



**University of  
Zurich**<sup>UZH</sup>

**Zurich Open Repository and  
Archive**

University of Zurich  
University Library  
Strickhofstrasse 39  
CH-8057 Zurich  
[www.zora.uzh.ch](http://www.zora.uzh.ch)

---

Year: 2010

---

## **Kalziumstoffwechsel bei verschiedenen Tierarten**

Liesegang, Annette

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich  
ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-36042>  
Book Section

Originally published at:

Liesegang, Annette (2010). Kalziumstoffwechsel bei verschiedenen Tierarten. In: Kreuzer, M; Lanzini, T; Wanner, M; Bruckmaier, R; Bee, G. Landwirtschaftliche und veterinärmedizinische Tierernährungsforschung im Verbund. Zurich: ETH Zürich Institut für Pflanzen-, Tier- und Agrarökosystem-Wissenschaften, 53-63.

# Kalziumstoffwechsel bei verschiedenen Tierarten

A. Liesegang

Institut für Tierernährung, Vetsuisse Fakultät, Universität Zürich, 8057 Zürich, Schweiz

Kontaktperson: [aliese@vetphys.uzh.ch](mailto:aliese@vetphys.uzh.ch)

## Einleitung

Im Körper von Wirbeltieren befinden sich ca. 2% Kalzium (Ca), welches zu 99 % im Knochen zu finden sind (Kaune, 2000). Kalzium ist eines der wichtigsten Mineralstoffe im Körper, da es auch bei der Signalübertragung in der Zelle, der Muskelkontraktion sowie bei hormonellen Regulationsvorgängen eine entscheidende Rolle spielt.

Der Ca-Stoffwechsel wird bei den meisten Säugetieren und beim Menschen hauptsächlich durch 3 Hormone reguliert: das Parathormon (PTH), das Calcitonin (CT) und das Vitamin D-Hormon (aktivierte Form des Vitamin D;  $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ ) (Abb. 1).

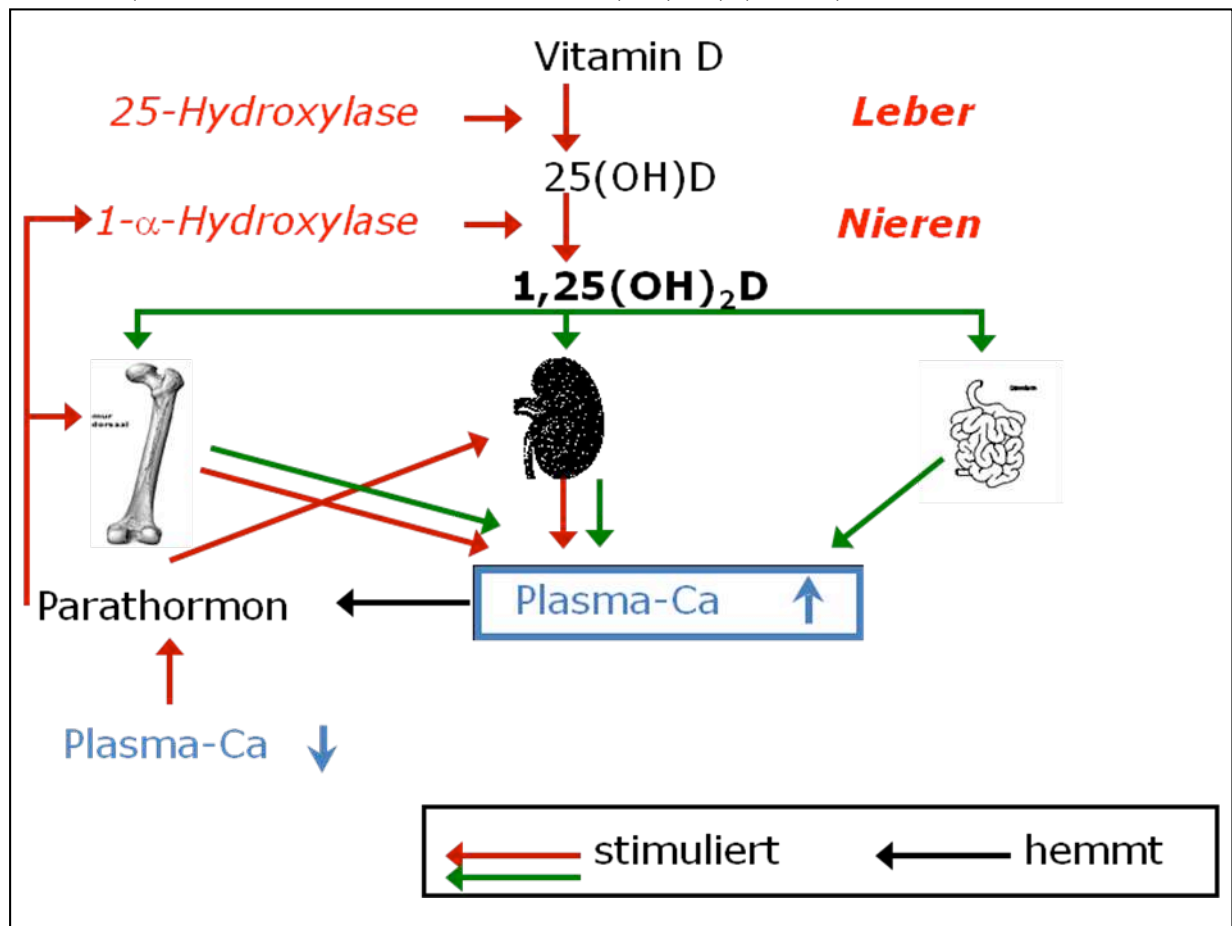


Abbildung 1: Regulation des Kalzium-Stoffwechsels

Der Knochen ist ein spezialisiertes Bindegewebe. Die Knochenmasse besteht zu einem Drittel aus dem organischen, nicht mineralisierten Osteoid (= bindegewebiges Grundgerüst), das

wiederum zu 90 % aus Typ I-Kollagen besteht (Branca, 1996) und zu zwei Dritteln aus dem anorganischen, mineralisierten Anteil (Hydroxyapatit-Kristalle). Der Aufbau von Knochen ist in Abbildung 2 dargestellt.

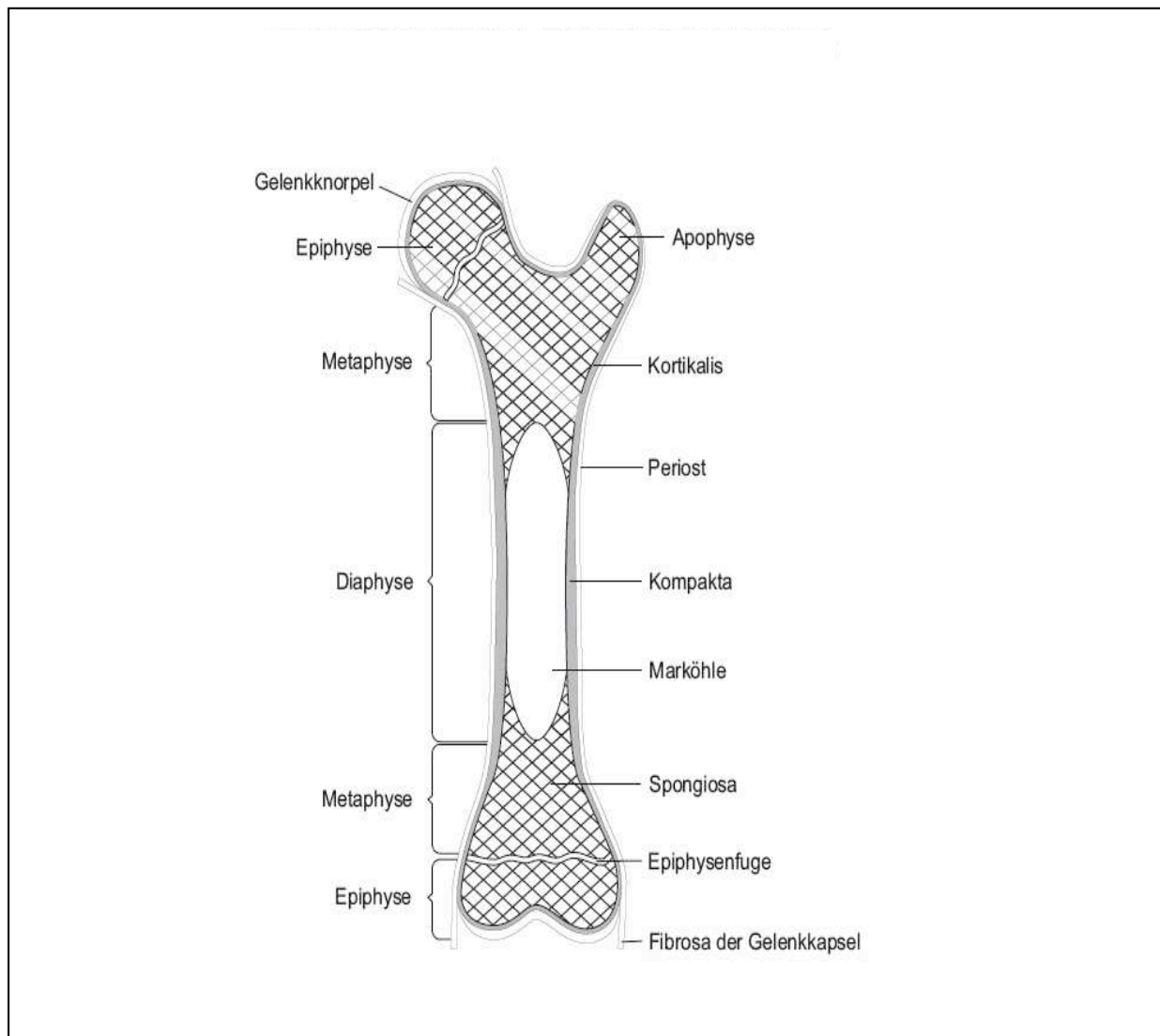


Abbildung 2: Schematischer Längsschnitt durch einen Röhrenknochen

Knochen befindet sich in ständigem Umbau und weist einen sehr aktiven Stoffwechsel auf. Knochen wird durch die Osteoblasten aufgebaut und mittels Osteoklasten abgebaut. Beide Prozesse sind eng miteinander gekoppelt. Die Knochendichte und -masse sind vom Gleichgewicht zwischen Knochenresorption und Knochenbildung abhängig. Um den Knochenabbau und -aufbau zu charakterisieren und zu messen, wurden bereits mehrere Knochenmarker beim Mensch und bei Tieren eingesetzt (Abbildung 3).

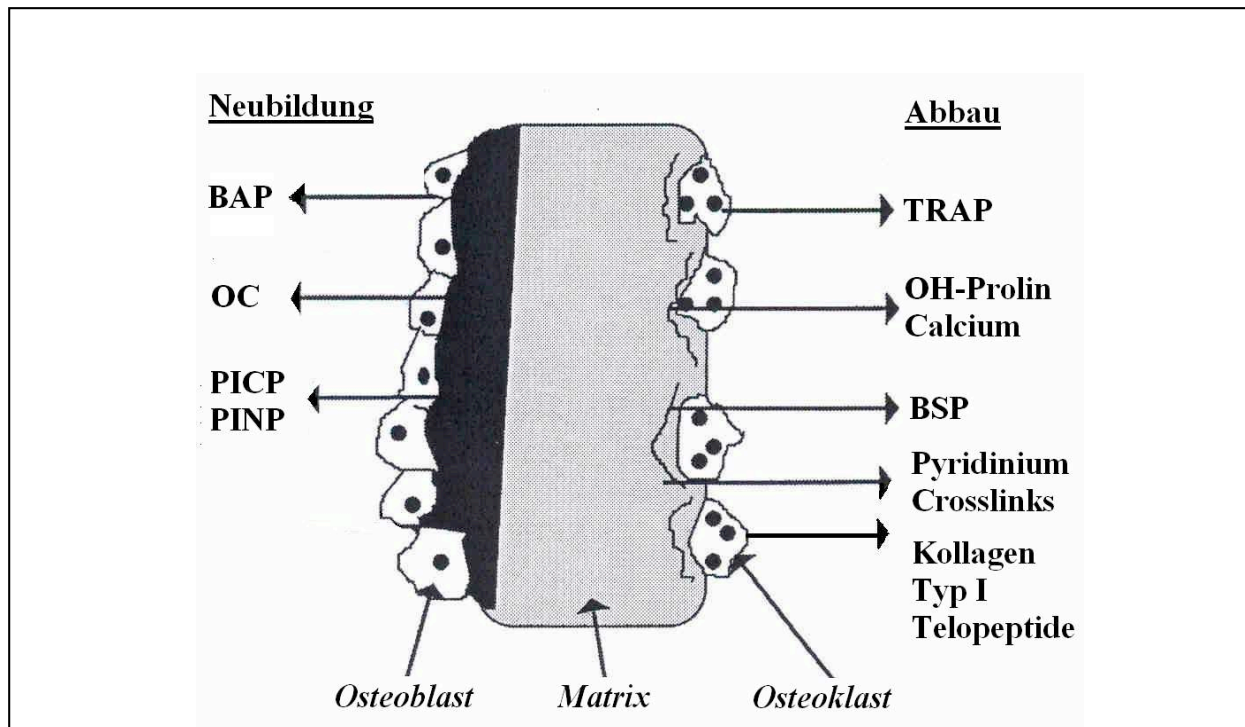


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Knochenstoffwechselfparameter. Enzymatischer Aufbaumarker: Knochenspezifische alkalische Phosphatase (BAP). Matrixassoziierte Aufbaumarker: Osteocalcin (OC) und Kollagenpropeptide (PICP, PINP). Spezifisches Osteoklastenzym: Tartratresistente saure Phosphatase (TRAP). Degradationsprodukte der organischen Knochenmatrix: Hydroxy-(OH)-Prolin und Kalzium (im Urin), Pyridinium-Crosslinks und quervernetzte Kollagen Typ I Telo peptide. Bone Sialoprotein (BSP). (nach Seibel, 2005)

Um die Knochenmarker in der Diagnostik einsetzen zu können, mussten zuerst die Referenzwerte für gesunde Tiere unterschiedlichen Alters und die tageszeitlichen Schwankungen bestimmt werden. Dann wurden die Knochenmarker eingesetzt, um fütterungsbedingte Knochenstoffwechselveränderungen beim Schwein (Carter et al., 1996; Nicodemo et al., 1998, Liesegang et al. 1999, 2000), beim Lamm (Scott et al., 1997), bei Schaf und Ziege (Liesegang et al., 2005, 2007, 2008) und beim Hund (Liesegang et al., 1999) frühzeitig nachzuweisen.

Die Nachteile dieser Knochenmarker sind: sie unterscheiden nicht zwischen a) kortikalem und spongiosen Knochen, b) den Knochenabbauraten an verschiedenen Stellen des Skeletts, c) intakter und zerstörter Knochenstruktur und d) der Anzahl der knochenbauenden bzw. knochenabbauenden Zellen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt aktiv sind und deren metabolischer Aktivität (Withold, 1996). Diese können nur mit Hilfe anderer Methoden, wie zum Beispiel der peripheren quantitativen Computertomographie nachgewiesen werden.

### Überwachung des Ca-Stoffwechsels beim Schwein

In der Schweineproduktion werden immer häufiger Störungen des Ca-Stoffwechsels sowohl während des Wachstums als auch während der Reproduktion beobachtet. Es konnte gezeigt werden, dass die Fütterung einen grossen Einfluss auf diese Veränderungen hat. Liesegang et

al (2002) zeigten, dass eine rein vegetarische Ernährung (d.h. ohne Zusätze) bei wachsenden Schweinen zu einem signifikanten Knochenverlust führt. Auch führte eine P-defiziente Fütterung zu einem verstärkten Abbau von Knochen (Liesegang et al. 2002). Interessanterweise zeigten trächtige und laktierende Schweine, dass die Knochenformation zur Geburt hin stark abnimmt, um Ca für die wachsenden Feten und für die Milchbildung bereit zu stellen. Knochen wird in diesem Zeitraum verstärkt abgebaut und es wird deutlich, dass Tiere, welche in der ersten Phase der Trächtigkeit oder bereits während der Aufzucht keine stabilen Knochen aufbauen konnten, in der Laktationsphase oder direkt danach vermehrt Probleme mit schlecht kalzifizierten Knochen aufweisen. Die Folge sind meist spontane Knochenbrüche, wie sie immer wieder in der Praxis auftreten.

Bollen et al. erarbeiteten 1997 eine andere Methode, um die tägliche Knochenresorption zu ermitteln. Dies erfolgte mit fünf vier Monate alten Minipigs, welche einen Monat lang jeden zweiten Tag für 24 Stunden in einem Stoffwechselkäfig gehalten wurden. So wurden Urinproben gesammelt, in welchen aminoterminalen Telopeptide des Typ I Kollagens (NTX) nachgewiesen wurden. NTX wird bei der Knochenresorption durch Osteoklasten freigesetzt. Die Skelettmasse wurde anhand der Formel von Elowsson und Carlsten (1997) ermittelt. Die Resultate zeigten bei gesunden Tieren, dass durchschnittlich alle 24 Stunden 1.4 % der Skelettmasse resorbiert werden. Es ist klar ersichtlich, dass Tiere, welche auch nur einen geringen Mangel an Mineralstoffen haben, noch schneller Knochen abbauen, um die Kalziumhomöostase aufrechterhalten zu können (siehe dazu auch Abbildung 4 und 5).

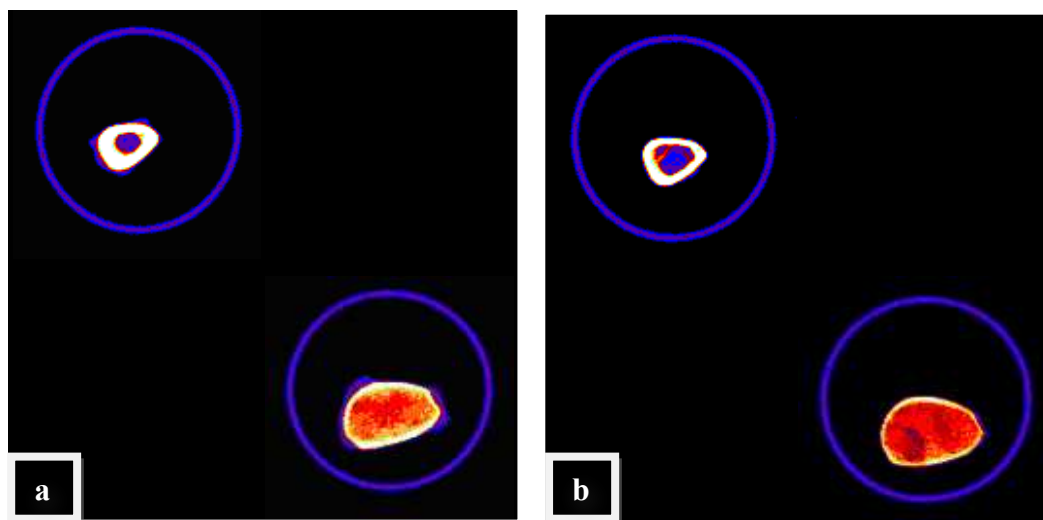


Abbildung 4: Computertomographische Darstellung von Knochen eines Schweines; a = normales wachsendes Schwein; b = Schwein, welches P-defizient gefüttert wurde; Obere Bilder: Mitte Diaphyse; untere Bilder: Distal am Knochen. Je weisser die Bezirke, desto stärker mineralisiert, rechte Bilder zeigen dünnere Knochen; rot = Schwammknochen

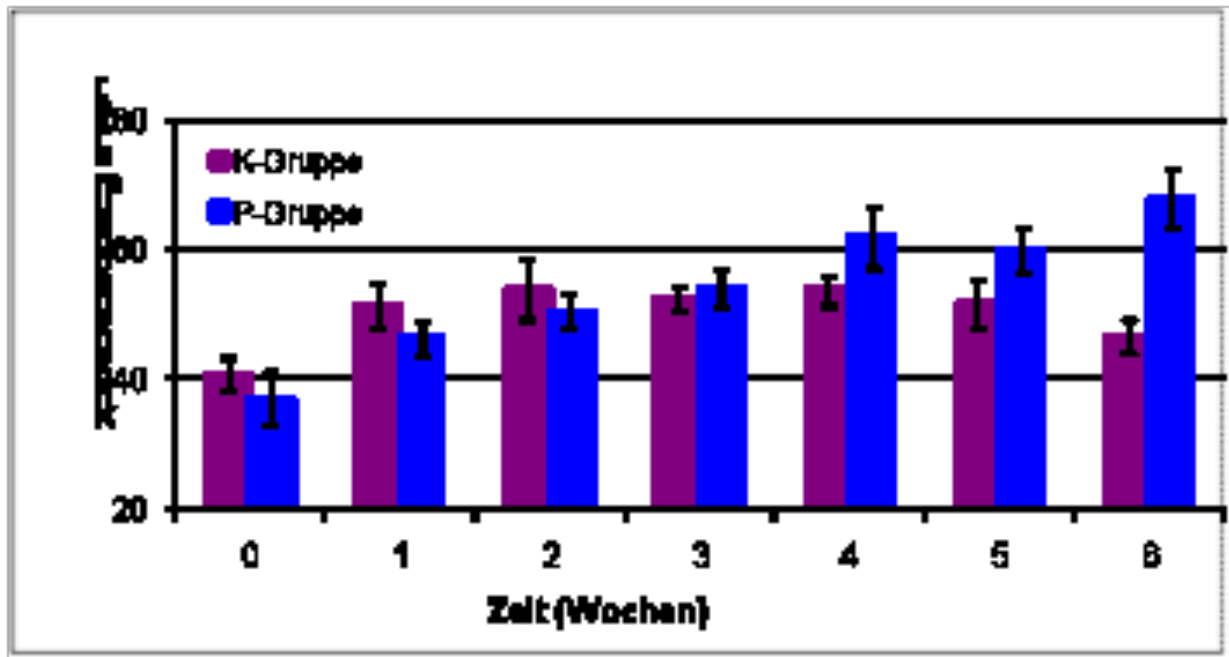


Abbildung 5: Knochenabbaumarkerverlauf während 6 Wochen; P-defiziente Gruppe weist deutlich höhere Resorptionsraten auf im Vergleich zur Kontrollgruppe. Liesegang et al. 2002

### Überwachung des Ca-Stoffwechsels beim Wiederkäuer

Liesegang et al. (2005) stellten fest, dass die Vitamin D-Konzentration im Blut sowohl bei Schafen als auch Ziegen im Wachstum, die ein Futter mit hoher Ca-Konzentration erhielten, tiefer war als bei den Tieren der Kontrollgruppe, die eine Ration mit bedarfsdeckendem Ca-Gehalt bekamen. Die Ration, die den Kontrollgruppen gefüttert wurde, also eine bedarfsgerechte Ca-Konzentration enthielt, schien die aktive Ca-Absorption via Vitamin D zu fördern, während die hochdosierte Ca-Ration zu einem höheren scheinbar verdauten Ca-Gehalt führt. In der gleichen Studie wurde festgestellt, dass Ziegen im Wachstum verglichen mit Schafen im Wachstum signifikant höhere Osteocalcin (OC)-Konzentrationen und Konzentrationen des carboxyterminalen Teleopeptid des Typ I Collagens (ICTP) aufweisen. Mittels peripherer quantitativer Computertomographie wurde in dieser Studie festgestellt, dass bei den Tieren, die eine hohe Ca-Konzentration erhielten, die Knochendichte im Vergleich zur Kontrollgruppe, mit der Zeit anstieg. Zusätzlich konnten in einer Studie von Corlet und Care (1988) erniedrigte OC-Konzentrationen nach P-armen Fütterung gemessen werden. Bei einer Studie mit erstmalig trächtigen Tieren von Liesegang et al. (2005) stiegen die mittleren ICTP- und CTX (ein weiteres Telozeptid)- Konzentrationen in der ersten Woche pp. bei Schafen und Ziegen an. In der zweiten Woche pp. sanken die Konzentrationen beider Marker wieder auf die frühen Trächtigkeitwerte ab. Im Gegensatz dazu nahmen die mittleren OC- Werte während der ersten Woche pp. kontinuierlich ab und begannen in der zweiten

Woche pp. wieder anzusteigen. Die mittlere bAP-Aktivität sank während der Trächtigkeit ab, erreichte bei den Ziegen eine Woche pp. und bei den Schafen vier Wochen pp. einen Tiefpunkt, anschliessend stiegen sie wieder an. Die  $1,25(\text{OH})_2\text{VitD}$  -Konzentrationen erreichten in der ersten Woche pp. einen Peak und sanken danach auf die Höhe der frühen Trächtigkeit werte ab. Verglichen mit den Schafen waren die Vitamin D-Konzentrationen bei den Ziegen signifikant höher zwischen einer Woche pp. und sechs Monaten pp.. Bei beiden Tierarten sanken ab dem vierten Trächtigkeitmonat bis eine Woche pp. sowohl die Knochendichte wie auch der Mineralstoffgehalt des Knochens ab. Bei der Ziege stieg anschliessend der Mineralstoffgehalt bis einen Monat nach der Geburt wieder an, während beim Schaf dieser Anstieg bis zum dritten Monat nach der Geburt dauerte. Die Knochendichte erreichte im Verlaufe der Laktation wieder denselben Wert, wie zum Zeitpunkt des vierten Trächtigkeitmonats. Die Schafe wiesen im Vergleich zu Ziegen während der gesamten Versuchsdauer einen signifikant höheren Mineralstoffgehalt des Knochens auf. Ebenfalls signifikant höher war die Knochendichte beim Schaf während des vierten und fünften Trächtigkeitmonats.

Die resorptive Phase des Knochenumbaus ist während der Trächtigkeit und der frühen Laktation verstärkt. Sie ist mit dem Prozess der Knochenbildung nicht gekoppelt. Dies ermöglicht dem Tier ein Erreichen des Ca-Gleichgewichts auf Kosten des Knochens. Der erhöhte Knochenumbau während der Laktation repräsentiert einen physiologischen Mechanismus, welcher dazu führt, dass die mütterliche Knochensubstanz, die durch den hohen Ca-Bedarf des Fötus und der Milchbildung in der späten Trächtigkeit und der frühen Laktation verloren ging, ersetzt wird (Liesegang et al., 2005). In einer Vergleichsstudie von Liesegang et al. (2007), die den Verlauf der Knochenmarker-Konzentrationen während der zweiten Trächtigkeit und der Laktation verfolgte, wurde beobachtet, dass die Knochenresorptionsmarker bereits im letzten Trächtigkeitmonat anstiegen, aber dann während der ersten Tage pp. erhöht blieben. Zum selben Zeitpunkt wurde anhand der Knochendichte und des Mineralstoffgehaltes festgestellt, dass weniger Ca im Knochen eingelagert war, als der Abfall der OC- Konzentration und die Aktivität der bAP vermuten lassen würde. Diese sogenannte „frühe, durch die Laktation verursachte Osteoporose“ ist reversibel und gemäss Liesegang et al. (2005) während des ersten Reproduktionszyklus deutlich ausgeprägter. Um zu überprüfen, wie sich der Knochenstoffwechsel und auch die Absorptionsfähigkeit von Ca während des Wachstums bei erniedrigten Ca-Konzentrationen im Futter bei kleinen Wiederkäuern verhält, konnte Lauff (2009) zeigen, dass Wiederkäuer zu einem grösseren Anteil Ca aus dem Pansen absorbieren. Die aktive Absorption im Duodenum

unterschied sich nicht signifikant zwischen den Gruppen, was darauf hinweist, dass beim kleinen Wiederkäuer die Ca-Absorption hauptsächlich im Pansen stattfindet.

Bewegung scheint zusätzlich einen Einfluss auf die Knochenstruktur zu haben. Sowohl bei wachsenden Schafen (Hüttenmoser, 2007) als auch bei erwachsenen Schafen und Ziegen (Kaulfers, 2009) konnte in Zusammenarbeit mit der ETH (Dr. Florian Leiber) in Alpversuchen gezeigt werden, dass der Knochendurchmesser der Röhrenknochen bei vermehrter Bewegung zunimmt. Ein Zuwachs der Knochenmasse wurde auch dargestellt. Diese Veränderungen waren jedoch reversibel nachdem die Tiere wieder im Tal gehalten wurden.

Mit der Arbeit über die Bestimmung von Knochenmarkern bei Milchkühen, die an Gebärfähigkeit erkrankt waren, konnten Liesegang et al. (1998) zeigen, dass die Ursache für die Erkrankung an Gebärfähigkeit nicht die verminderte Kalziummobilisation aus dem Knochen ist, sondern dass eine mangelhafte Kalziumabsorption im Darm stattfindet. In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass die festliegenden Kühe um die Geburt einen ähnlichen Anstieg der Knochenresorptionsmarker zeigen, wie die gesunden Tiere (Abb. 4).

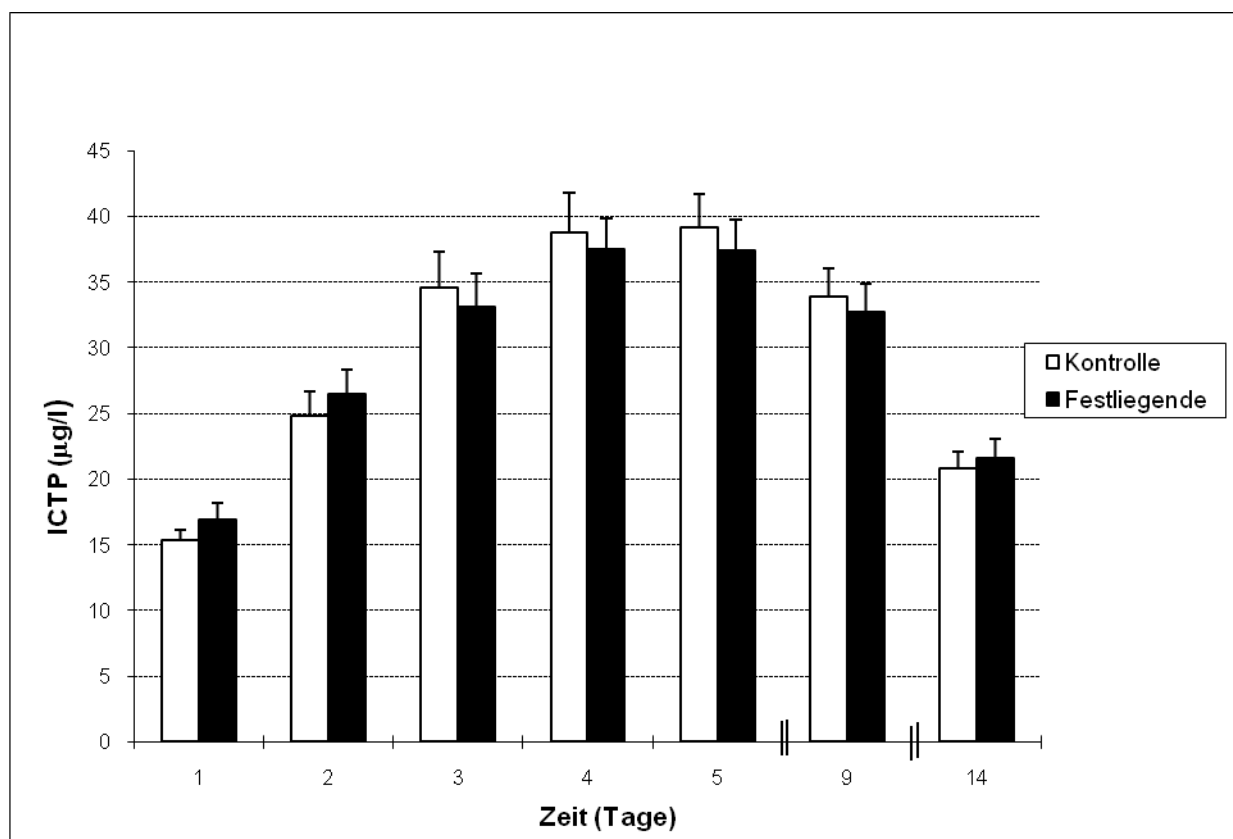


Abbildung 6: Mittlere ICTP-Konzentrationen der 2 Gruppen. Liesegang et al. 1998.

In einer weiterführenden Untersuchung (Liesegang et al., 1999) konnte bei gesunden Kühen gezeigt werden, dass die OC-Konzentrationen im Serum nach der Geburt signifikant



erniedrigt sind. In einer anderen Studie (Davicco et al., 1990) erwies sich OC als vielversprechender Marker der Knochenbildung bei Kühen.

Eine weitere Studie von Liesegang et al. (2000) ergab, dass OC bei laktierenden Kühen nach der Geburt signifikant abfällt während das ICTP ansteigt. Dieselbe Studie zeigte auch, dass bei laktierenden Kühen, die eine höhere Milchleistung aufweisen, das ICTP nach der Geburt auf einen höheren Wert ansteigt. Daraus ist zu schliessen, dass Kühe mit höherer Milchleistung mehr Kalzium mobilisieren als jene mit einer tieferen. Holtenius et al. (2005) massen während eines 12-monatigen Zeitraums pp. die OC- und die CTX-Konzentrationen bei Kühen. Sie stellten während der Laktationszeit starke Schwankungen der Knochenmarkerkonzentrationen fest, die jedoch nicht mit der Milchproduktion erklärbar waren. Eine Veränderung von Knochenmarkerwerten konnte bei Kühen festgestellt werden, die in den Wintermonaten mit ultravioletter Strahlung behandelt wurden. Die AP war bei UV-bestrahlten Tieren deutlich tiefer als bei nicht bestrahlten. Gemäss diesen Resultaten wäre eine Behandlung mit ultravioletter Strahlung während der Wintermonate eine Möglichkeit, Knochenstoffwechselerkrankungen bei trockengestellten Kühen vorzubeugen (Philipov, 1992).

Auch der Einfluss von sauren Salzen auf den Ca-Stoffwechsel und den Abbau von Knochen wurde mittels Knochenmarker in einer Studie in Zusammenarbeit mit ALP Posieux überprüft (Liesegang et al., 2007). In dieser Studie konnten keine signifikanten Unterschiede der verschiedenen Gruppen bezüglich Knochenresorption aufgezeigt werden (Abb. 5).

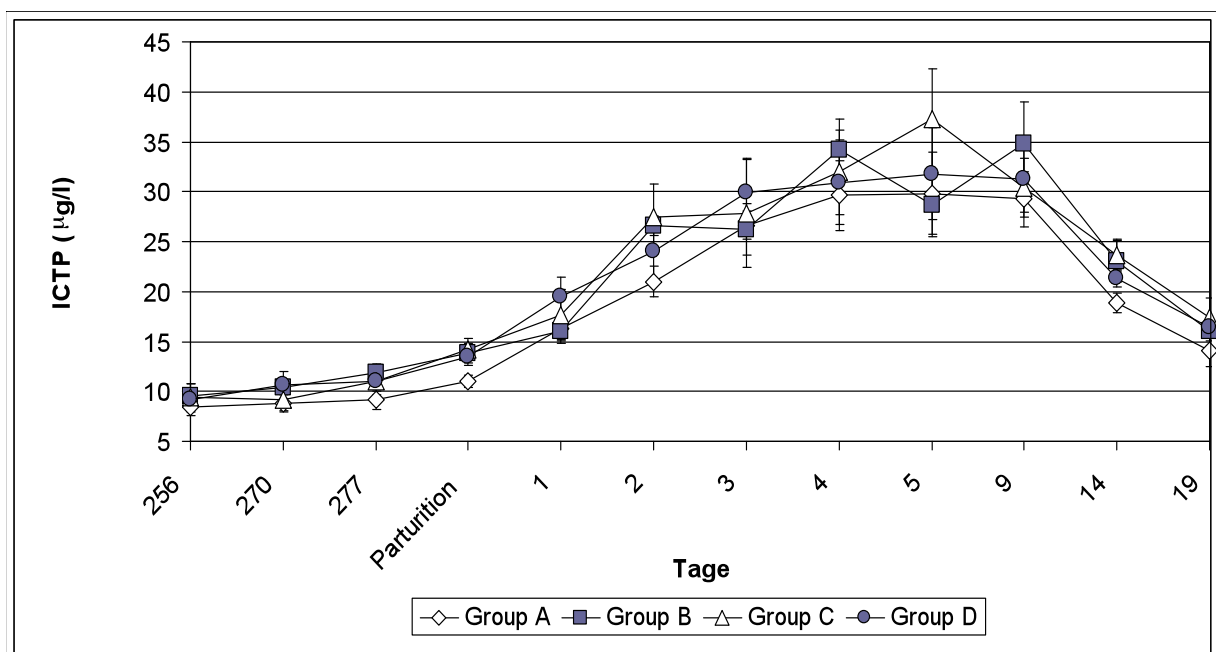


Abbildung 5: Mittlere ICTP-Konzentrationen der verschiedenen Gruppen: A: 3 g Ca/kg TS;; B 3 g Ca/kg TS; saure Salze; C: 7 g Ca/kg DM; D: 7 g Ca/kg TS; saure Salze. Liesegang et al. 2007

## Kalziumstoffwechsel und Probleme beim Nutzgeflügel

In hitzebehandelten Futtern von Broilern ist die Aktivität der zugesetzten Phytase unter anderem von der Thermostabilität dieses Enzyms während des Pelletierprozesses abhängig. Das Ziel einer Arbeit in Zusammenarbeit mit der ETH (Dr. Ruth Messikommer) war es, die Phosphorversorgung und die Knochenparameter bei Broilern zu untersuchen, welche hitzebehandeltes Futter erhalten haben. Des weiteren wurde überprüft, ob die Phytaseaktivität einer von *Aspergillus niger* stammenden Phytase durch Hitzebehandlung abgenommen hat. Die Knochenparameter wiesen signifikante Unterschiede auf. Der Rohaschegehalt der Tibia war in der P90 Gruppe gegenüber der P75 und der P60 Gruppe signifikant erniedrigt. Auch die Bruchfestigkeit zeigte signifikante niedrigere Werte in der P90 und P75 Gruppe gegenüber der P60 Gruppe. Der Mineralstoffgehalt zeigte deutliche Unterschiede zwischen den Gruppen (Abb. 6). Auch die Knochendichte variierte signifikant zwischen den Gruppen. Die Tiere der Gruppe P60 wiesen signifikant höhere Knochendichten auf im Gegensatz zu den Gruppen P75 und P90.

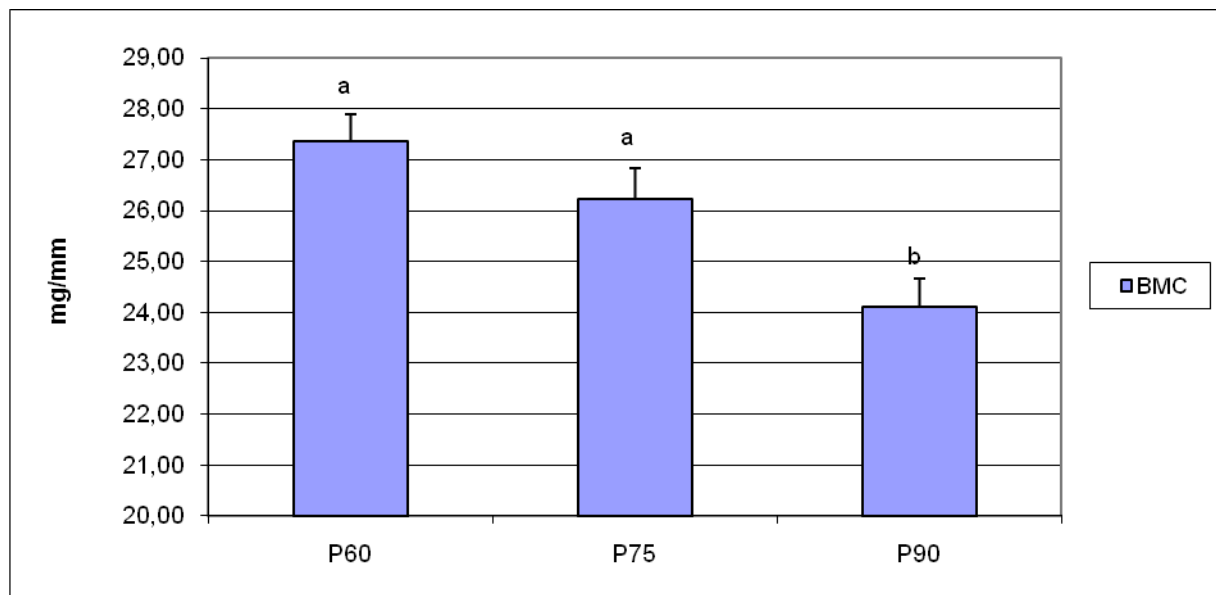


Abbildung 6: Mineralstoffgehalt (BMC) in der Tibia der verschiedenen Gruppen. Verschiedene Buschstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ( $p \leq 0.05$ ). bei 60 (P60), 75 (P75) bzw. 90°C (P90) unter Dampf pelletiert.

## Schlussfolgerungen

Die verschiedenen Knochenmarker werden bisher in der Veterinärmedizin aus verschiedenen Gründen nicht routinemässig eingesetzt. Zum einem sind die Nachweismethoden sehr teuer und zum anderen sind viele Knochenmarker speziespezifisch und nicht alle sind kommerziell erhältlich. Alle Parameter waren jedoch sinnvoll bei den verschiedenen Spezies einsetzbar und wiesen auf Veränderungen des Knochenstoffwechsels hin. Bei allen Tierarten, welche untersucht wurden, konnte ein Knochenabbau zur Ca-Mobilisation für die reproduzierenden Tiere nachgewiesen werden.

Die diagnostischen Möglichkeiten, welche mittels dieser Parameter zur Verfügung stehen könnten, sollten nicht unterschätzt werden. Der Einsatz der verschiedenen biochemischen Knochenmarker in der Forschung sollte weiterhin gefördert werden, sodass diese in der Zukunft allen TierärztInnen als diagnostisches Mittel zur Verfügung stehen könnten. Die einzelnen Nachweismethoden müssen jedoch standardisiert und Normalwerte für die verschiedenen Spezies und die Altersklassen etabliert werden. Erst dann können diese Parameter sinnvoll interpretiert werden.

Des Weiteren eignet sich die Methode der Knochendichtemessungen sehr gut, um Störungen der Mineralisierung zu erkennen. Allerdings können nicht alle Tiere aus Gründen, welche den Durchmesser des Gerätes betreffen, gemessen werden. Nach z.B. der Schlachtung von Schweinen aus verschiedenen Betrieben ist dies jedoch unproblematisch, um auch festzustellen, ob Probleme im Betrieb auftreten.

## Literatur

Bollen, A.-M., McCulloch, K. J., and Herring, S. W. (1997): Whole body bone resorption in the growing pig. *Growth, Development and Aging*, **61**: 181-189

Carter, S.D., Cromwell, G.L., Combs, T.R., Colombo, G. and Fanti P. (1996): The determination of serum concentrations of osteocalcin in growing pigs and its relationship to end-measures of bone mineralization. *J. Anim. Sci.* **74**:2719-2729.

Corlet S. und Care A. (1988) The effects of reduced dietary phosphate intake on plasma osteocalcin levels in sheep. *Quart.J.l Exp. Physiol.* **73**:443-445

Davicco, M.-J., Coxam, V., Roux, R. and Barlet J.-P. (1990): Plasma osteocalcin concentrations in cattle under various pathophysiological conditions. *Bone and Miner* **10**: 131-137.

Hüttenmoser D. (2007): Einfluss der Alpengang auf den Knochenstoffwechsel bei wachsenden Schafen. Diss. Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

Holtenius K. und Ekelund A. (2005): Biochemical markers of bone turnover in the dairy cow during lactation and the dry period. *Res Vet Sci.* **78**: 17-19

Kaulfers, Carola (2009) Weide- und Bewegungsverhalten von Schaf und Ziege auf der Alp und dessen Einfluss auf den Knochen- und Energiestoffwechsel. . Diss. Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

Kaune R. (2000): Knochenstoffwechsel. In: von Engelhardt W. und Breves G. (Hrsg.): Physiologie der Haustiere, Enke, Stuttgart

Lauff, K. Einfluss von Calcium und Vitamin D auf den Knochenstoffwechsel und die Intensität der Vitamin D-Rezeptoren- sowie Calbindin D9k-Immunreaktionen im Gastrointestinaltrakt von Ziegenlämmern, Dissertation, Universität in Zürich, 2009

Liesegang A., Sassi, M.-L., Risteli, J., Eicher, R., Wanner, M. and Riond J.-L. (1998): Comparison of bone resorption markers during hypocalcemia in dairy cows *J. Dairy Sci.* **81**, 2614-2622.

Liesegang, A., Eicher, R., Sassi, M.-L., Risteli, J., Kraenzlin, M., Riond, J.-L. and Wanner, M (2000): Biochemical markers of bone formation and resorption around parturition and during lactation in dairy cows with high and low standard milk yields. *J. Dairy Sci.*, **83**, 1773 – 1781.

Liesegang, A., Ursprung, R., Gasser, J., Sassi, M.-L., Risteli, J., Riond, J.-L. and Wanner M. (2002): Influence of dietary phosphorus deficiency with or without addition of fumaric acid to a diet in pigs on bone parameters *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* **86**, 1-16.

Liesegang A., Bürgi E., Sassi M.-L., Risteli J., Wanner M. (2002): Influence of a vegetarian diet versus a diet with fishmeal on bone in growing pigs. *J. Vet. Med. A*, 49, 1-9.

Liesegang A., Sassi M.-L., Risteli J. (2003): Diurnal variation in concentrations of various bone markers of bone metabolism in growing female goats and sheep. *Anim. Sci.* 77, 197-203.

Liesegang A., Loch L., Bürgi, E., and Risteli, J. (2005): Influence of phytase added to a vegetarian diet on bone metabolism in pregnant and lactating sows. *J Anim Physiol Anim Nutr* **89**, 120-128.

Liesegang A. and J. Risteli (2005): Influence of different calcium concentrations in the diet on bone metabolism in growing dairy goats and sheep. *J Anim Physiol Anim Nutr*, **89**, 113-119.

Liesegang, A., J. Risteli, J. and Wanner (2006): The effects of first gestation and lactation on bone metabolism in dairy goats and sheep. *Bone.* **38**, 792-802.

Liesegang, A., Chiappi, C., Risteli, J., Kessler, J and Hess., H.D. (2007): Influence of different calcium contents in diets supplemented with anionic salts on bone metabolism in periparturient dairy cows; *J Anim Physiol Anim Nutr* **91**, 120-129.

Liesegang, A., Risteli J., and Wanner M. (2007): Bone metabolism of milk goats and sheep during second pregnancy and lactation in comparison to first lactation, *J Anim Physiol Anim Nutr* **91**, 217-225.

Liesegang A., Riner, K., and Boos A. (2007): Effects of gestation and lactation on Vitamin D receptor amounts in goats and sheep, *Dom. Anim. Endocrinology* **33**, 190-202.

Liesegang (2008): Influence of Anionic Salts on Bone Metabolism in Periparturient Dairy Goats and Sheep. *J Dairy Sci* **91**: 2449-2460.

Liesegang, A., Singer, K., and Boos A. (2008): Vitamin D receptor amounts across different segments of the gastrointestinal tract in Brown Swiss and Holstein Frisean cows of different age. *J Anim Phys Anim Nutr* **92**, 316-323.

Nicodemo, M. L. F., Scott, D., Buchan, W., Duncan, A., and Robins S. P. (1998): Effects of variations in dietary calcium and phosphorus supply on plasma and bone osteocalcin concentrations and bone mineralization in growing pigs. *Exp. Physiol.* **83**, 659-665.

Philipov, JP. (1992): Changes in some biochemical indicators of bone turnover after ultraviolet irradiation of dairy cows. *Res Vet Sci.* **53**: 397-398

Scott, D., Loveridge, N., Nicodemo, L., Buchan, W., Duncan, A. und Robins S. P. (1997): Effect of diets varying in nitrogen or phosphorus content on indicators of bone growth in lambs. *Exp Physiol.* **82**: 193-202.

Seibel, M.J. (2000): Molecular Markers of Bone Turnover: Biochemical, Technical and Analytical Aspects. *Osteoporos. Int.* **6**: 18-29

Withold, W. (1996): Monitoring of bone turnover. Biological, analytical and technical criteria in assessment of biochemical markers. *Eur. J. Clin. Chem. Clin. Biochem.* **34**, 785-799.