

# Volumenänderung der Leber im Schweinmodell für Operationsplanung und intraoperativer Computerassistenz

Preukschas A<sup>1</sup>, Bihani S<sup>1</sup>, Bellemann N<sup>3</sup>, Kenngott HG<sup>1</sup>, Norajitra T<sup>2</sup>, Graser B<sup>2</sup>, Gondan M<sup>1</sup>, Nickel F<sup>1</sup>, Müller-Stich BP<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Abteilung für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie, Ruprecht-Karls-Universität, Im Neuenheimer Feld 110, 69120 Heidelberg, Deutschland

<sup>2</sup>Abteilung Medizinische und Biologische Informatik, Deutsches Krebsforschungszentrum, Im Neuenheimer Feld 280, 69120 Heidelberg, Deutschland

<sup>3</sup>Abteilung für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Ruprecht-Karls-Universität, Im Neuenheimer Feld 110, 69120 Heidelberg, Deutschland

<sup>4</sup>Institut für Medizinische Biometrie und Informatik, Ruprecht-Karls-Universität, Im Neuenheimer Feld 305, 69120 Heidelberg, Deutschland

Kontakt: Felix.Nickel@med.uni-heidelberg.de

## Abstract:

*Atmung, Lagerung und chirurgische Manipulation verändern Form, Größe und Lage der Leber. Diese Studie untersucht den Einfluss von Beatmung und operativem Zustand auf das Lebervolumen. Im Schweinmodell wurden in drei operativen Zuständen (Nativ, Laparotomiert, Pneumoperitoneum) jeweils für drei Atemstellungen (Expiration, Atemmittellage, volle Inspiration) CT-Bilddaten aufgenommen und das Lebervolumen berechnet. Nach Laparotomie verkleinerte sich das Lebervolumen im Mittel um 10%, bei Pneumoperitoneum um 16%. Das Lebervolumen stieg mit der Inspiration in allen operativen Zuständen unterschiedlich stark an. Die Studie zeigt, dass Veränderungen des Lebervolumens durch Atmung und operativen Zustand bei der Verwendung präoperativer Bilddaten zur Operationsplanung und intraoperativen Computerassistenz beachtet werden müssen.*

*Schlüsselworte: Operationsplanung, Tiermodell, Weichteilchirurgie, Navigation*

## 1 Problem

Bei chirurgischen und minimalinvasiven Eingriffen an der Leber ist die Verwendung präoperativer Bilddaten zur Operationsplanung und intraoperativen Navigation sinnvoll. Die Präzision ist jedoch durch Organdeformation vermindert. Die Leber ändert sich in Form, Größe und Lage durch die Atmung, Lagerung, den operativen Zustand, sowie durch chirurgische Manipulation. Ziel dieser Studie ist die Quantifizierung des Einflusses der Atmung bzw. der Beatmung während einer Operation und des operativen Zustandes auf das Lebervolumen. Es sollen mehrere Atemstellungen verglichen werden und der Einfluss des bei der Laparoskopie notwendigen Pneumoperitoneums und der Laparotomie auf die Größe und Größenänderung der Leber untersucht werden. Die Untersuchungen finden in einem experimentellen Großtiermodell mit dem Menschen ähnlicher Organgröße und -Anatomie statt.

## 2 Methoden

Die Versuche wurden am Schweinmodell (n = 5, 20-34 kg) durchgeführt. Die Tiere waren unter Vollnarkose und maschineller Beatmung in 0°-Rückenlage auf einer Vakuummatratze positioniert. Die CT-Bilder (Siemens SOMATOM Sensation<sup>TM</sup>) wurden in den drei verschiedenen Zuständen (Nativ, Laparotomiert, mit Pneumoperitoneum) jeweils für drei verschiedene respiratorische Stellungen aufgenommen (Expiration, Atemmittellage, volle Inspiration) (Abbildung 1). Die Bilddaten wurden manuell segmentiert mittels des Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK) (Abbildung 2). Die Volumina der segmentierten Leber wurden auf zwei Arten gemessen. Erstens durch eine voxelbasierte Berechnung mithilfe des Medical Imaging Toolkit (MITK). Bei der zweiten Methode wurde zuerst mittels des MITK ein Mesh-Modell der segmentierten Leber erstellt und dann mittels MeshLab das Mesh-Volumen errechnet. Die Daten wurden mit einer hierarchischen linearen Regression ausgewertet [1]. Untersucht wurde der Einfluss des operativen Zustands

(Nativ, Laparotomiert, mit Pneumoperitoneum) und der Atemstellung (kontinuierlicher Prädiktor mit Stufen Expiration, Atemmittelstellung, volle Inspiration) und der Messmethode (MITK, MeshLab) auf das ermittelte Lebervolumen. Vom operativen Zustand abhängige Volumenänderungen wurden anhand der Wechselwirkung von Zustand und Atemstellung untersucht. Leber volumina der einzelnen Versuchstiere wurden durch einen zufälligen Faktor berücksichtigt. Das Signifikanzniveau wurde auf  $\alpha = 5\%$  festgelegt, ohne Korrektur für multiples Testen.

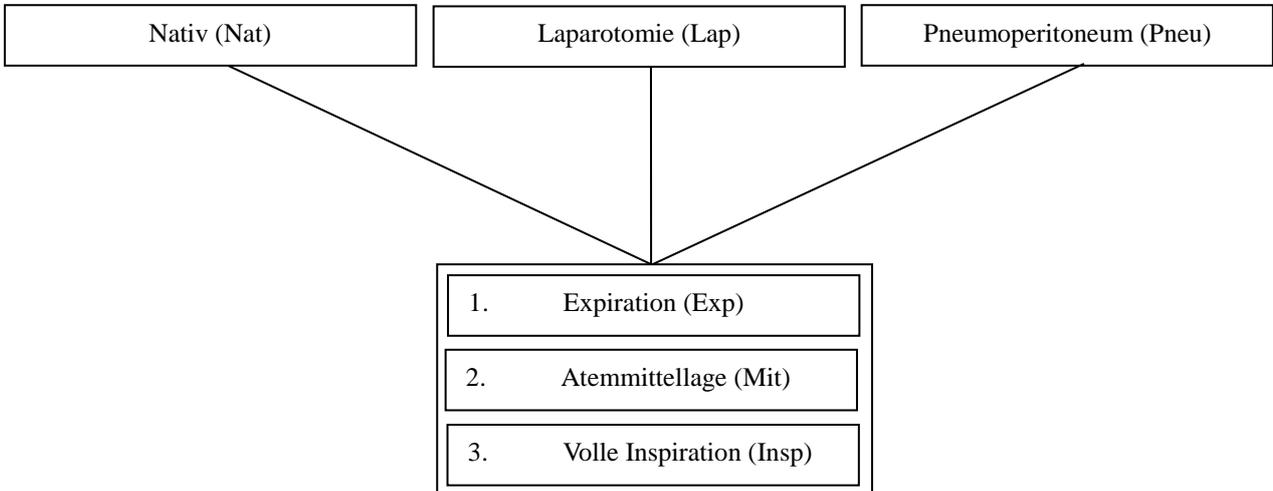


Abbildung 1: Messreihen

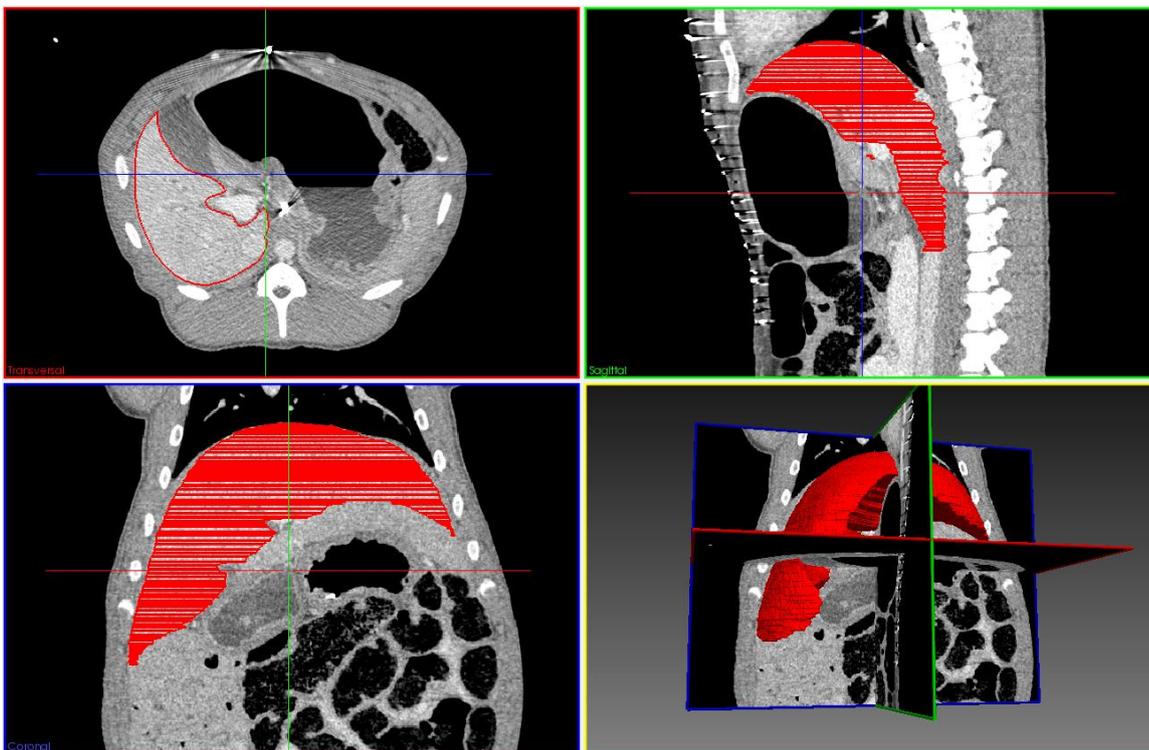


Abbildung 2: Segmentierung einer Schweineleber mittels Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK)

### 3 Ergebnisse

Im Bezug zum nativen Zustand verkleinerte sich im laparotomierten Zustand das Lebervolumen im Mittel um 94 ml bzw. 10.2% ( $p = .010$ ), bei Pneumoperitoneum um 137 ml bzw. 16.2% ( $p < .001$ ). Die Atemstellung hatte ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf das Lebervolumen, dabei stieg das Lebervolumen im Durchschnitt um 34 ml bzw. 5.1% ( $p < .001$ ) pro inspirativem Schritt. Im nativen Zustand stieg das Lebervolumen zur Atemmittellage um 54,4ml bzw. 8.0% ( $p < .001$ ), zu voller Inspiration um 67,4ml bzw. 10.2% ( $p < .001$ ). Im laparotomierten Zustand stieg das Lebervolumen zur Atemmittellage um 44,9ml bzw. 5.8% ( $p < .001$ ), zu voller Inspiration um 76,3ml bzw. 10.2% ( $p < .001$ ). Mit Pneumoperitoneum stieg das Lebervolumen zur Atemmittellage um 16,6ml bzw. 2.4% ( $p = .095$ ), zu voller Inspiration um 14,7ml bzw. 2.1% ( $p = .045$ ). Die Messmethode hatte einen konstanten Einfluss, im Mittel lieferte die MeshLab-Methode ein 24 ml bzw. 2.0% geringeres Lebervolumen als die MITK-Methode ( $p = .027$ ).

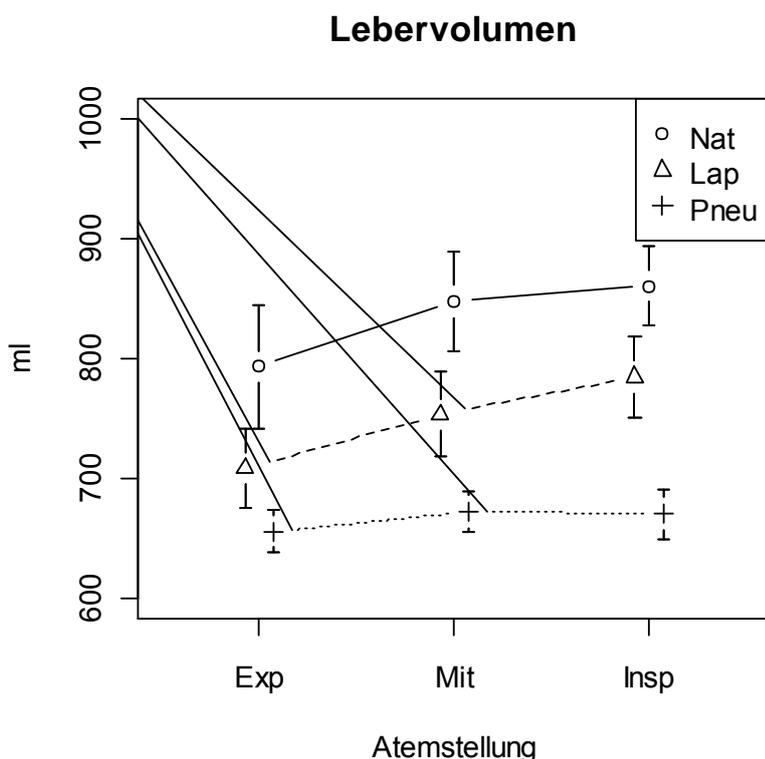


Abbildung 2: Lebervolumen in Abhängigkeit von Atemstellung und intraoperativen Zustand

### 4 Diskussion

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen eine Veränderung des Lebervolumens je nach Atemstellung und operativem Zustand. Nach Laparotomie und Pneumoperitoneum verkleinerte sich das Lebervolumen. Das Lebervolumen stieg mit der Inspiration in allen operativen Zuständen unterschiedlich stark. In der OP-Planung sollten diese Ungenauigkeiten und Unterschiede berücksichtigt werden. Die Lebervolumina können durch Simulation oder Computerassistenzsysteme angepasst und kompensiert werden. Eine mögliche Anwendung der Ergebnisse dieser Studie ist, dass bei Verwendung des Lebervolumens für intraoperative Planung, Navigation oder Anwendung die Bildgebung am ehesten in Expiration stattfinden sollte, da dieser Zustand den intraoperativen Verhältnissen am ehesten gleicht. Wichtig ist die genaue Berechnung des Lebervolumens bei der Leberresektionsplanung und bei der Ermittlung des Restvolumens nach Leberresektion z.B. nach Leberlebendspende oder bei erweiterten Leberresektionen aufgrund großer Tumore mit fraglich ausreichender Funktion der verbleibenden Restleber in Abhängigkeit der berechneten Größe. Die Veränderung des Lebervolumens während der Atmung und zwischen den verschiedenen Zuständen ist durch die kardiozirkulatorische Physiologie [2] und die Veränderungen der abdominalen Druckverhältnisse zu erklären [3, 4]. Limitierungen der Studie: die Anatomie der Leber des Hausschweins ist dem Menschen ähnlich aber nicht gleich, so besteht die Schweineleber aus mehreren Lappen und hat ein etwas geringeres Volumen [5]. Die zwei Berechnungsmethoden der Lebervolumina zeigten eine gu-

te Übereinstimmung. Die anhand des vorliegenden experimentellen Modells gewonnenen Erkenntnisse können in Forschungsprojekten im Bereich der computerassistierten Chirurgie und Navigation verwendet werden. Die Übertragung der Ergebnisse auf den Menschen muss vor einer klinischen Anwendung kritisch geprüft werden.

## 5 Referenzen

- [1] Venables WN, Ripley BD, Modern Applied Statistics with S, Springer, New York, 2002
- [2] Struthers AD, Cuschieri A, Cardiovascular consequences of laparoscopic surgery. The Lancet, 1998
- [3] Tuñón MJ, González P, Liver blood flow changes during laparoscopic surgery in pigs. A study of hepatic indocyanine green removal. Surgical Endoscopy, 1999
- [3] Hoekstra LT, Ruys AT, Effects of Prolonged Pneumoperitoneum on Hepatic Perfusion During Laparoscopy. Annals of Surgery, 2012
- [5] Court FG, Wemyss-Holden SA, Segmental nature of the porcine liver and its potential as a model for experimental partial hepatectomy. British Journal of Surgery, 2003

## 6 Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand im Projekt M1 "Intraoperative Risikoreduktion durch modellbasierte Einblendung komplexer anatomischer Strukturen" des Graduiertenkolleg 1126 *Intelligente Chirurgie* gefördert durch die deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG).