussten, um die niedrigste erhöhte Ebene im Stall zu erreichen und Junghennen, die zum Ende der Aufzuchtperiode unter einer Besatzdichte von höchstens 9 Hennen/m<sup>2</sup> gehalten wurden, wiesen während der Legeperiode einen geringeren Anteil Tiere mit Brustbeinveränderungen auf als Herden, die entsprechend höhere Ebenen oder Sitzstangen erreichen mussten oder die in einer höheren Besatzdichte gehalten wurden.

Während der Legeperiode wirkten sich ein Sitzstangenangebot von weniger als 9,6 cm/Henne und das Anbieten von Sitzstangen mit unterschiedlichen Abmessungen positiv auf den Anteil Tiere mit Brustbeinveränderungen aus. Entgegen den Ergebnissen anderer Untersuchungen und unseren Erwartungen traten weniger Brustbeinveränderungen in Herden mit schmalen Sitzstangenbreiten (weniger als 3,5 cm) auf.

Maßnahmen zur Verminderung des Auftretens von Brustbeinveränderungen sind aus Tierschutzsicht dringend erforderlich. Weitere Forschung zur Optimierung des Sitzstangendesigns im Hinblick auf die Druckbelastung auf das Brustbein sowie zur Anordnung der Sitzstangen im Raum hinsichtlich einer leichten Anfliegbarkeit der Stangen erscheint sinnvoll. Gleichzeitig bestä-

## Einleitung

Brustbeindeformationen bei Legehennen in alternativen Haltungssystemen sind ein weit verbreitetes Problem und werden aufgrund ihrer Tierschutzrelevanz zunehmend diskutiert. In alternativen Haltungssystemen wurden Brustbeinverformungen bei Legehennen zum Ende der Legeperiode in einer Spannweite von 10 bis 92 % betroffener Tiere pro Herde aufgefunden (Keutgen et al., 1999; Fleming et al., 2004; Lickteig, 2006). Brustbeinveränderungen sind gut sichtbar oder ertastbar (Beispiele siehe Abb. 1 und 2) und hinsichtlich ihres Schweregrades zu beurteilen, aber ob die Verformung von einer Fraktur herrührt oder aufgrund von Druckeinwirkung entstanden ist, kann nur durch eine histologische Untersuchung eindeutig festgestellt werden (Scholz et al., 2008a). In beiden



**Abbildung 1 (links): Legehenne mit Brustbeindeformation (Verdickung)**

**Abbildung 2 (rechts): Legehenne mit Brustbeindeformation (Verkrümmung und Verdickung)**

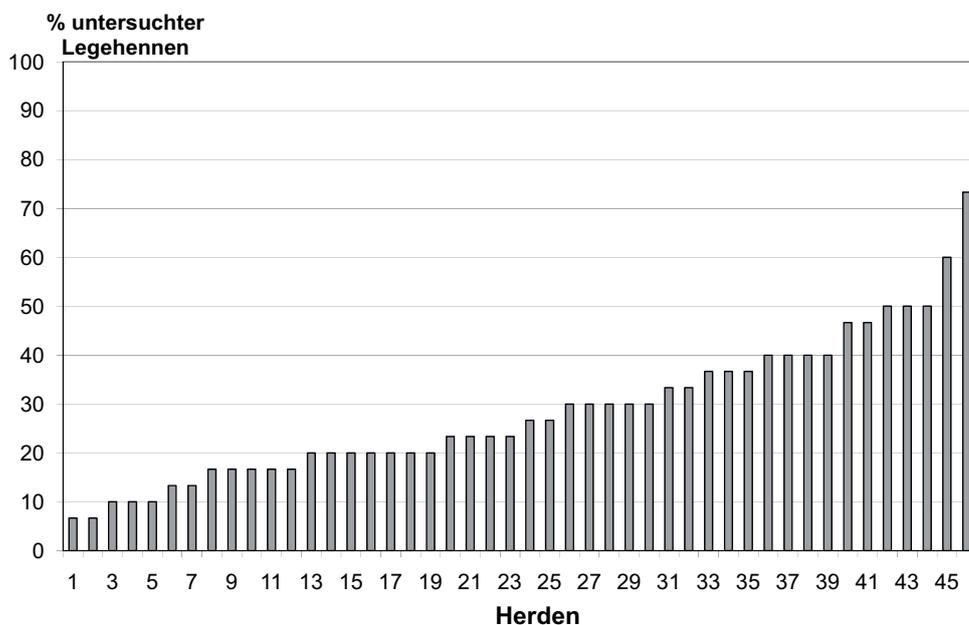
tigen die Ergebnisse, dass die Bedingungen der Aufzucht bei Präventionsmaßnahmen berücksichtigt werden sollten.

Fällen wirkt der Verlust an vollständig mineralisierter Knochensubstanz (Osteoporose) begünstigend, da sie eine verminderte Knochenfestigkeit und eine erhöhte An-

fälligkeit der Knochen für Frakturen zur Folge hat (Knowles & Broom, 1993; Fleming et al., 1998; Whitehead, 1999). Osteoporose beginnt mit dem Erreichen der Geschlechtsreife und schreitet im Laufe der Legeperiode fort (Wilson et al., 1992). Ihr Auftreten kann mit dem hohen Kalziumbedarf für die Eischalenproduktion begründet werden (Fleming et al., 1998). Der offensichtliche Einfluss des Kalziumstoffwechsels zeigte sich in einer epidemiologischen Untersuchung in alternativen Haltungssystemen: Herden, die 50 % Legeleistung früh erreichten, oder in denen Probleme mit der Eischalenqualität bestanden, wiesen häufiger Brustbeinveränderungen auf (Niebuhr et al., 2008). Dennoch konnten in verschiedenen Fütterungsversuchen durch eine Modifizierung der Rationszusammensetzungen keine grundsätzlichen Verbesserungen des Skelettzustandes der Legehennen erreicht werden (Übersicht von Newmann & Leeson, 1997). Ein Grund hierfür ist die für Vögel typische Veränderung des Knochenaufbaus mit Be-

ginn der Geschlechtsreife, die unter dem Einfluss von Östrogen stattfindet und die die Kalziumverfügbarkeit für die Eischalenproduktion gewährleisten soll. Diese Veränderung in der Knochenstruktur führt zu einer verminderten Knochenfestigkeit und kehrt sich erst um, wenn die Eiproduktion eingestellt wird (Whitehead, 2004).

Die Bruchfestigkeit der Knochen kann jedoch durch eine vermehrte Beanspruchung aufgrund von mehr Bewegung erhöht werden (Lanyon et al., 1986). Dementsprechend ist der Verlust an Knochen substanz am deutlichsten ausgeprägt in konventionellen, gefolgt von ausgestalteten Käfigen, und am geringsten in alternativen Haltungssystemen (Fleming et al., 1994; Barnett et al., 1997; Knowles & Broom, 1990; Scholz et al., 2008b). Andererseits wurden in alternativen Haltungssystemen höhere Anteile an Hennen mit verheilten Knochenbrüchen gefunden (Noorgard-Nielsen, 1990; Gregory et al., 1994; Gregory & Wilkins, 1996).



**Abbildung 3: Prozentualer Anteil Legehennen mit Brustbeindeformationen je Herde in 46 ökologischen Betrieben in Deutschland und Österreich**

Bereits bei ausgestalteten Käfigen wurden im Vergleich zu konventionellen Käfigen häufiger Brustbeindeformationen festgestellt (Tauson & Abrahamsson, 1994; Abrahamsson et al., 1996; Tauson & Holm, 2001), was auf die Sitzstangennutzung in den ausgestalteten Käfigen zurückgeführt wurde. Als wichtige Einflussfaktoren auf Brustbeindeformationen bei Hennen in ausgestalteten Käfigen wurden die Intensität (Appleby et al., 1992) und Art der Nutzung (stehend oder sitzend) (Weitzenbürger, 2005) sowie Form (Tauson & Abrahamsson, 1994; Weitzenbürger, 2005) und Härte (Abrahamsson et al., 1996) der Sitzstangen identifiziert. Dies scheint die Bedeutung von Druckbelastungen auf das Brustbein zu unterstreichen.

Eine wahrscheinlich noch größere Rolle spielt die Gefahr von Knochenbrüchen aufgrund höherer Bewegungs- und Kollisionsmöglichkeiten mit den Sitzstangen. So können Brustbeinfrakturen in alternativen Systemen durch ein fehlerhaftes Anfliegen von erhöhten Ebenen oder Sitzstangen entstehen (Keutgen et al., 1999). Hennen mit stärkerer Nutzung der Sitzstangen in einer Bodenhaltung mit erhöhten Sitzstangen zeigten beispielsweise mehr verheilte Brustbeinfrakturen, die wahrscheinlich durch fehlerhaftes Anfliegen entstanden waren, als Tiere mit geringerer Sitzstangennutzung (Freire et al., 2003).

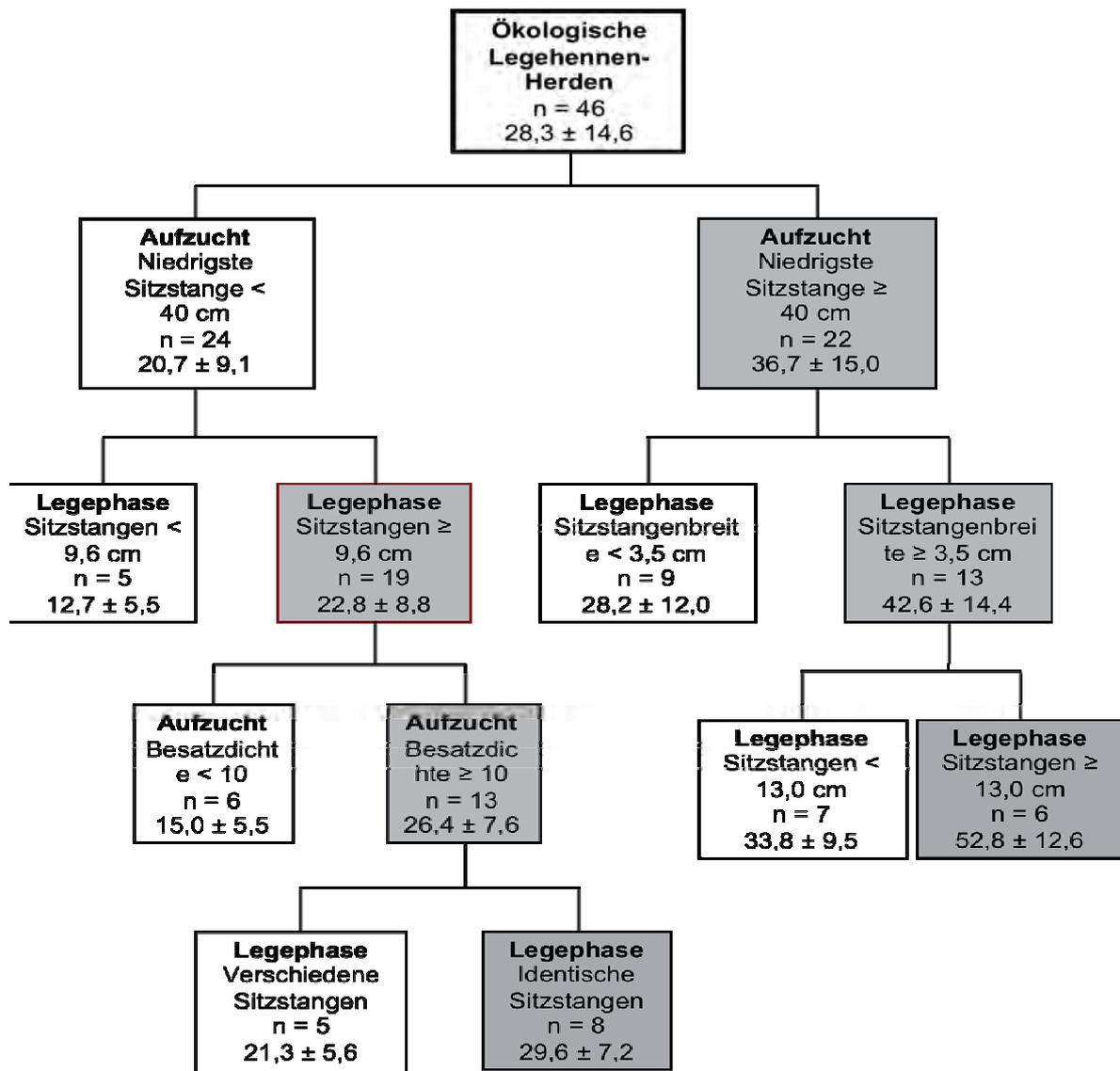
Da sich das Vermögen zur räumlichen Orientierung und damit die Fähigkeit erhöhte Strukturen effektiv zu nutzen, während der ersten acht Lebenswochen ausbildet (Gunnarsson et al., 2000), kann angenommen werden, dass durch eine adäquate Aufzucht der Junghennen mit einer frühzeitigen Gewöhnung an erhöhte Ebenen die Gefahr von Knochenbrüchen während der Legeperiode verringert werden kann. Inzwischen wird ein sehr großer Anteil Junghennen, die für die Haltung in alternativen Systemen bestimmt sind, mit frühem Zugang zu erhöhten Sitzstangen aufgezogen. In der ökologischen Junghennenaufzucht kann das als Standard angesehen werden. Insofern stellte sich die Frage, wie sich insbe-

sondere auf ökologischen Betrieben der Brustbeinzustand der Legehennen derzeit darstellt und welche weiteren Faktoren bezüglich Haltung und Management in der Aufzucht und Legehennenhaltung ein Risiko für Brustbeinveränderungen bedeuten könnten.

### **Tiere, Material und Methoden**

Insgesamt wurden 23 ökologische Aufzuchtbetriebe und jeweils zwei nachfolgende Legehennenbetriebe ( $n = 46$ ) in Österreich und Deutschland (12 bzw. 24 Betriebe in Österreich, 11 bzw. 22 Betriebe in Deutschland) besucht. An jeweils einem Tag in der 16. bis 18. Lebenswoche bzw. in der 30. bis 40. Lebenswoche wurden die Daten aufgenommen. Die Haltungsbedingungen der Jung- und Legehennen wurden durch Messen, Zählen und Beurteilen in den Ställen erfasst und die Managementpraktiken mit Hilfe eines detaillierten Fragebogens erfragt. In gleicher Weise wurden Daten auf 27 bzw. 54 konventionellen Betrieben mit alternativen Haltungssystemen aufgenommen. Die Tiere aller untersuchten Herden waren braun legende Hybriden aus insgesamt acht verschiedenen Herkünften. Eine Zufallsstichprobe von jeweils 30 Tieren wurde gewogen, der Gefieder- und Hautzustand bonitiert und das Brustbein mit zwei Fingern abgetastet um eventuelle Verkrümmungen oder Verdickungen (Abweichung von einer geraden Brustbeinlinie) festzustellen. Der Grad der Abweichung wurde nicht differenziert erhoben.

Der Anteil der untersuchten Jung- und Legehennen mit Brustbeinveränderungen pro Herde wurde berechnet und die Daten explorativ mit einer Regressionsbaumanalyse (Breimann et al., 1984) untersucht. Eine Regressionsbaumanalyse ist eine nicht-parametrische Analyse bei der die Daten anhand von binären Entscheidungskriterien in Klassen unterteilt werden, in denen bestimmte Faktoren ähnliche Auswirkungen haben. In aufeinander folgenden Berechnungsschritten wird nach derjenigen unabhängigen Variable gesucht, die eine



**Abbildung 4: Ergebnis der Regressionsbaumanalyse für die abhängige Variable „Anteil der untersuchten Legehennen mit Brustbeindeformationen“ (n = Zahl der Herden, Mittelwert %-Anteil Hennen mit Brustbeindeformationen ± Standardabweichung)**

größtmögliche Verringerung der Variabilität der abhängigen Variablen bewirkt. Dieser Prozess wird wiederholt, bis sich die für die Unterteilung in Frage kommenden Faktoren in der Summe ihrer Quadrate nur wenig unterscheiden oder weniger als fünf Fälle pro Klasse übrig sind.

In die Analyse flossen 34 unabhängige Variablen aus der Aufzucht- und der Legephase ein, die entweder als dichotome oder kontinuierliche Merkmale vorlagen. Da jeweils die Hennen zweier Legebetriebe

aus einem Aufzuchtbetrieb stammten, wurden die Datensätze der Aufzuchtbetriebe für die Analyse entsprechend verdoppelt. Für Mittelwertvergleiche wurde der Mann-Whitney-U-Test angewandt, Korrelationen wurden mit der Spearman-Korrelationsanalyse berechnet.

### Ergebnisse und Diskussion

In allen Legehennenherden wurden Tiere mit Brustbeinveränderungen vorgefunden (Abb. 3). Im Durchschnitt wiesen 28,3 %

( $\pm 14,6$ ) der ökologischen Legehennen Brustbeindeformationen auf, was sich nicht signifikant von den konventionellen Herden ( $27,1 \% \pm 16,6$ ,  $p=0,953$ ) unterschied.

Auch zwischen den österreichischen ( $29,3 \% \pm 15,3$ ) und deutschen ( $27,3 \% \pm 14,1$ ;  $p=0,707$ ) ökologischen Herden und zwischen den Haltungssystemen (Bodenhaltung:  $n= 40$ ,  $29,2 \% \pm 14,8$ , Volierenhaltung:  $n= 6$ ,  $22,8 \% \pm 12,5$ ;  $p=0,280$ ) wurden keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf Brustbeindeformationen gefunden. Ein linearer Zusammenhang zwischen dem Brustbeinzustand der Junghennen am Ende der Aufzucht und dem späteren Brustbeinzustand der Legehennen konnte ebenfalls ausgeschlossen werden (Spearman's Rho  $0,176$ ,  $p=0,079$ ). In acht der 23 ökologischen Aufzuchttherden wurden keine Junghennen mit Brustbeinveränderungen erfasst. Im Durchschnitt wiesen  $10,4 \% (\pm 12,7)$  der Junghennen Brustbeinveränderungen auf.

Die Regressionsbaumanalyse (Abb. 4) ergab, dass auf ökologischen Betrieben während der Aufzucht die Höhe der niedrigsten Ebene oder Sitzstange und die Besatzdichte das Auftreten von Brustbeinveränderungen in der Legeperiode beeinflussen. Junghennenherden, die zum Ende der Aufzuchtphase weniger als 40 cm überwinden mussten, um die niedrigste erhöhte Ebene im Stall zu erreichen und Junghennen, die zum Ende der Aufzuchtphase unter einer Besatzdichte von höchstens 9 Hennen/m<sup>2</sup> gehalten wurden, wiesen während der Legephase einen geringeren Anteil Tiere mit Brustbeinveränderungen auf als Herden, die entsprechend höhere Ebenen oder Sitzstangen erreichen mussten oder die in einer höheren Besatzdichte gehalten wurden. Möglicherweise führt eine bessere frühe Erreichbarkeit niedrigerer Ebenen und der erhöhte Freiraum zu einer verminderten Verletzungsgefahr während der Aufzuchtphase und zu einer erhöhten Übung in der Nutzung der dritten Dimension, die auch die Verletzungsgefahr während der Legeperiode vermindern könnte. Weitere Untersuchungen hierzu sind aber notwen-

dig.

Für die Legephase wurden das Angebot erhöhter Sitzstangen, die Sitzstangenbreite und die Möglichkeit, Sitzstangen unterschiedlicher Durchmesser oder Höhen und Breiten zu nutzen, als wichtige Faktoren identifiziert. Betriebe, die weniger als 9,6 cm erhöhte Sitzstange/Henne und solche, die Sitzstangen mit unterschiedlichen Abmessungen anboten, wiesen weniger Tiere mit Brustbeinveränderungen auf. Ein höheres Angebot erhöhter Sitzstangen könnte zu einer entsprechend höheren Nutzung führen. Diese könnte bei ungünstiger Gestaltung der Sitzstangen und bei durchweg einheitlichen Abmessungen eine gleichförmige Druckbelastung auf das Brustbein verursachen, so wie es aus Untersuchungen in ausgestalteten Käfigen berichtet wurde, nach denen eine hohe Sitzstangennutzung mit gleichförmiger Druckbelastung auf das Brustbein zu mehr Brustbeindeformationen führte (Appleby et al., 1992; Wahlström et al., 2001; Weizenbürger, 2005). Es könnte aber auch sein, dass die vermehrt angebotenen Sitzstangen die Übersichtlichkeit und das erfolgreiche Anfliegen der Stangen erschweren und dadurch zu mehr Unfällen mit Folge von Knochenbrüchen geführt haben. Entgegen den Ergebnissen anderer Untersuchungen (Niebuhr et al., 2008) und unseren Erwartungen traten weniger Brustbeinveränderungen in Herden mit schmalere Sitzstangenbreiten (weniger als 3,5 cm) auf. Hierfür haben wir zurzeit keine plausible Erklärung. Insgesamt wird aber unterstrichen, dass die tierverträgliche Gestaltung der Sitzstangen und deren Anordnung im Raum ein wichtiges Untersuchungsthema für die Zukunft ist.

Trotz des Angebots erhöhter Sitzstangen innerhalb der ersten acht Lebenswochen in allen Aufzuchttherden, bewegen sich die von uns festgestellten 7 % bis 73 % Legehennen mit Brustbeinveränderungen je Herde durchaus in den in der Literatur beschriebenen Größenordnungen. Zu berücksichtigen ist zudem, dass die Untersuchung der Hennen zwischen der 30. und 40. Le-

benswoche und nicht am Ende der Legephase erfolgte, und somit eine weitere Zunahme der Anteile an Tieren mit Veränderungen mit fortschreitender Osteoporose zu erwarten ist. Aus Tierschutzsicht sind die im Schnitt von uns vorgefundenen fast ein Drittel Tiere mit Veränderungen längerfristig nicht akzeptabel. Zwar ist die Tierschutzrelevanz druckbedingter Knochenverformungen nicht eindeutig einzuordnen, aber in den Fällen, in denen die Verformung durch eine Brustbeinfraktur bedingt war, kann davon ausgegangen werden, dass diese mit erheblichen Schmerzen für die Tiere verbunden war. Scholz et al. (2008a) zeigten in histologischen Untersuchungen, dass bei als hochgradig eingestuften Brustbeinveränderungen 100 % frakturbedingt waren, bei mittelgradiger Ausprägung 80 % und bei geringgradig verformten Brustbeinen immerhin noch 50 %. Somit ist es trotz fehlender Differenzierung der Verformungen und histologischer Untersuchungen wahrscheinlich, dass die erfassten Brustbeinverformungen zu einem großen Teil frakturbedingt waren (Fleming et al., 2004). Daher besteht dringender Handlungsbedarf, das Auftreten dieser Schäden zu reduzieren. Aus Sicht des Legehennenhalters geht es vor allem darum, Unfälle, also Kollisionen der Tiere mit Stalleinrichtungen, zu vermeiden. Eine gute Beobachtung der Hennen, um festgestellte Unfallrisiken zu mindern, sowie ein ruhiger Umgang mit den Tieren, um unkontrollierte Fluchtversuche möglichst gering zu halten, sind wahrscheinlich weitere bedeutende Einflussfaktoren, die in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt werden konnten. Dies gilt auch für die Fütterung im Hinblick auf den Kalziumhaushalt der Legehennen sowie die Genetik der Tiere (Bishop et al., 2000; Fleming et al., 2004; Knowles & Broom, 1990), die in zukünftige Forschung neben den oben angesprochenen Fragen zu Sitzstangendesign und –anordnung einbezogen werden sollten.

## Danksagung

Wir danken den beteiligten Landwirten herzlich für die Möglichkeit, die Untersuchung auf ihren Betrieben durchzuführen und für die gute Zusammenarbeit.

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des BMELV über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE). Außerdem wurde die Untersuchung im Rahmen des Welfare Quality® Projektes finanziell gefördert, das von der Europäischen Kommission innerhalb des sechsten Rahmenprogramms, Vertragsnr. FOOD-CT-2004-506508 co-finanziert wird. Dieser Artikel repräsentiert die Meinung der Autoren und nicht notwendigerweise die Position der Europäischen Kommission, die nicht für die Verwendung dieser Information haftet.

## Literatur

- Abrahamsson, P., Tauson, R., Appleby, M. C. (1996): Behaviour, health and integument of four hybrids of laying hens in modified and conventional cages. *Brit. Poult. Sci.* 37, 521-540.
- Appleby, M.C., Smith, S. F., Hughes, B. O. (1992): Individual perching behaviour of laying hens and its effects in cages. *Brit. Poult. Sci.* 33, 227-238.
- Barnett, J. L., Glatz, P. C., Newmann, E. A., Cronin, G. M. (1997): Effects of modifying layer cages with perches on stress physiology, plumage, pecking and bone strength of hens. *Austral. J. Exp. Agric.*, 37, 523-529.
- Bishop, S.C., Fleming, R.H., McCormack, H.A., Flock, D.K., Whitehead, C.C. (2000): Inheritance of bone characteristics affecting osteoporosis in laying hens. *Brit. Poult. Sci.* 41, 33-40.
- Breimann, L., Freidmann, J. H., Olshen, R. A., Stone, C. J. (1984): *Classification and Regression Trees*. Wadsworth International Group, Belmont, Calif.
- Fleming, R.H., McCormack, H.A., Whitehead, C.C. (1998): Bone structure and strength at different ages in laying hens and effects of dietary particulate limestone, vitamin K and ascorbic acid. *Brit. Poult. Sci.* 39, 434-440.
- Fleming, R. H., McCormack, H. A., McTeir, L., Whitehead, C. C. (2004): Incidence, pathology and prevention of keel bone deformities in the laying hen. *Brit. Poult. Sci.* 45:3, 320-330.

- Fleming, R.H., Whitehead, C.C., Alvey, D., Gregory, N.G., Wilkins, L.J. (1994): Bone structure and breaking strength in laying hens housed in different husbandry systems. *Brit. Poult. Sci.* 35, 651—662.
- Freire, R., Wilkins, L. J., Short, f., Nicol, C. J. (2003): Behaviour and welfare of individual laying hens in a non-cage system. *Brit. Poult. Sci.* 44, 22-29.
- Gregory, N. G., Wilkins, L.J. (1996): Effect of age on bone strength and the prevalence of broken bones in perchery laying hens. *New Zealand Vet. J.*, 44:1, 31—32.
- Gregory, N.G., Wilkins, L.J., Knowles, T.G., Sorensen, P., Van Niekerk, T. (1994): Incidence of bone fractures in European layers. *Proceedings of the 9th European Poultry Conference*, Vol. 2, Glasgow, UK. 126—128.
- Gunnarsson, S., Yngvesson, J., Keeling, L. J., Forkman, B. (2000): Rearing without early access to perches impairs skills of laying hens. *Appl. Anim. Beh. Sci.* 67, 217-228.
- Keutgen, H., Wurm, S., Ueberschär, S. (1999): Pathologisch-anatomische Untersuchungen bei Legehennen aus verschiedenen Haltungssystemen. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 106, 127-133.
- Knowles, T.G., Broom, D. M. (1990): Limb bone strength and movement in laying hens from different housing systems. *Vet. Rec.*, 126, 354—356.
- Knowles, T. G., Broom, D. M. (1993): Effect of bone strength on the frequency of broken bones in hens. *Res. Vet. Sci.* 54, 15—19.
- Lanyon I. E., Rubin, C. T., Baust, G. (1986): Modulation of bone loss during calcium insufficiency by controlled dynamic loading. *Calc. Tissue Int.* 38, 209-216.
- Lickteig, E. (2006): Vergleich der zwei Legehennenlinien Lohmann Selected Leghorn-Classik und Lohmann Brown-Classik unter den Bedingungen des Feldversuchs im Bezug auf Verhalten, Gesundheit und Leistung in Volierenhaltung. *Dissertation Tierärztl. Fakultät d. Ludwig-Maximilians-Universität München.*
- Newmann, S., Leeson, S. (1997): Skeletal integrity in layers at the completion of egg production. *World's Poult. Sci. J.* 53, 265-277.
- Niebuhr, K., Lugmair, A., Gruber, B., Zaludik, K. (2008): Keel bone damage of laying hens kept in non-cage systems in Austria. In: *Proc. 4th Int. Workshop of the Assessment of Animal Welfare at Farm and Group Level (WAFL)*. 10.–13.9.08, Ghent, Belgium, S. 49
- Noorgard-Nielsen, G. (1990): Bone strength of laying hens kept in an alternative system, compared with hens in cages and on deep-litter. *Brit. Poult. Sci.*, 31, 81—89.
- Scholz, B., Rönchen, S., Hamann, H., Hewicker-Trautwein, M., Distl, O.:(2008a): Keel bone condition in laying hens: a histological evaluation of macroscopically assessed keel bones. *Berliner und Münchener tierärztl. Wschr.* 121, 89-94.
- Scholz, B., Rönchen, S., Hamann, H., Sürrie, C., Neumann, U., Kamphues, J., Distl, O.: (2008b): Evaluation of bone strenght, keel bone deformity and egg quality of laying hens housed in small group housing systems and furnished cages in comparison to an aviary housing system. *Arch. Tierz.* 51, 2, 179-186.
- Tauson, R., Abrahamsson, P. (1994): Foot and skeletal disorders in laying hens; effects of perch design, hybrid, housing system and stocking density. *Acta agriculturae Scandinavica*, 44, 110—119.
- Tauson, R., Holm, K. E. (2001): First furnished small group cages for laying hens in evaluation program on commercial farms in Sweden. In: OESTER, H., WYSS, C. (Hrsg.): *Proceedings of the 6th European Symposium on Poultry Welfare 2001*, Bern, 26-32.
- Wahlström, A., Tauson, R., Elwinger, K. (2001): Plumage condition and health of aviary-kept hens fed mash or crumbled pellets. *Poult. Sci.* 80, 266-271.
- Weitzenbürger, D. (2005): Evaluierung von Kleingruppenhaltung und ausgestalteten Käfigen hinsichtlich Gesundheitsstatus, Körperzustand und bestimmter ethologischer Parameter bei den Legehennenlinien Lohmann Selected Leghorn und Lohmann Brown. *Dissertation Tierärztl. Hochschule Hannover.*
- Whitehead, C. C. (1999): Reducing osteoporosis in laying hens. *World Poult.* 15, 78-82.
- Whitehead, C. C. (2004): Overview of bone biology in the egg-laying hen. *Poult. Sci.* 83, 193-199.
- Wilson, S., Duff, S. R. I., Whitehead, C. C. (1992): Effects of age, sex and housing on the trabecular bone of laying strain domestic fowl. *Res. Vet. Sci.* 53, 52-58.