Auswirkungen von Patientenkonstitution, Patientenlagerungspositionen und verschiedenen Matratzensystemen auf den Auflagedruck am liegenden Patienten

PhDr. Hubert Fankhauser MSc

2009

Anschrift des Verfassers:

PhDr. Hubert Fankhauser MSc
Locherer Weg 11d
A-6330 Kufstein

hubert.fankhauser@kufnet.at

St. Elisabeth Universität für Gesundheitswesen und Sozialarbeit
Bratislava

Rigorosumsarbeit

in Pflegewissenschaft

AUSWIRKUNGEN VON PATIENTENKONSTITUTION, PATIENTENLAGERUNGSPOSITIONEN UND VERSCHIEDENEN MATRATZENSYSTEMEN AUF DEN AUFLAGEDRUCK AM LIEGENDEN PATIENTEN

Vorgelegt von Hubert Fankhauser, MSc

im Oktober 2009

Abstract

In den meisten Gesundheitseinrichtungen wird eine Vielzahl unterschiedlicher Matratzensysteme mit dem Ziel eingesetzt, den Auflagedruck möglichst gering zu halten. Welche tatsächliche Druckentlastung gegeben ist und wie sich die Einflussgrößen durch den Patienten auswirken, ist aber kaum bekannt.

Diese Studie behandelt die Fragestellung, inwiefern Patientenkonstitution, Patientenlagerungspositionen und verschiedene Matratzensysteme eine Auswirkung auf den Auflagedruck am Patienten in liegender Position haben.

Die Auflagedruckmessungen vom ganzen Körper erfolgten mit einer Messmatte, welche aus 1024 piezoresistiven Drucksensoren besteht. Für die Messungen stellten sich zehn Probanden mit unterschiedlichem Körpergewicht sowie mit und ohne einer Querschnittlähmung zur Verfügung. Als Lagerungsvarianten wurden vier in der Praxis häufig angewandte Positionen gewählt, und zwar Rückenlage mit einem Neigungswinkel des Kopfteiles von 0° und 45°, Schräglage 30° sowie 90° Seitenlage. Zur Anwendung gelangten Matratzensysteme, welche im Rehabilitationszentrum Häring eingesetzt werden, nämlich Latex Matratze, Schaumstoffweichlagerungsmatratze, Luftzellenmatratze und Luftkissenbett.

Es konnten wesentliche Erkenntnisse über die Auswirkung von Patientenkonstitution, Patientenlagerungspositionen und verschiedenen Matratzensystemen sowie über die Problematik der Messverfahren und über praxisrelevante statistische Kenngrößen gewonnen werden. Außerdem war es möglich, mit einem Kalottenprüfstempel die Einflussfaktoren durch Matratzenbezüge fest zu stellen.

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung 3

2 Auswahl der Probanden, Lagerungspositionen und Matratzensysteme .. 5

2.1 Auswahl der Probanden 5

2.2 Ausgewählte Lagerungspositionen 6

2.3 Ausgewählte Matratzensysteme 6

2.3.1 Latex - Matratze 6

2.3.2 Schaumstoffmatratze Rhombo Care® prevent 7

2.3.3 Luftkammersystem Carital Optima 7

2.3.4 Luftkissenbett KCI TheraPulse 8

2.4 Codierungen von Proband, Matratze und Lagerung 8

3 Messmittel 10

3.1 Drucksensortypen für Auflagedruckmessung 10

3.2 Auflagedruckmesssystem FSA 10

3.2.1 Produktbeschreibung der Messmatte 11

3.2.2 FSA Software 11

3.2.2.1 Darstellungsmöglichkeiten 12

3.2.2.2 Statistische Auswertungsmöglichkeiten 12

3.2.3 Kalibrierung 13

3.2.4 Drift der Messwerte 14

3.2.4.1 Drift der Messwerte - Messung mit statischem Körper 14

3.2.4.2 Drift der Messwerte - Messung mit Menschen 14

3.3 Kalottenprüfstempel mit Spitzendrucksensor 15

4 Durchführung der Auflagedruckmessungen 16

4.1 Messanordnung 16

4.2 Besonderheiten bei Messungen mit Menschen 17

4.2.1 Einflussfaktor Atmung 17

4.2.2 Datenverdichtung 18

4.2.3 Besonderheiten bei bestimmten Körperregionen 20

4.3 Regions of Interest - ROI 21

4.4 Auswertungsparameter - Kennwerte 22

5 Ergebnisse der Auflagedruckmessungen 28

5.1 Verschiedene Lagerungen 28

5.1.1 Verschiedene Lagerungen: Proband 03, Matratze - Latex 28

5.1.2 Verschiedene Lagerungen: Proband 03, Matratze – Rhombo Care® prevent 33

5.1.3 Verschiedene Lagerungen: Proband 03, Luftkissenbett KCI TheraPulse 38

5.1.4 Verschiedene Lagerungen: Proband 04, Matratze - Latex 41

5.1.5 Verschiedene Lagerungen: Proband 04, Matratze - Rhombo Care® prevent 44

5.1.6 Verschiedene Lagerungen: Proband 10, Matratze - Latex 47

5.1.7 Verschiedene Lagerungen: Proband 10, Matratze - Rhombo Care® prevent 50

5.2 Verschiedene Matratzensysteme ... 53
5.2.1 Harte Unterlage und Matratze - Latex ... 53
5.2.2 Verschiedene Matratzensysteme: Proband 03, 77 kg, BMI 22 ... 55
5.2.2.1 Proband 03, Rückenlage 0° ... 55
5.2.2.2 Proband 03, 30° Schräglage ... 59
5.2.3 Verschiedene Matratzensysteme: Proband 07, 67 kg, BMI 29 ... 63
5.2.3.1 Proband 07, Rückenlage 0° ... 63
5.2.3.2 Proband 07, 30° Schräglage ... 67
5.2.4 Verschiedene Matratzensysteme: Proband 10, 120 kg, BMI 44 ... 70
5.2.5 Matratze alt – neu, derselbe Proband ... 73
5.2.6 Matratze mit und ohne Matratzenbezug und Leintuch ... 75
5.2.7 Luftkissenbett - Kammerdruckeinstellung automatisch und manuell ... 76
5.3 Verschiedene Probanden ... 77
5.3.1 Auf harter Unterlage, Rückenlage 0° ... 77
5.3.2 Verschiedene Probanden: Matratze – Latex, Rückenlage 0° ... 78
5.3.3 Verschiedene Probanden: Matratze – Rhombo Care® prevent, Rückenlage 0° ... 80
5.3.4 Verschiedene Probanden: Matratze – Carital Optima “normal“, Rückenlage 0° ... 82
5.3.5 Verschiedene Probanden: Matratze – Carital Optima “Therapie“, Rückenlage 0° ... 84
5.3.6 Verschiedene Probanden: Luftkissenbett KCI TheraPulse, Rückenlage 0° ... 86
5.4 Auswirkung der Atmung ... 88
6 Ergebnisse der Spitzendruckmessungen ... 89
7 Erkenntnisse und Empfehlungen ... 91
7.1 Statistische Kennwerte ... 91
7.2 Patientenkonstitution ... 92
7.3 Patientenlagerungspositionen ... 95
7.4 Matratzensysteme ... 96
7.5 Matratzenüberzüge ... 98
7.6 Auflagedruck – Dekubitus ... 100
8 Zusammenfassung ... 103
Literaturverzeichnis ... 105
Abkürzungsverzeichnis ... 107
Abbildungsverzeichnis ... 108
Tabellenverzeichnis ... 112
Anhang ... 114

1 Einleitung

Die erhöhte Druckbelastung einzelner Körperstellen stellt in Kombination mit vielen anderen Faktoren eine bedeutsame Ursache der Dekubitusentstehung dar (Braun, 1997, 63-65; Neander, 2001, 270-275; Seiler, 1993, 9).
Zur Reduzierung des Auflagedruckes werden schier unüberschaubar viele unterschiedlichste Matratzen- bzw. Bettsysteme und Lagerungsbehelfe angeboten. Jedes Produkt wird natürlich als “das Beste“ angepriesen, wobei auch eine teils sehr große preisliche Spannweite gegeben ist.
Selbstverständlich macht jeder Anwender “seine“ Erfahrungen bezüglich Wirksamkeit, welche aber kaum auf objektivierbaren Messungen beruhen. So sind die Nutzer überwiegend auf reine Firmeninformationen angewiesen. Nicht selten sind daher in Gesundheitseinrichtungen zahlreiche verschiedene Druckentlastungssysteme vorhanden. Einerseits ist es nicht möglich, mit einem einzigen Druckentlastungssystem bei den äußerst unterschiedlichen Patientensituationen die bestmögliche Druckentlastung zu erreichen, andererseits bringt eine unnötige Anzahl an verschiedenen Druckentlastungssystemen mitunter Unsicherheit oder sogar eine Scheinsicherheit. Für einen sinnvollen Einsatz möglichst wenig unterschiedlicher Systeme ist es allerdings erforderlich, den Auflagedruck beeinflussende Faktoren sowohl von Seiten des Patienten als auch des Lagerungssystems zu kennen.

In meinem Wirkungsbereich, dem Rehabilitationszentrum Häring der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt, hatten wir auch eine große Anzahl verschiedenster Matratzensysteme in Verwendung. Welche tatsächliche Druckentlastung bei den verschiedenen Systemen gegeben ist und wie sich die Einflussgrößen durch den Patienten auswirken, war uns nicht bekannt. Da in der einschlägigen Literatur fast ausschließlich kleinflächige Druckmessungen am Menschen oder Dummy-Messungen herangezogen werden (Roales-Welsch, 2000, 298; Neander, 2001, 272; Diesing, 2006, 35), konnte ich auch daraus keine zufrieden stellende Antwort erhalten.
Dies war der Grund selbst ein Forschungsprojekt mit der Fragestellung zu starten, in welcher Dimension Patientenkonstitution, Patientenlagerungspositionen und verschiedene Matratzensysteme eine Auswirkung auf den Auflagedruck am Patienten in liegender Position haben.

Die Auflagedruckmessungen vom ganzen Körper erfolgten mit einer Messmatte, welche aus 1024 piezoresistiven Drucksensoren besteht. Für die Messungen stellten sich zehn Probanden mit unterschiedlichem Körpergewicht sowie mit und ohne einer Querschnittlähmung zur Verfügung. Als Lagerungsvarianten wurden vier in der Praxis häufig angewandte Positionen gewählt, und zwar Rückenlage mit einem Neigungswinkel des Kopfteiles von 0° und 45°, Schräglage 30° sowie 90° Seitenlage. Zur Anwendung gelangten Matratzensysteme, welche im Rehabilitationszentrum Häring eingesetzt werden, nämlich Latex Matratze, Schaumstoffweichlagerungsmatratze, Luftzellenmatratze und Luftkissenbett.

Ziel der Arbeit war, anhand zahlreicher Auflagedruckmessungen mit mehreren Probanden bei definierten Situationen eventuell vorhandene Auswirkungen auf die Körperdruckverteilung zu ermitteln und bewerten, um in der Praxis für die jeweiligen Patientensituationen ein adäquates Lagerungssystem einzusetzen.

Es konnten wesentliche Erkenntnisse über die Auswirkung von Patientenkonstitution, Patientenlagerungspositionen und verschiedenen Matratzensystemen sowie über die Problematik der Messverfahren und über praxisrelevante statistische Kenngrößen gewonnen werden. Außerdem war es möglich, mit einem Kalottenprüfstempel die Einflussfaktoren durch Matratzenbezüge fest zu stellen.

2 Auswahl der Probanden, Lagerungspositionen und Matratzensysteme

2.1 Auswahl der Probanden

Da ein Schwerpunkt des Rehabilitationszentrums Häring die Rehabilitation von Patienten mit einer Rückenmarkschädigung ist, war es wichtig, einen möglichst großen Anteil an Menschen mit einer Querschnittlähmung in das Probandenteam zu bekommen. Dafür konnten bereits schon länger rehabilitierte Querschnittgelähmte aus der Behindertensportgruppe gewonnen werden.
Insgesamt stellten sich zehn Probanden für die Studie zur Verfügung. Sechs davon hatten eine Querschnittlähmung, eine Person eine Knochenverletzung im Bereich der unteren Extremität und drei Probanden waren “gesunde“ Personen.

Um eventuelle Einflüsse durch das Körpergewicht und die Körpergröße erfassen zu können, wurde bei der Probandenauswahl auch Augenmerk auf den Body Mass Index (BMI) gelegt.

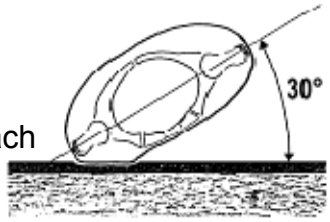
Angaben zu den Probanden					
BMI	Gewicht *kg*	Größe *cm*	m/w	sonstige Angaben	Codierung
20	60	172	m	Tetraplegie sub C6, Unfall 1996	01
22	68	175	m	Tetraplegie sub C7, Unfall 1980	02
22	77	185	m	Gesunder Proband	03
22	77	185	m	Gesunder Proband	04
23	73	176	m	Tetraplegie sub C5, Unfall 1999	05
27	90	183	m	Gesunder Proband	06
29	67	150	m	Paraplegie, Erkrankung, von Geburt an	07
29	90	175	m	Paraparese sub Th12, Unfall, 1995	08
33	110	180	m	Paraplegie sub Th8, Unfall 1985	09
44	120	167	w	Knochenverletzung, untere Extremität	10

Tabelle 2.1-1: Angaben zu den Probanden

2.2 Ausgewählte Lagerungspositionen

Augenmerk wurde auf die allgemein verbreiteten Standardlagerungen gelegt. Spezielle Lagerungstechniken, wie z.B. Bauchlage, Spaltlagerung, Froschlagerung, Nestbaulagerung etc., wurden hier nicht eingebunden.

- Rückenlage mit Oberkörper ganz flach (Rückenlage 0°)
- Rückenlage mit Oberkörper 45° hoch gestellt (Rückenlage 45°)
- 30° Schräglage, Oberkörper flach



- 90° Seitenlage

2.3 Ausgewählte Matratzensysteme

Die Matratzensystemauswahl erfolgte nicht aufgrund einer Studie des gesamten Marktangebotes, sondern ausschließlich nur anhand der in unserem Zentrum zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Systeme.
In unserer Einrichtung hatten wir elf verschiedene Matratzensysteme und ein Luftkissenbett in Verwendung. In einem Pretest erfolgte aufgrund der Messdaten eine Selektionierung der Matratzensysteme.
Für die weitere Vorgangsweise wurden drei Matratzensysteme und das Luftkissenbett ausgewählt.

2.3.1 Latex - Matratze

Als Stiftlatex (Latex mit Bohrungen), Härte 3 *(Härte 3 ist von der Firma Sembella eine firmeninterne Bezeichnung und bedeutet „hart"; leider ist bezüglich Härtegrad keine genauere Information erhältlich)*.
Matratzenhöhe 12 cm.

Abbildung 2.3.1-1: Latex - Matratze

2.3.2 Schaumstoffmatratze Rhombo Care® prevent

Diese Schaumstoffmatratze besteht aus mehrschichtigen Schaumstoffmaterialien. Die Matratzenbasis, versehen mit Lochungen zur Klimaregulierung, weist eine Dichte von 45 kg/m^3 auf.
Die Liegefläche besteht aus hochelastischen Zylindern mit einer Dichte von 80 kg/m^3 und einer Höhe von 5 cm. Die Seitenteile sind verstärkt.
Der Bezug besteht aus Jersey, unterlegt mit einem dünnen Schaumstoff.
Matratzenhöhe 14 cm.

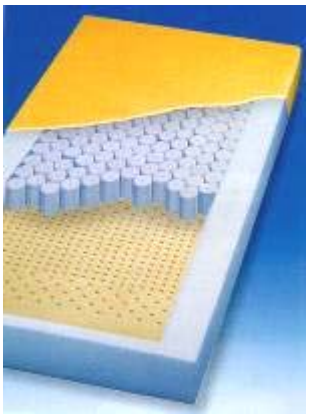


Abbildung 2.3.2-1: Schaumstoffmatratze Rhombo Care® prevent

2.3.3 Luftkammersystem Carital Optima

Bei der Carital Optima (Carital air-float system® inside) handelt es sich um eine Luftzellenmatratze. Diese besteht aus 21 einzelnen tunnelförmigen Zellen, welche leicht mit Luft gefüllt sind und sich der Körperform anpassen ①. Im Inneren befindet sich in jedem Tunnel eine Innenzelle ②, welche gezielt mit Luft gefüllt wird. Die 21 inneren Zellen werden für die Luftdrucksteuerung in drei Zellbereiche – Kopf(6), Mitte(9), Fuß(6) – unterteilt, welche druckmäßig unabhängig voneinander eingestellt werden. Das Steuergerät Carital Alfa beinhaltet neben der Steuer- und Regeltechnik auch einen kleinen Kompressor. Die Bereiche Kopf / Mitte / Fuß werden unabhängig vom Körpergewicht des Patienten automatisch auf einem vorgegebenen Luftdruck gehalten. Bei der Wahl “normal“ auf 7 / 13 / 5 mmHg, bei “Therapie“ auf 6 / 9 / 4 mmHg, bei “Sitzen“ auf 14 / 20 / 9 mmHg und bei “Fest“ auf 7 / 33 / 5 mmHg. Für pflegerische Tätigkeiten kann der Mittelteil mit der Funktion “Fest“ maximal aufgepumpt werden.
Matratzenhöhe 13 cm.

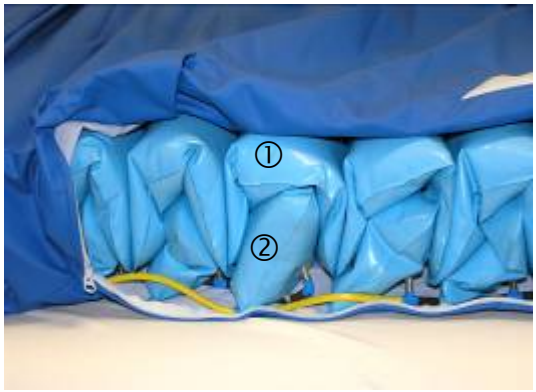


Abbildung 2.3.3-1: Carital air-float system® - Carital Optima

2.3.4 Luftkissenbett KCI TheraPulse

Dieses Spezialbett ist mit 21 Luftkissenelementen bestückt, welche gruppenweise miteinander verbunden sind. Die Aufteilung erfolgt in vier Gruppen: Kopf, Schulter, Körper und Beine. Dadurch kann die Luftfüllung jeder Gruppe individuell auf die dort aufliegende Körperregion eingestellt werden. Die Steuerung des Luftdruckes in den Kissen kann sowohl automatisch – über Vorwahl von Körpergewicht und Patientengröße lang/kurz – als auch über eine manuelle Einstellung erfolgen.

Die Luftkissen bestehen aus einem semipermeablen Material, welches undurchlässig für Wasser, Harn usw., aber durchlässig für Luft und Wasserdampf ist.

Bei der dreigeteilten Liegefläche kann sowohl der Kopf- als auch der Fußteil getrennt verstellt werden. Somit ist es möglich, den Patienten in eine leichte Sitzposition zu bringen.

Abbildung 2.3.4-1: Luftkissenbett KCI TheraPulse

2.4 Codierungen von Proband, Matratze und Lagerung

Um bei den zahlreichen Messungen eine eindeutige Datenzuordnung sicher zu stellen, wählte ich folgende Codierung:

Proband: Siehe unter Punkt 2.1

	Codierung	Text
Matratze:	00	auf Brett – ohne Matratze
	01	Latex
	04	Rhombo Care® prevent
	130	Carital Optima, Einstellung “normal”
	131	Carital Optima, Einstellung “Therapie”
	14	Luftkissenbett KCI TheraPulse
	900	Kalibrierungs Luftsack *die letzten beiden Stellen geben den Druck in mmHg an*

	Codierung	Text
Lage:	00	Rückenlage
	30	30° Schräglage
	90	90° Seitenlage
Rückenteil:	00	ganz flach
	45	45° hoch gestellt
Varianten:	011	maximal eingeatmet
	012	maximal ausgeatmet
	100	x Minuten nach Mess-Start *die letzten beiden Stellen geben die Minuten nach dem Mess-Start an (z.B. 108 = 8 Minuten nach Mess-Start)*
	999	ohne Matratzenbezug und ohne Leintuch
	MAN	Luftdruck in Kammer manuell nachjustiert
	alt	Latex Matratze alt
	neu	Latex Matratze neu

Die Schreibweise der Codierung ist:

Proband_Matratze_Lage_Rückenteil_Variante *(nur wenn es eine solche gab)*

z.B. bedeutet 03_01_00_45

Proband 03 _ Matratze Latex _ Rückenlage _ Rückenteil 45° hoch gestellt

3 Messmittel

3.1 Drucksensortypen für Auflagedruckmessung

Reswick und Rogers entwickelten einen elektropneumatischen Einzeldruckmesser, der 1976 für den Nachweis der Gültigkeit der Kosiak-Gleichung eingesetzt wurde. In der Weiterentwicklung wurden verschiedene pneumatische, elektropneumatische und elektronische Messsysteme erprobt und eingesetzt. Die in der letzten Zeit hauptsächlich verwendeten Messsysteme variieren von einem einfachen pneumatischen Einzelsensor bis zu modernen, hoch auflösenden, resistiven bzw. kapazitiven Messmatten.

Die eingesetzten Messsysteme nutzen verschiedene physikalische Effekte aus. Am häufigsten eingesetzte Methoden sind z.B.
- Luftgefüllte Drucksensoren
- Piezoresistive Drucksensoren
- Kapazitive Drucksensoren

Bei dieser Studie verwendete ich ein Messsystem, welches mit piezoresistiven Drucksensoren ausgestattet war.
Diese Sensoren enthalten meist einen in einer Membran eindiffundierten Dehnungsstreifen und sind überwiegend aus Silizium hergestellt. Erfolgt eine Krafteinwirkung, ändert sich der Widerstand der Dehnungswiderstände und damit die gemessene Spannung. Diese Drucksensoren sind kostengünstig herzustellen und weisen eine vergleichsweise hohe Empfindlichkeit auf. Allerdings sind die zur Druckmessung eingesetzten Materialien sehr stark temperaturabhängig. Daher haben Sensoren auf Siliziumbasis praktisch immer zusätzlich Temperatursensoren eingebaut, mit deren Hilfe die Messinformation korrigiert werden kann.

3.2 Auflagedruckmesssystem FSA

FSA ist die Abkürzung für **F**orce **S**ensing **A**rray.
Die Firma Verg Incorporation and Vista medical Ltd. produziert in Winnipeg, Monitoba, Canada das Auflagedruck-Messsystem “Force Sensing Array Pressure Mapping“.
Bei diesem Messsystem kommen piezoresistive Drucksensoren zum Einsatz.

Das FSA-System besteht aus einer Messmatte, einem Computer Interfacemodul - einer sogenannten black-box, einem Verbindungskabel und einer Computersoftware. Die “black box“ stellt die elektronische Verbindung zwischen den Sensoren in der Matte und dem Computer her.

3.2.1 Produktbeschreibung der Messmatte

Die FSA-Matte beinhaltet 1024 rechteckige, dünne Sensoren. Diese sind in einer Matrix von 32x32 angeordnet. Die Abmessung eines einzelnen Sensors beträgt ca. 20 x 57 mm. Der Abstand zwischen den Sensoren, welcher messtechnisch nicht erfasst wird, ist ca. 8 mm.
Die Matte ist sehr flexibel, 4 mm stark und erfasst einen Messflächenbereich von 192 x 76 cm. Die Messwerte werden in mmHg (Millimeter Quecksilbersäule) angegeben. Ein Sensor kann so kalibriert werden, dass er Kräfte zwischen 0 – 100 mmHg mit einer sehr guten Auflösung auch im unteren Messbereich erkennt.

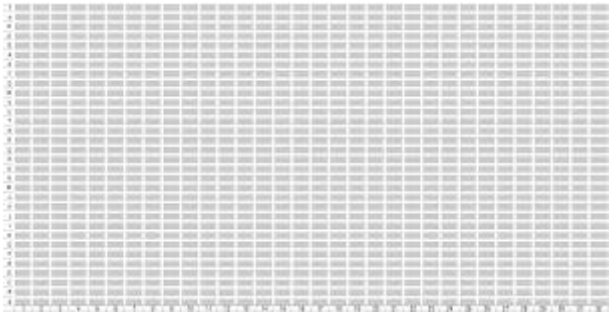


Abbildung 3.2.1-.1: FSA Messmatte - Sensoren Matrix

Die Druckeinheit "mmHg" ist im Bereich der Druckverteilungsmessung weit verbreitet. Sie entspricht jedoch nicht dem internationalen Einheitensystem (SI-Einheiten). Umrechnung in SI-Einheiten:
1 mmHg = 133,322 Pa = 0,0013411 bar = 0,0133322 N/cm² = 0,01934 psi
1 kPa ≈ 7,5 mmHg

3.2.2 FSA Software

Bei der mir zur Verfügung stehenden FSA-Software handelt es sich um die Version 3.1.11.1

Mit Hilfe dieser Software erfolgt die komplette Bedienung – von der Systemeinstellung, Datenanzeige und Datenaufzeichnung bis hin zur Auswertung.

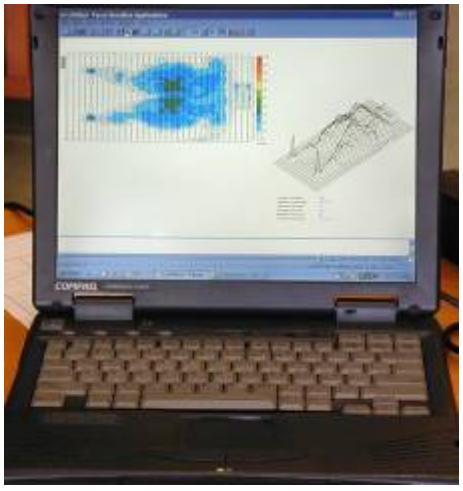


Abbildung 3.2.2-1: FSA Software

3.2.2.1 Darstellungsmöglichkeiten

Es werden zahlreiche Möglichkeiten der grafischen Darstellung der Messergebnisse angeboten. Anbei nur einige Beispiele.

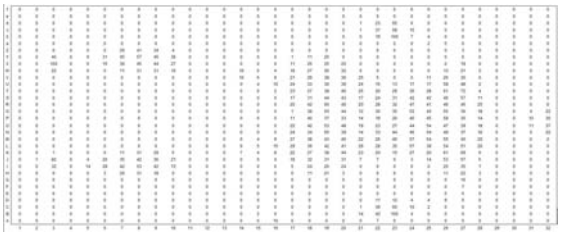


Abbildung 3.2.2.1-1: Darstellung als Zahlenwerte

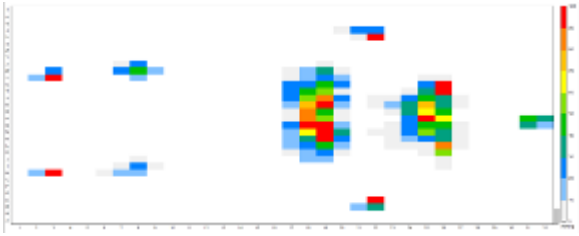


Abbildung 3.2.2.1-2: Darstellung in Farbcodierung

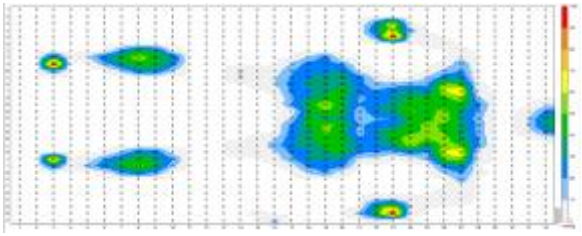


Abbildung 3.2.2.1-3: Darstellung als Isobare und interpoliert

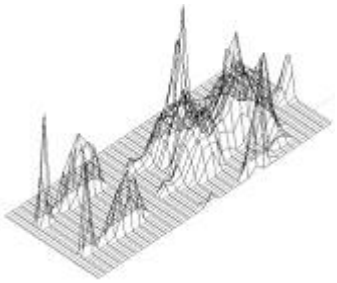


Abbildung 3.2.2.1-4: 3-D Darstellung

3.2.2.2 Statistische Auswertungsmöglichkeiten

Die mit dieser Software angebotenen statistischen Auswertungsmöglichkeiten beinhalten die Anzahl der getriggerten Sensoren, den Variationskoeffizienten, die Standardabweichung, den Druck-Mittelwert, den Maximaldruck und die Koordinaten des Druckzentrums.

Einschließlich Sensoren	299
Variationskoeffizient	71.6%
Standardabweichung	19
Druck-Mittelwert	26
Maximaler Druck	100
Druckzentrum	16.2, 20.0

Abbildung 3.2.2.1-5: Beispiel der statistischen Auswertungsmöglichkeit

Diese statistischen Angaben beziehen sich auf die Messdaten einer Aufnahmesequenz. Eine Messung über beispielsweise 10 Minuten mit einer Frequenz von vier Aufzeichnungen pro Sekunde besteht aus insgesamt 2.400 Einzelfrequenzen.

Diese Auswertungsmöglichkeit berücksichtigt aus meiner Sicht keineswegs die erforderlichen Bedingungen und ist daher absolut ungeeignet. Die Begründung wird in den folgenden Abschnitten dargestellt.

3.2.3 Kalibrierung

Eine unkalibrierte Matte gibt nur relative Druckinformationen. Ein Sensor, der 100 % anzeigt, liest den maximal erkennbaren Druck. Der gleiche Druck, den dieser eine Sensor mit 100 % bewertet hat, könnte von einem anderen Sensor nur mit 70 % bewertet werden.
Die Kalibrierung der Matte definiert für jeden der 1024 Sensoren die Übereinstimmung des gemessenen Druckes mit dem bekannten Druckwert. Die Kalibrierung erfolgt im Bereich von 0 bis 100 mmHg in jeweils 10 mmHg Schritten. Erst von 0 aufwärts bis 100 und dann von 100 abwärts bis 0. Die Kalibrierung erfolgt bis 100 mmHg. Werte über 100 mmHg werden nicht als solche dargestellt.
Ein mit 100 mmHg angezeigter Wert kann real 100 mmHg oder höher sein.

Das erforderliche Material für die Durchführung der Kalibrierung besteht aus zwei Brettern①, zwischen denen die FSA-Messmatte② und auf dieser eine aufblasbare Latexmatte③ gelegt werden. Dieser "Sandwich" wird dann in eine Einspannvorrichtung④ geschoben, um beim Aufblasen der Latexmatte den erforderlichen Gegenhalt zu bewirken. Mit einer Luftpumpe (manuell oder elektrisch) wird die Luft eingeführt. Die Luftdruckkontrolle erfolgt mit einem Manometer.

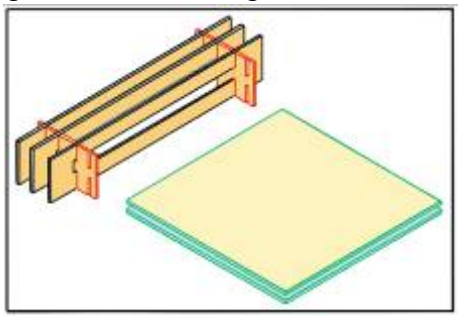


Abbildung 1

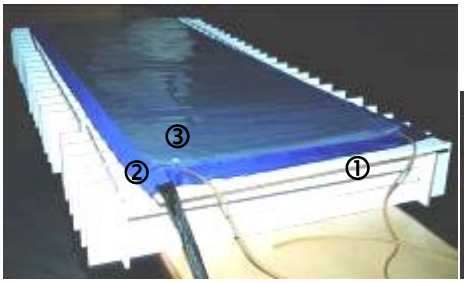


Abbildung 2

Abbildung 3

Abbildung 4

Abbildung 3.2.3-1: Kalibrierungsvorrichtung

Beim Kauf einer FSA-Anlage ist eine Kalibrierung schon vorgenommen worden. Weitere Kalibrierungen der Sensoren sind aber notwendig, da sich die Empfindlichkeit der Sensoren mit der Zeit und während der Anwendung ändert. Dies gilt ganz besonders für neue Sensoren.
Gemäß Herstellerangaben sollte eine neue Matte nach den ersten 50 Einsätzen neu kalibriert werden. Danach genügt eine Kalibrierung nach jeweils 200 Einsätzen. Eine Neukalibrierung wird empfohlen, wenn Forschung betrieben wird, Statistiken über Analysen von Druckbereichen erstellt werden oder wenn nummerische Druckbereiche einen kritischen Bereich erreichen oder überschreiten.
Beim gegenständlichen Forschungsprojekt wurde täglich vor Messbeginn eine Kalibrierung durchgeführt.

3.2.4 Drift der Messwerte

Darunter ist hier die Veränderung der Messwerte zu verstehen, welche durch die Charakteristik der Mess-Sensoren verursacht werden. Wie im Kapitel 3.1 beschrieben, weisen die hier zur Druckmessung eingesetzten Materialien eine sehr starke Temperaturabhängigkeit auf.

3.2.4.1 Drift der Messwerte - Messung mit statischem Körper

Zur Feststellung der Mess-Drift ohne Temperaturbeeinflussung durch das zu messende Objekt erfolgte eine Messung mit der aufblasbaren Latexmatte des Kalibrations-Kit. Die Aufzeichnung der Messung mit einer Frequenz von einer Sequenz pro Sekunde erfolgte sofort nach dem Start über eine Zeitspanne von 7 Minuten und 40 Sekunden. Für die Bewertung wurden Sequenzen in 20 Sekunden Intervallen herangezogen.
Beim Messstart wurde ein Druckmittelwert (MW) von 20,7 mmHg und beim Messende von 21,4 mmHg ermittelt. Insgesamt betrug die Spreizung vom niedrigsten zum höchsten Wert 0,9 mmHg, was einer Drift von 4,3 % entspricht. Betrachtet man nur die zweite Hälfte der Zeitspanne, beträgt die Drift lediglich 2,9 %.

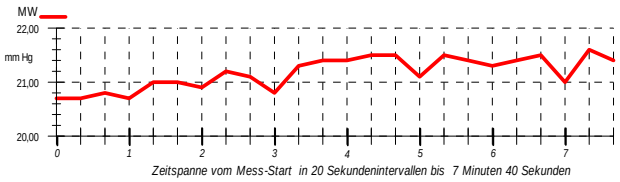


Abbildung 3.2.4.2-1: Drift der Messwerte - Statischer Körper

3.2.4.2 Drift der Messwerte - Messung mit Menschen

Bei der Messung mit Menschen kommt der Faktor “Beeinflussung durch Temperatur“ zum Tragen. Die Aufzeichnung der Messung mit einer Frequenz von einer Sequenz pro Sekunde erfolgte sofort nach dem Start über eine Zeitspanne von 12 Minuten und 30 Sekunden. Für die Bewertung wurden Sequenzen in 10 Sekunden Intervallen herangezogen.
Beim Messstart wurde ein Druckmittelwert (MW) in der Region “Thorax“ von 7,8 mmHg und beim Messende von 24,7 mmHg ermittelt. Insgesamt betrug die Spreizung vom niedrigsten zum höchsten Wert 16,9 mmHg (was einer Drift von 217 % entspricht). In der Region “Becken“ betrugen die Werte beim Messstart 12,6 mmHg und beim Messende 22,9 mmHg, was einer Spreizung von 10,3 mmHg bzw. einer Drift von 181 % entspricht.

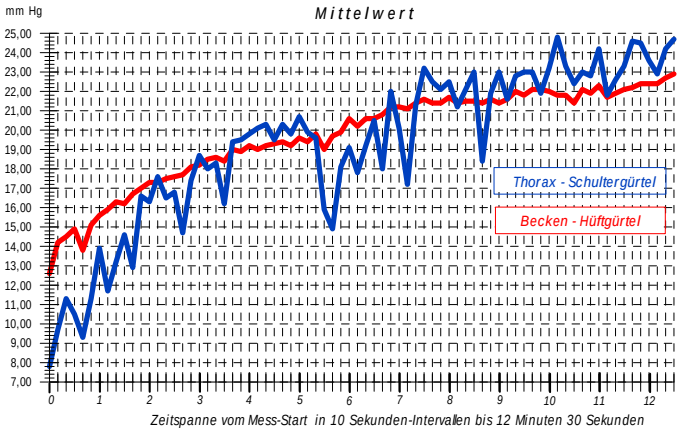


Abbildung 3.2.4.2-1: Drift der Messwerte - Mensch

Mit zunehmender Liegezeit und Erwärmung der Sensoren durch die Körpertemperatur verringert sich der Driftanteil.

Für die Durchführung von Auflagedruckmessungen mit piezoresistiven Drucksensoren ist es daher unbedingt notwendig, dass vor dem Mess-Start der Proband bereits längere Zeit (ca. 10 Minuten) auf der Messanordnung liegt.

3.3 Kalottenprüfstempel mit Spitzendrucksensor

Der Kalottenprüfstempel mit mechanischem Spitzendrucksensor ist ein Prüfstempel der es ermöglicht, humanphysiologisch orientierte Messungen technisch standardisiert durchzuführen.
Die Kontur des Prüfstempels ist der Geometrie eines Hinterkopfes nachgebildet (Kalottendurchmesser D = 150 mm; Krümmungsradius r = 160 mm). In diesem Prüfstempel ist an der prominentesten Stelle ein Sensor implementiert (Dehnungsmessstreifen-Sensor; Sensordurchmesser d = 20 mm; Krümmungsradius r = 160 mm), der die Druckbelastung an dieser Stelle - ohne Beeinflussung der Oberflächenkontur - erfasst.

Der Kalottenprüfstempel (Eigengewicht ca. 0,8 kg) wird mit einem Zusatzgewicht (5 kg) belastet, so dass deren Gesamtmasse in etwa einem mittleren menschlichen Kopf entspricht.

Abbildung 3.3-1: Kalottenprüfstempel mit Spitzendrucksensor

Mit dem Kalottenprüfstempel wurden Messungen bezüglich einer eventuellen Auswirkung von Matratzenschutzbezügen auf den Auflagedruck durchgeführt.

Bei diesem Messinstrument handelt es sich um einen Labortyp, welcher vom Ergonomie Institut München in Neukeferloh für dieses Projekt zur Verfügung gestellt wurde.

4 Durchführung der Auflagedruckmessungen

4.1 Messanordnung

Um eine reale Situation zu simulieren, wurde ein Leintuch ganz locker auf die Matratze gelegt, anschließend wurde die Messmatte immer zentriert positioniert.
Mit dem Verbindungskabel wurde der Kontakt zur “black box“ und von dieser zum Computer hergestellt.

Die Probanden waren jeweils mit einem sehr flexiblen, dünnen Leibchen und einer ebensolchen Hose bekleidet.

Vor jedem Start der Messung wurde eine Liegezeit (Vorwärmzeit für die Messmatte) von ungefähr zehn Minuten eingehalten.

Die Rückenlage mit 45° erhöhtem Oberkörper wurde überwiegend mit direkt aufliegendem Kopf durchgeführt. Wenn es aber wegen der Probandenkonstitution erforderlich war, musste hier eine Kopfunterpolsterung erfolgen. In der Seitenlage hatte jeder Proband eine Kopfunterstützung. In der 30°-Schräglage erfolgte zur Beibehaltung dieser Position eine Abstützung im Rücken- und Kniebereich mit Fixierungspolster.

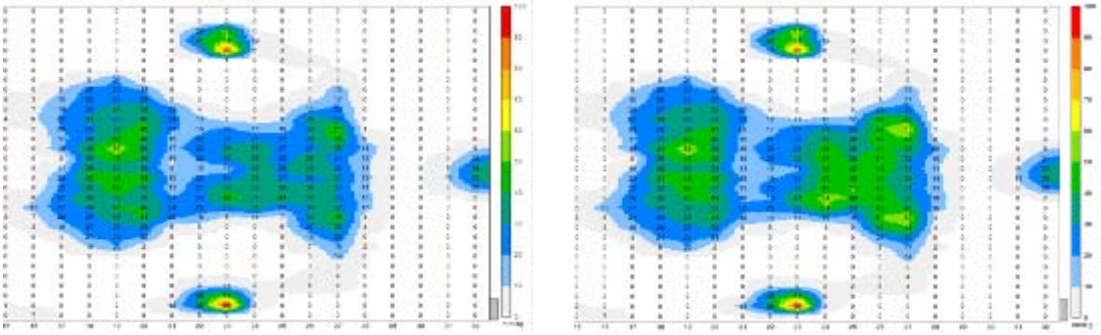
Abbildung 4.1-1: Messanordnung

4.2 Besonderheiten bei Messungen mit Menschen

Während des Messverlaufes zeigten sich mehrere Faktoren, welche einen mitunter sogar sehr starken Einfluss auf die Mess- und Auswertungsergebnisse ausüben.
Begründet ist dies durch den Menschen als Lebewesen mit ständigen unwillkürlichen Bewegungen, speziell im Bereich des Brustkorbes durch die Atmung. Auch kleinste unwillkürliche Bewegungen z.B. im Beckenbereich können bewirken, dass sich Druckwerte innerhalb mehrerer Sensoren verändern. Dies sind alles Einflussfaktoren, welche sich bei Messungen mit einem Dummy überhaupt nicht ergeben.

4.2.1 Einflussfaktor Atmung

An der farbcodierten Isobarendarstellung ist deutlich der Unterschied zwischen maximaler Ein- und Ausatmung zu ersehen *(bei den Abbildungen ist die Untere Extremität ausgeblendet)*.



Maximale Einatmung *Maximale Ausatmung*

Abbildung 4.2.1-1: Einflussfaktor Atmung; Isobarendarstellung

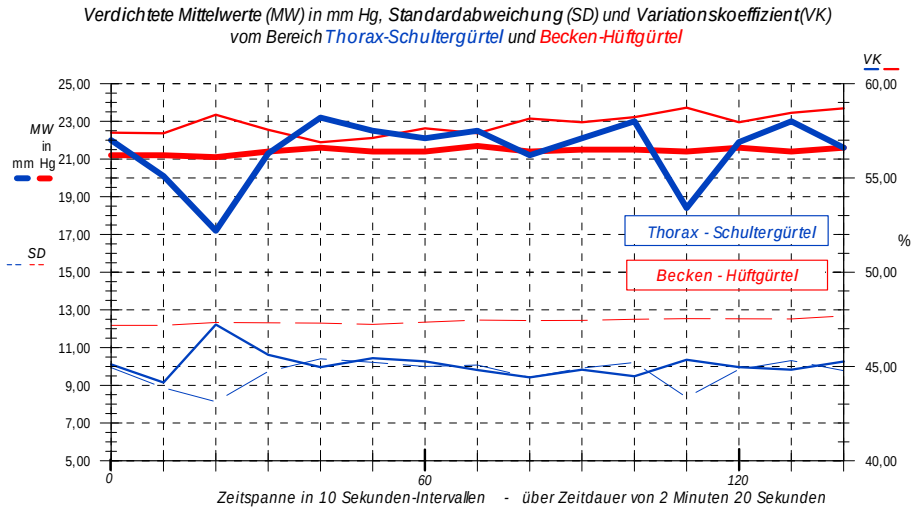
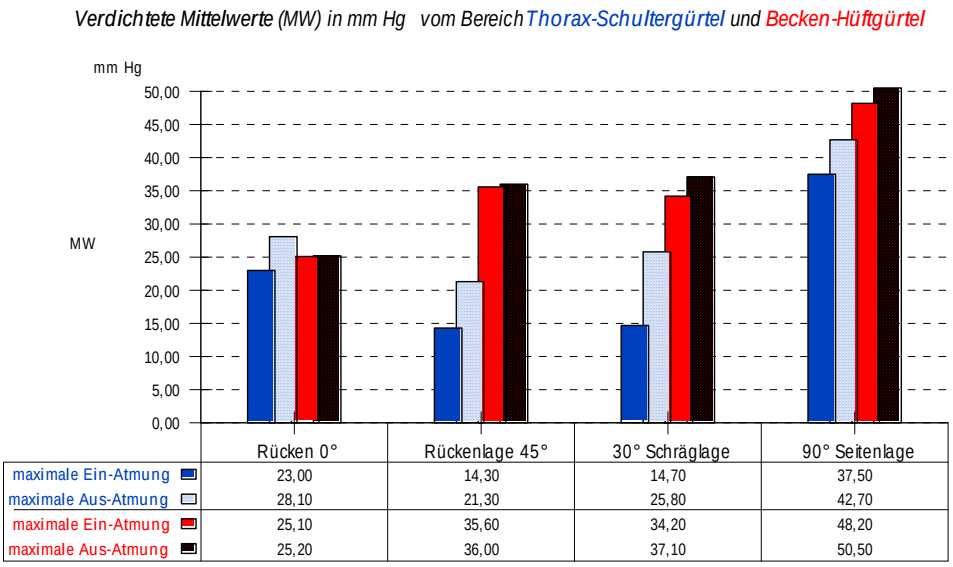


Abbildung 4.2.1-2: Einflussfaktor Atmung; Diagramm - Zeitverlauf

In der Abbildung 4.2.1-2 ist die Auswertung in 10-Sekunden-Intervallen einer Zeitspanne von 2 Minuten und 20 Sekunden dargestellt. Deutlich zu sehen ist der Einfluss der Atmung (hier zweimal eine maximale Ein- und Ausatmung) auf den Auflagedruck im Thoraxbereich (blau), wobei im Beckenbereich (rot) nur minimale Änderungen zu beobachten sind.



	Rücken 0°	Rückenlage 45°	30° Schräglage	90° Seitenlage
maximale Ein-Atmung	23,00	14,30	14,70	37,50
maximale Aus-Atmung	28,10	21,30	25,80	42,70
maximale Ein-Atmung	25,10	35,60	34,20	48,20
maximale Aus-Atmung	25,20	36,00	37,10	50,50

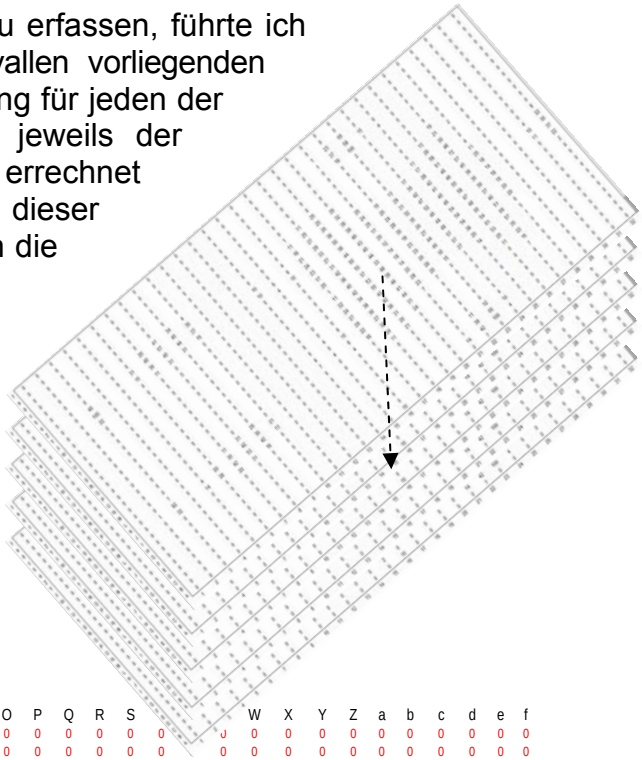
Abbildung 4.2.1-3: Einflussfaktor Atmung; Diagramm – verschiedene Lagerungspositionen

In der Abbildung 4.2.1-3 ist die Auswirkung von maximaler Ein- und Ausatmung auf den Auflagedruck vom Thorax- und Beckenbereich bei verschiedenen Lagerungen zu sehen. Der größte Unterschied ergibt sich bei der 30° Schräglage.

4.2.2 Datenverdichtung

Messreihen über einen Zeitraum von beispielsweise zehn Minuten liefern je nach Aufzeichnungsfrequenz zwischen 600 (bei einer Aufzeichnung pro Sekunde) und 2.400 Messsequenzen (bei vier Aufzeichnungen pro Sekunde) mit jeweils 1.024 Einzelwerten. Bewertungen mit einer einzigen Sequenz aus der gesamten Serie zu machen, würde nicht den real vorhandenen dynamischen Verlauf widerspiegeln und unweigerlich zu Fehlinterpretationen führen. Mit einer gezielten Sequenzauswahl können - bewusst oder unbewusst - Ergebnisse unter Umständen sogar extrem beeinflusst werden.

Um den dynamischen Verlauf zu erfassen, führte ich von allen in 10-Sekunden-Intervallen vorliegenden Sequenzen eine Datenverdichtung für jeden der 1.024 Sensoren durch, indem jeweils der Mittelwert aller Sequenzen errechnet wurde. Mit dem Ergebnis dieser Datenverdichtung erfolgten dann die einzelnen Auswertungen.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S			W	X	Y	Z	a	b	c	d	e	f
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	31	80	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	100	37	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	3	28	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	30	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	18	39	35	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	35	44	19	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	28	49	42	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	40	57	39	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	17	40	34	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	40	43	31	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	12	19	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	26	35	3	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	8	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	3	0	0	0	0	0	0	3	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	8	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	14	9	0	0	0	0	0	0	2	9	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	5	16	22	28	27	23	21	11	0	19	17	21	23	20	16	9	1	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	11	22	30	27	33	37	33	42	40	37	41	30	26	34	28	26	24	9	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	20	25	29	37	41	41	52	50	36	48	58	42	38	29	37	25	25	23	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	3	22	30	43	40	43	37	50	33	42	38	41	45	39	35	29	20	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	13	0	0	0	0	0	0	0	6	22	27	21	14	19	13	12	19	17	24	23	24	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	6	37	35	10	0	0	0	0	0	6	19	27	24	30	23	18	27	27	24	19	14	5	0	0	0	0	0	18	40	21	0	0
23	0	98	54	12	0	0	0	0	0	0	13	33	42	38	25	19	34	32	29	27	12	0	0	0	0	0	2	96	54	60	0	0
24	0	4	9	3	0	0	0	0	0	2	22	51	52	44	44	44	47	45	39	30	13	0	0	0	0	0	0	6	14	0	0	0
25	0	0	1	3	0	0	0	0	0	11	17	35	48	50	46	42	38	37	37	24	14	8	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0
26	0	0	0	8	4	0	0	10	22	45	54	48	51	45	43	54	51	43	44	51	51	23	10	2	0	0	4	0	0	0	0	0
27	0	0	0	5	5	7	15	20	33	51	62	45	37	32	37	31	32	41	51	64	42	27	20	18	5	2	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	3	1	5	5	17	19	15	16	13	16	22	9	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	11	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	21	35	33	21	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abbildung 4.2.2-1: Datenverdichtung

Die statistischen Auswertungen wurden mit jenen Messwerten durchgeführt, deren Wert > 0 ist.

4.2.3 Besonderheiten bei bestimmten Körperregionen

Bei einer Messung werden nie alle 1.024 Sensoren getriggert (Druckkontakt durch Körperberührung). Die Anzahl der getriggerten Sensoren ist direkt abhängig von der Körperauflagefläche.

Der größte Druck entsteht am Körper dort, wo zwischen Knochen und Haut keine bzw. fast keine Weichteile zur “Abpolsterung“ vorhanden sind. Bei größeren Arealen, wie beispielsweise im Bereich der Sitzbeine, hat dies auf die Erfassung mit den Drucksensoren keine Auswirkung.
Bei Körperteilbereichen, bei denen die prominente Knochen-Hautstelle nur eine relativ kleine Oberfläche beträgt, kann je nach zufälliger Platzierung dieses Areals ein Sensor von einem maximalen (wenn er punktgenau belastet wird) bis nur zu einem geringen oder überhaupt keinem Druck (wenn er kaum bis gar nicht belastet wird) getriggert werden. Dieser Effekt kann durch den zwar geringen, aber doch vorhandenen Abstand zwischen den Sensoren auftreten. Typische Stellen dafür sind beispielsweise Ellbogen in Supinationsstellung (Epicondylus medialis), Fersenbein und Außenknöchel (in Seitenlage).

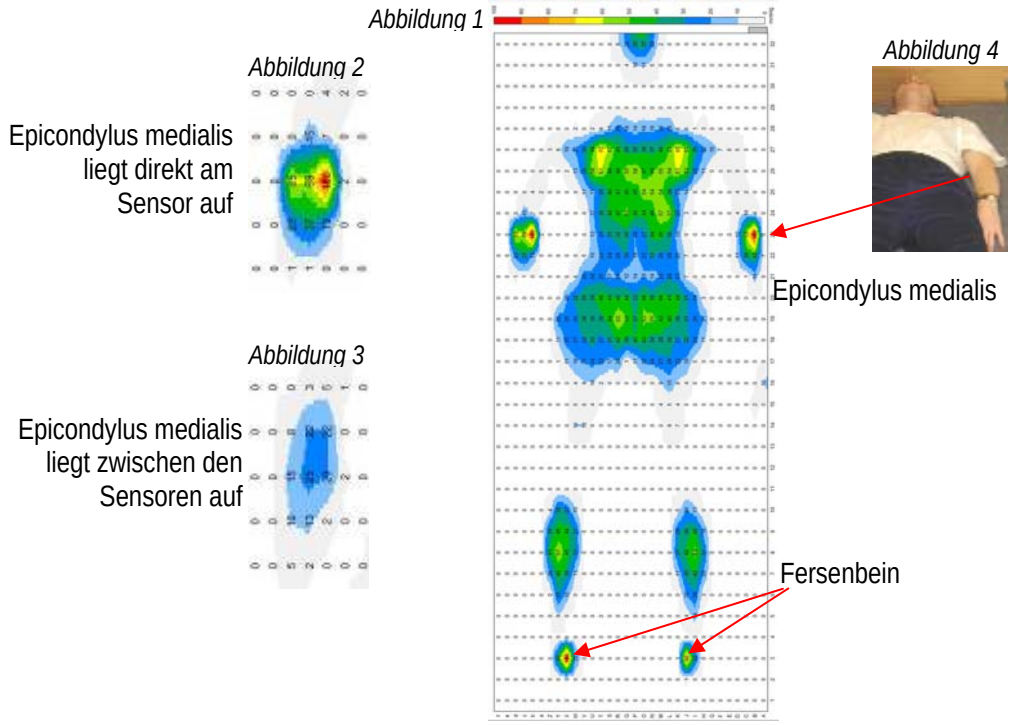


Abbildung 4.2.3-1: Kleinflächige Körperregionen mit einem hohen Auflagedruck

4.3 Regions of Interest - ROI

Wie vorher beschrieben, können kleinflächige Körperregionen nach dem Zufallsprinzip einen Auflagedruck von 0 bis ≥ 100 mmHg produzieren. Sie stellen daher eine sich während dem gesamten Messvorgang veränderbare und nicht reproduzierbare Beeinflussungsmöglichkeit der Gesamtwerte dar.

Um für die Auswertung Messwerte zu erhalten, welche nicht von diesen Beeinflussungen abhängig sind, werden in dieser Studie “Regions of Interest“ (ROI) definiert. Mit den Messdaten dieser ROI erfolgen dann die Auswertungen.

Definierte ROI:

- Bereich Thorax incl. Schultergürtel
- Bereich Becken incl. Hüftgürtel

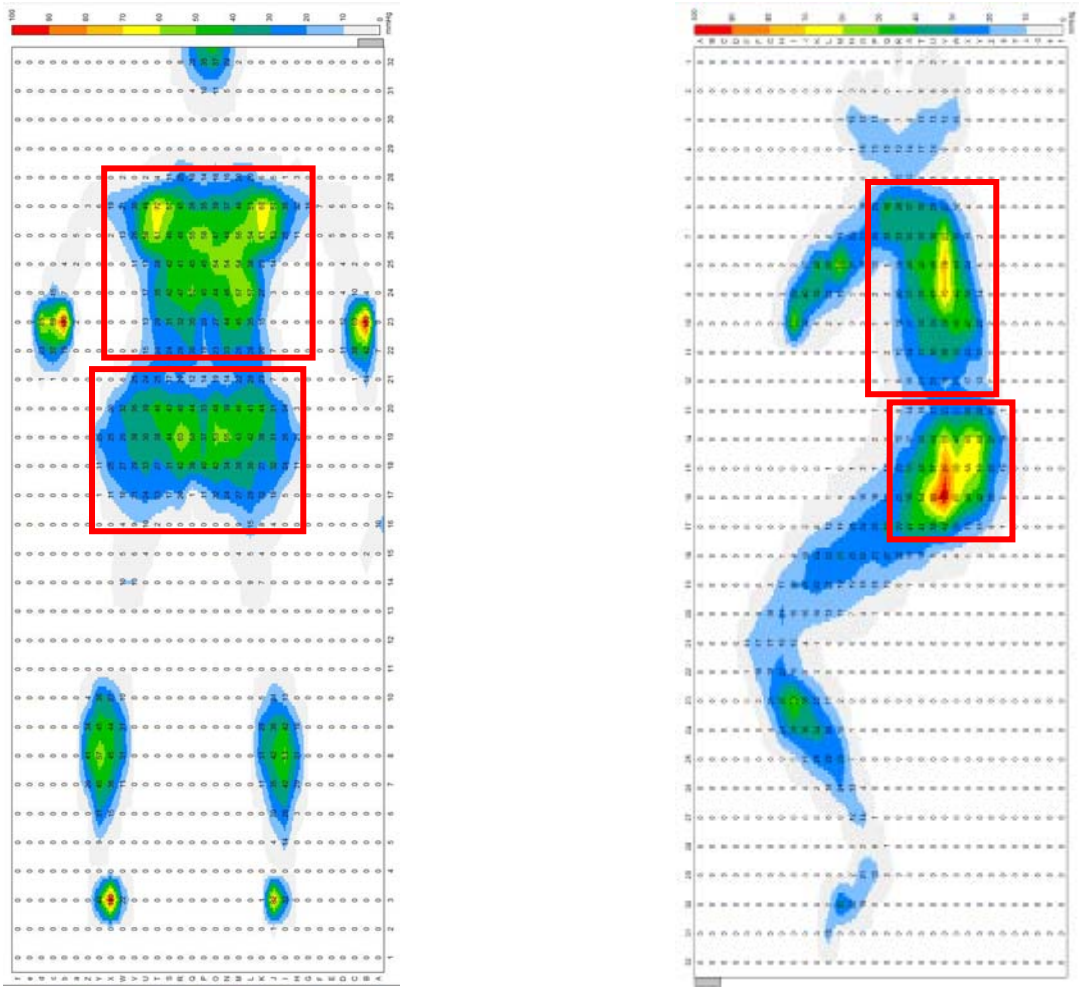


Abbildung 4.3-1: Definierte “Regions of Interest“ - ROI

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	a	b	c	d	e	f
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	31	80	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	#	37	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	3	28	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	30	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	18	39	35	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	35	44	19	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	28	49	42	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	40	57	39	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	17	40	34	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	40	43	31	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	12	19	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	26	35	3	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	3	0	0	0	0	0	0	0	3	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	8	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	14	9	0	0	0	0	0	0	2	9	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	5	16	22	28	27	23	21	11	0	19	17	21	23	20	16	9	1	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	11	22	30	27	33	37	33	42	40	37	41	30	26	34	28	26	24	9	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	20	25	29	37	41	41	52	50	36	48	58	42	38	29	37	25	25	23	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	3	22	30	43	40	43	37	50	33	42	38	41	45	39	35	29	20	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	13	0	0	0	0	0	0	0	6	22	27	21	14	19	13	12	19	17	24	23	24	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	6	37	35	10	0	0	0	0	0	6	19	27	24	30	23	18	27	27	24	19	14	5	0	0	0	0	0	18	40	21	0	0
23	0	98	54	12	0	0	0	0	0	0	13	33	42	38	25	19	34	32	29	27	12	0	0	0	0	0	2	96	54	60	0	0
24	0	4	9	3	0	0	0	0	0	2	22	51	52	44	44	44	47	45	39	30	13	0	0	0	0	0	0	6	14	0	0	0
25	0	0	1	3	0	0	0	0	0	11	17	35	48	50	46	42	38	37	37	24	14	8	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0
26	0	0	0	8	4	0	0	10	22	45	54	48	51	45	43	54	51	43	44	51	51	23	10	2	0	0	4	0	0	0	0	0
27	0	0	0	5	5	7	15	20	33	51	62	45	37	32	37	31	32	41	51	64	42	27	20	18	5	2	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	3	1	5	5	17	19	15	16	13	16	22	9	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	11	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	21	35	33	21	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abbildung 4.3-2: In Messmatrix markierte ROI

In der Messmatrix mit den verdichteten Werten (Mittelwert jedes Sensors) werden die Areale für die Bereiche Thorax-Schultergürtel (grün) und Becken-Hüftgürtel (gelb) definiert.

4.4 Auswertungsparameter - Kennwerte

In die Berechnung der Auswertungsparameter werden nur die durch den Patientenkontakt getriggerten Sensoren miteinbezogen.

Ein ganz wesentlicher Kennwert ist der **Maximaldruck** (p_{Max}), also der auf einem Sensor höchste auftretende Druckwert. Eine Reduzierung des Maximalwertes bewirkt auch eine Senkung der Dekubitus-Auftrittswahrscheinlichkeit.

Der **Minimaldruck** (p_{min}) gibt den geringsten (jedoch > 0) auf einem Sensor auftretenden Druckwert wieder.

Die **Anzahl** (n) **der getriggerten Sensoren** gibt Aufschluss über die in Kontakt mit dem Patienten befindlichen Sensoren.

Der **Mitteldruck** ($\bar{p}$) – auch arithmetischer **Mittelwert** *(MW)* – bezieht sich auf den Druckverlauf eines bestimmten Sensors oder einer Druckverteilung auf alle getriggerten Sensoren. Die maximale Kontaktfläche mit den Sensoren wird durch die Projektionsfläche des Körpers nach oben hin begrenzt. Hingegen steigt bei gleich bleibender Fläche der Mitteldruck

proportional zur Belastungskraft. Stehen einem sehr hohen Druckwert genügend viele Sensoren mit sehr niedrigen Druckwerten gegenüber, kommt dieser Zustand mit dem Mitteldruck eventuell überhaupt nicht zur Darstellung. Das hier angeführte Beispiel aus der Reihe der im Projekt durchgeführten Messungen veranschaulicht das recht gut.

In beiden Fällen ist der Mittelwert (blauer Strich) in etwa gleich groß. Bei ❶ beträgt er 32,7 mmHg und bei ❷ 33,0 mmHg.

Für die praktische Bedeutung besteht jedoch ein signifikanter Unterschied darin, dass im Fall ❶ zehn Sensoren einen Druck von 100 mmHg oder größer und jeweils ein Sensor einen Druck von 99, 97 und 95 mmHg gemessen haben.
Im Fall ❷ beträgt der Maximalwert 66 mmHg, festgestellt bei nur einem Sensor.
Trotz annähernd gleichem Mittelwert ist das Dekubitusrisiko im Fall ❶ extrem hoch.

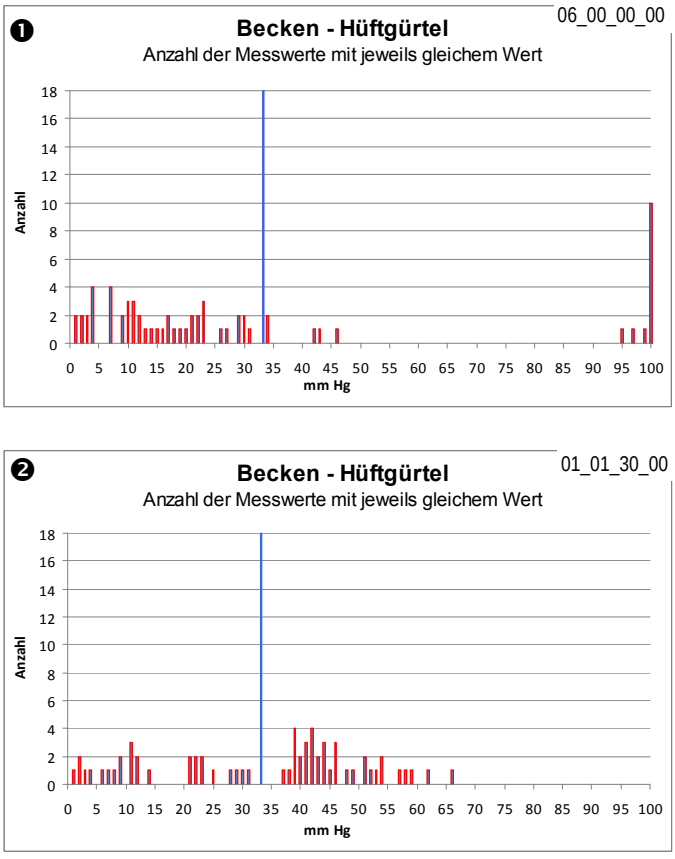


Abbildung 4.4-1: Anzahl getriggerter Sensoren pro Druckwert

Die **Standardabweichung** (SD oder auch STABW) ist ein Maß dafür, wie weit die jeweiligen Werte um den Mittelwert streuen.

Der **Variationskoeffizient** (VK) ist die relative Standardabweichung, das heißt die Standardabweichung dividiert durch den Mittelwert. Damit kann bei Verteilungen mit unterschiedlichen Mittelwerten die Variabilität (Streubreite) der Messwerte beurteilt werden. Der VK wird üblicherweise in % angegeben.

Der **Band Width Index** (BWI) beinhaltet den prozentualen Anteil der getriggerten Sensoren, die einen kleineren Wert als den errechneten Mittelwert registrieren. Die Wertangabe erfolgt in %. Extremsituationen wie im vorher dargestellten “Fall 1“ beeinflussen diesen Wert nur äußerst geringfügig, so dass eine Korrelation zur prophylaktischen Wirkung nicht zu erwarten ist.

Der **Half Width Index** (HWI) wird als Quotient der Anzahl der Sensoren, die unter dem halben Maximalwert liegen, zu den gesamten getriggerten Sensoren berechnet und ist damit abhängig von dem gemessenen Maximalwert. Allerdings ist die Ausprägung dieses Kennwertes ungleich mehr von der Verteilung der Messwerte als von der tatsächlichen Druckentlastung des Patienten abhängig. Die Vermutung, dass sich der Quotient trotz einem deutlich höheren Maximaldruck nur proportional streckt, so dass sich der Quotient trotz deutlich höherer Maximaldrücke nicht ändert, hat sich durch die Ergebnisse der durchgeführten Messserien bestätigt.

Der **Mittelwertindex** (MWI) berücksichtigt als Quotient die Sensorenanzahl mit Messwert > MW durch die Sensorenanzahl mit Messwert < MW und auch direkt den Mittelwert. Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse scheint dieser Wert ein interessanter Index für die Druckbelastung zu sein.

Der **Pressure Area Index** (PAI – p_{Grenz}) gibt den prozentuellen Anteil der getriggerten Sensoren an, die einen kleineren Wert als einen festgelegten Grenzwert aufweisen. Er stellt ebenso wie der BWI und HWI einen Quotienten einer Teilfläche der Druckverteilungsmessung zur gesamten Kontaktfläche dar, bezieht sich dabei aber auf definierte, physiologisch orientierte Kennwerte. Vorwiegend ist die Berechnung des PAI bezogen auf den mittleren Druck in den Arteriolen (30 mmHg) – p_{30}, in den Kapillaren (20 mmHg) – p_{20} und in den Venolen (10 mmHg) – p_{10} (Diesing, 2006, 40). Damit kann eine klare Aussage über die über den Grenzdruck hinaus belastete Fläche in der untersuchten Region gemacht werden. Der PAI ist sehr stark praxisorientiert.

Die **Relative Druckentlastung** ($\Delta\Phi$) gibt die prozentuelle Druckentlastung im Vergleich mit einer Referenzsituation an *(z.B. wird beim Vergleich mehrerer Matratzen miteinander eine Matratze als Referenz festgelegt).*

Zu einigen Kennwerten die Berechnungsformeln:

Kennwert		Formel
Mitteldruck *oder* Mittelwert	$\overline{p}$ MW	Summe der Messwerte der getriggerten Sensoren / Anzahl der getriggerten Sensoren
Band Width Index	BWI	Anzahl der getriggerten Sensoren, für die gilt p < $\overline{p}$ / Anzahl aller getriggerten Sensoren
Half Width Index	HWI	Anzahl der getriggerten Sensoren, für die gilt p < (p_{Max}/2) / Anzahl aller getriggerten Sensoren
Mittelwert Index	MWI	MW / (Anzahl der getriggerten Sensoren mit Messwert > MW / Anzahl der getriggerten Sensoren mit Messwert < MW)
Pressure Area Index	PAI p_{Grenz}	Anzahl der getriggerten Sensoren, für die gilt p < p_{Grenz} / Anzahl aller getriggerten Sensoren Bemerkung: p_{Grenz} - z.B. wenn 20 mmHg, p_{20}
Relative Druckentlastung	$\Delta\Phi$	((p_{Ref} - $p_{Prüf}$) / p_{Ref}) x 100

Tabelle 4.4-1: Berechnungsformel einiger Kennwerte

Beispiel für eine Auswertung mit den verschiedenen Kennwerten

n der getriggerten Sensoren mit p > 0	Statistische Auswertungen										Proband	Matratze und Position
	p Max *mmHg*	MW *mmHg*	SD	VK	BWI	HWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)	MWI		
55	100 x 16	44,6	**40,43**	90,65	**0,58**	**0,62**	**0,53**	**0,45**	**0,29**	**62,05**	06	00_00_00
46	100 x 2	29,9	**28,2**	94,31	**0,57**	**0,80**	**0,57**	**0,46**	**0,39**	**38,87**	03	00_00_00
97	64	29,3	**16,18**	55,22	**0,51**	**0,55**	**0,52**	**0,34**	**0,13**	**29,91**	03	01_00_00
86	64	20,7	**12,74**	61,55	**0,44**	**0,81**	**0,81**	**0,44**	**0,33**	**16,39**	03	01_00_45
65	60	26,4	**14,44**	54,70	**0,42**	**0,57**	**0,57**	**0,34**	**0,18**	**18,76**	03	01_30_00
66	75	43,2	**19,71**	45,63	**0,44**	**0,30**	**0,24**	**0,20**	**0,11**	**33,86**	03	01_90_00
115	41	21,3	**8,69**	40,80	**0,45**	**0,43**	**0,83**	**0,39**	**0,10**	**17,58**	03	04_00_00
109	30	12,7	**6,55**	51,57	**0,50**	**0,64**	**0,99**	**0,89**	**0,35**	**12,47**	03	04_00_45
83	92	31,4	**20,48**	65,22	**0,58**	**0,78**	**0,55**	**0,35**	**0,13**	**43,06**	03	04_30_00
87	99	37,3	**21,52**	57,69	**0,46**	**0,69**	**0,34**	**0,23**	**0,15**	**31,74**	03	04_90_00
107	47	17	**8,98**	52,82	**0,55**	**0,81**	**0,92**	**0,68**	**0,21**	**20,9**	03	130_00_00
94	57	17,1	**10,36**	60,58	**0,50**	**0,89**	**0,90**	**0,59**	**0,28**	**17,1**	03	130_30_00
146	40	18,3	**7,32**	40,00	**0,49**	**0,58**	**0,93**	**0,58**	**0,13**	**17,32**	03	131_00_00
136	44	18,7	**8,82**	47,17	**0,49**	**0,68**	**0,91**	**0,61**	**0,21**	**18,16**	03	14_00_00
178	50	21,2	**9,96**	46,98	**0,49**	**0,67**	**0,85**	**0,45**	**0,13**	**20,27**	03	14_00_45
71	48	26,1	**8,57**	32,84	**0,51**	**0,37**	**0,72**	**0,21**	**0,03**	**26,85**	03	14_30_00

Tabelle 4.4-2: Auswertungsbeispiele mit verschiedenen Kennwerten

Alle hier erforderlichen Auswertungen konnten mit dem EDV-Programm Microsoft-Excel® erfolgen. Der Datentransfer aus der FSA-Software wurde mit einem ASCII-File vorgenommen.

Bedeutung einiger Kennwertgrößen:

VK – je größer der Zahlenwert, desto größer die Streubreite der Messwerte.

BWI – je größer der Zahlenwert, desto größer ist der Anteil an getriggerten Sensoren mit einem Wert, der kleiner ist als der errechnete Mittelwert.

HWI – je größer der Zahlenwert, desto größer ist der Anteil an getriggerten Sensoren mit einem Wert, der kleiner ist als die Hälfte des Maximalwertes.

PAI – je größer der Wert, desto größer ist der Anteil der Sensoren an den gesamten getriggerten Sensoren mit einem kleineren Wert als $p_{Grenz;}$ z.B. bedeutet 0,5 einen 50%-igen Anteil und 1,0 einen 100%-igen Anteil.

MWI – je größer der Wert, desto größer der Druckbelastungsanteil.

Bedingt durch die äußerste Komplexität der Einflussfaktoren während des Messvorganges müssen bei der Dateninterpretation mehrere dieser Faktoren berücksichtigt werden. Befindet sich beispielsweise der größte Anteil der Messwerte der Sensoren in einem Druckbereich zwischen 2 – 30 mmHg und weisen zwei Sensoren einen Wert von ≥ 100 mmHg auf, wird der Mittelwert wohl in einem tolerablen Bereich liegen, die beiden Spitzendruckpunkte können aber eine Gewebeschädigung verursachen.

Für die Praxis am relevantesten sind folgende drei Kenngrößen:

- **Maximaldruck**
- **Mittelwert Index**
- **Pressure Area Index** mit den Grenzwerten 10, 20 und 30 mmHg

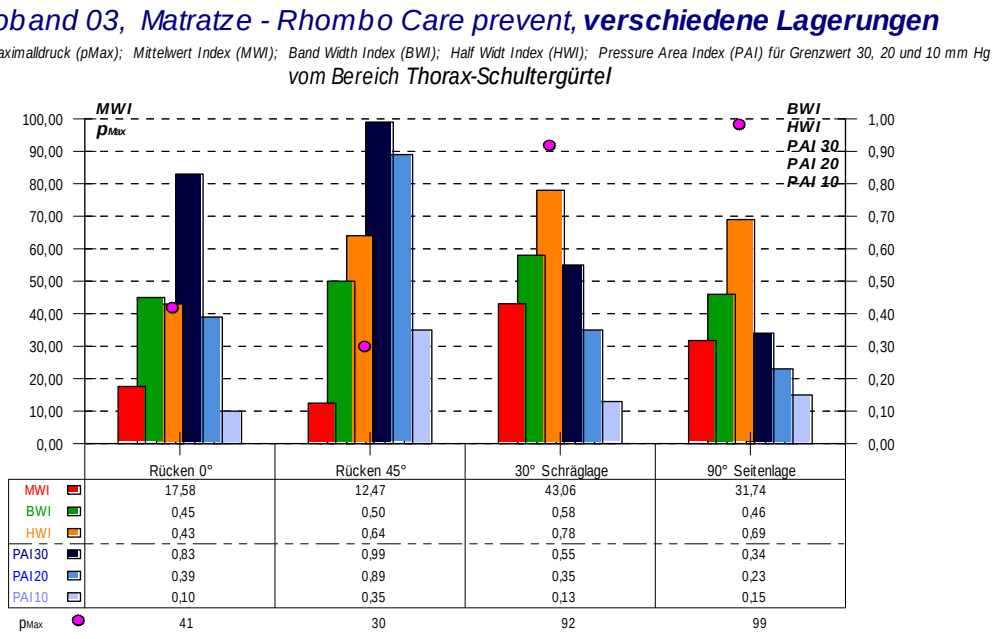


Abbildung 4.4-2: Vergleichende Darstellung der relevanten Kenngrößen

Diesing kommt nach Literaturstudien zu einigen bemerkenswerten Erkenntnissen: Der wichtigste Grund für zum Teil sehr umstrittene klinische Studien ist neben dem Fehlen einheitlicher Standards hinsichtlich des Studiendesigns zweifellos die Tatsache, dass die mit verschiedenen Messsystemen gemessenen nummerischen Druckwerte nicht miteinander verglichen werden können. In experimentellen Studien zur Evaluierung der Druckverteilungssysteme wird ausdrücklich empfohlen, bei der Interpretation der quantitativen Messwerte Vorsicht walten zu lassen (Diesing, 2006, 124).

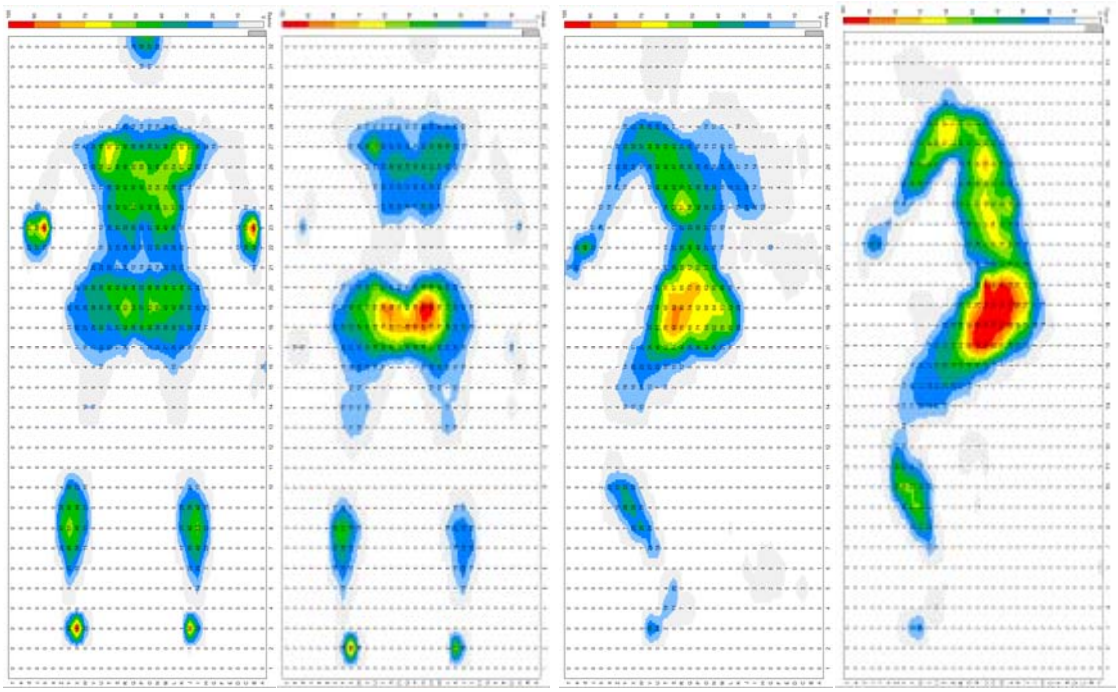
Die überwiegende Anzahl der Studien fand im englischsprachigen Raum statt. Verwendet wurden dabei hauptsächlich Einzeldrucksensoren.

Eine der wenigen deutschsprachigen Studien ist die von Roales-Welsch et al. im Rahmen der Qualitätssicherung vorgenommene Laboruntersuchung verschiedener Weichlagerungs- und Wechseldrucksysteme (Roales-Welsch, 2000, 297-305). Der Auflagedruck wurde mit einem pneumatischen Messsystem gemessen, was allerdings zu diesem Zeitpunkt nicht mehr dem Stand der Technik entsprach (Diesing, 2006, 125).

5 Ergebnisse der Auflagedruckmessungen

5.1 Verschiedene Lagerungen

5.1.1 **Verschiedene Lagerungen:** Proband 03, Matratze - Latex



Rückenlage Rückenteil 0° | Rückenlage Rückenteil 45° | 30° Schräglage | 90° Seitenlage

Abbildung 5.1.1-1: Isobaren von verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Latex

Rückenlage, Rückenteil 0°; verdichtete Mittelwerte (in mmHg) **der ROI**

0,5		0,8	2,1	9,4	22	16	13	16	15	19	17	5,3	4,8	0,7	2,6
20	27	42	64	51	41	32	31	37	32	37	45	62	51	33	20
10	23	51	51	44	43	51	54	43	45	51	48	54	45	22	9,8
	8	14	24	37	37	38	42	46	50	48	35	17	11		
		13	30	39	45	47	44	44	44	52	51	22	1,6		
		12	27	29	32	34	19	25	38	42	33	13			
	4,7	14	19	24	27	27	18	23	30	24	27	19	6,3		

Thorax
Schultergürtel

		5,3	24	23	24	17	19	12	13	19	14	21	27	22	6,5		
	20	29	35	39	45	41	38	42	33	50	37	43	40	43	30	22	3
23	25	25	37	29	38	42	58	48	36	50	52	41	41	37	29	25	20
8,8	24	26	28	34	26	30	41	37	40	42	33	37	33	27	30	22	11
0,6	9,5	16	20	23	21	17	19	0,4	11	21	23	27	28	22	16	4,5	
		3,8	7,6	9,3	2							8,7	14	7	3,2		

Becken
Hüftgürtel

Rückenlage, Rückenteil 45°; verdichtete Mittelwerte (in mmHg) **der ROI**

9,9	9,7	14	17	28	29	27	27	22	23	33	29	24	25	21	7,9	5,4
7,6	20	25	45	64	34	28	28	25	23	29	32	46	50	34	18	8,8
	2	9,4	16	26	28	35	37	34	35	36	38	35	33	19	6,6	
			6,3	17	24	28	26	25	28	24	29	3	9,6			
				12	23	24	24	14	15	28	22	27	8,1			
				2	8,3	6	6		0,3	6,6	9,1	4,4				
				3,6	7,3	6,8	2,5			2,6	7,9	6,5	1,2			

Thorax
Schultergürtel

		0,6	2,7	12	5,7	2,1				0,3	0,5	6,7	12	5,3	1,3		
	11	23	31	33	54	52	29	18	12	36	56	56	54	38	31	11	
17	20	36	44	54	60	77	82	70	55	74	99	97	68	59	37	28	16
24	27	34	39	48	64	70	78	81	85	84	88	79	70	45	30	38	19
3,5	22	26	29	40	44	43	43	48	38	51	49	51	36	31	27	22	3
	11	17	22	21	20	11	3,7			5,2	15	24	30	21	15	10	

Becken
Hüftgürtel

30° Schräglage; verdichtete Mittelwerte (in mmHg) **der ROI**

						1,7			0,3	0,2	4,9
19	23	35	28	29	22	9,9	2,3	3,6	8,9	15	10
31	32	37	42	37	41	40	32	28	17	15	13
27	23	16	29	45	41	45	39	33	29	27	17
9,2			11	38	44	42	47	42	37	26	30
				4,2	29	49	60	53	39	31	27
					4,3	16	24	31	34	26 11	

Thorax
Schultergürtel

		9,7	24	34	44	37	24	18	9,3	5,5	
		14	33	57	59	51	49	31	0,3	4,6	
	25	66	64	65	71	73	60	52	45	17	3,4
14	47	63	80	77	70	61	65	64	59	49	28
31	48	73	81	73	63	68	55	50	53	50	29
37	44	50	54	43	27	37	41	35	18	8,5	

Becken
Hüftgürtel

90° Seitenlage; verdichtete Mittelwerte (in mmHg) **der ROI**

28	56	67	69	52	58	50	33	6,9			
51	56	69	61	39	42	49	56	39	19		
49	40	9,9		21	43	60	75	62	46	18	1,1
16			7,4	35	44	54	60	54	47	30	8,8
			15	43	54	70	73	59	58	68	24
			0,4	20	41	55	62	75	47	42	20
				9,4	47	41	46	54	59	54	32

Thorax
Schultergürtel

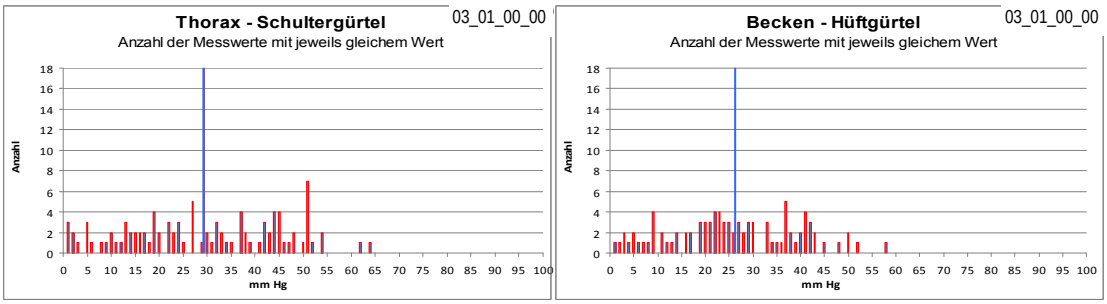
	4,5	15	23	24	33	51	51	55	38	0,5	
		4,3	39	96	79	90	83	68	59	26	
7,8	37	61	73	90	98	94	96	80	68	28	13
31	43	78	93	100	100	100	84	56	53	21	12
39	59	78	97	100	81	66	37	30	18	4,5	
41	42	44	39	33	14	4,7	1,8				

Becken
Hüftgürtel

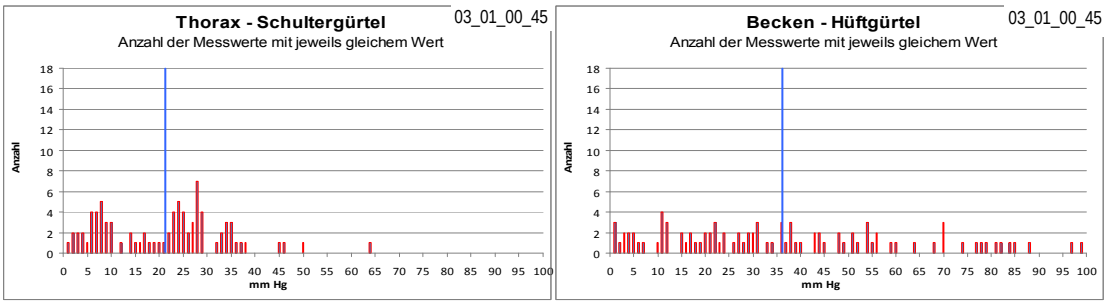
Tabelle 5.1.1-1: Verdichtete Mittelwerte bei verschiedene Lagerungen; Proband 03, Matratze-Latex

Anzahl der Messwerte mit jeweils gleichem Wert:

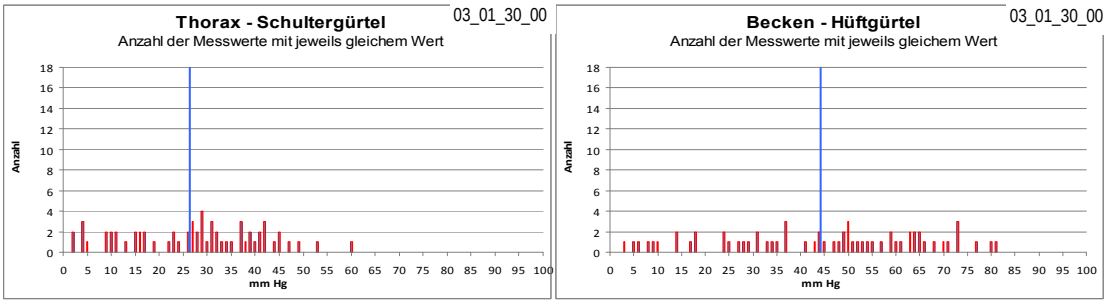
Rückenlage, Rückenteil 0°



Rückenlagerung, Rückenteil 45°



30° Schräglagerung



90° Seitenlagerung

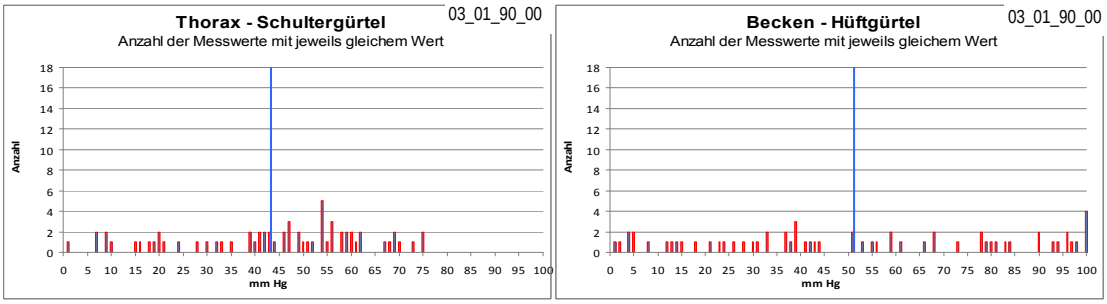


Abbildung 5.1.1-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Latex

Gemessene Druckwerte in mm Hg und Anzahl der Messsensoren *n = Anzahl der Messsensoren* *Wert = Summe der Druckwerte in mm Hg, von den unter "n" angegebenen Sensoren*																					
Matratze Lage Rückent.	p_{Max}	> 0		≤ MW		> MW		≤ $p_{Max}/2$		> $p_{Max}/2$		≤ 30 mm Hg		> 30 mm Hg		≤ 20 mm Hg		> 20 mm Hg		≤ 10 mm Hg		> 10 mm Hg	
		n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert
Bereich: Thorax - Schultergürtel																							
01_00_00	64	97	2837	49	759	48	2078	53	883	44	1954	50	789	47	2048	33	366	64	2471	13	56	84	2781
01_00_45	64	86	1779	38	335	48	1444	70	1156	16	623	70	1156	16	623	38	335	48	1444	28	173	58	1606
01_30_00	60	65	1714	27	328	38	1386	37	606	28	1108	37	606	28	1108	22	210	43	1504	12	59	53	1655
01_90_00	75	66	2853	29	726	37	2127	20	356	46	2497	16	225	50	2628	13	152	53	2701	7	44	59	2809
Bereich: Becken - Hüftgürtel																							
01_00_00	58	92	2358	48	727	44	1631	56	945	36	1413	58	1003	34	1355	30	317	62	2041	15	80	77	2278
01_00_45	99	95	3423	52	890	43	2533	68	1556	27	1867	44	634	51	2789	29	269	66	3154	13	41	82	3382
01_30_00	81	64	2791	28	640	36	2151	26	556	38	2235	18	281	46	2510	12	123	52	2668	7	42	57	2749
01_90_00	100 x 4	62	3184	32	798	30	2386	31	747	31	2437	17	221	45	2963	12	99	50	3085	7	28	55	3156

Tabelle 5.1.1-2: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Latex

Statistische Auswertungen:

Matratze_ Lage_Rückenteil	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Bereich: Thorax - Schultergürtel										
01_00_00	64	29,3	16,18	55,22	0,51	0,55	29,91	0,52	0,34	0,13
01_00_45	64	20,7	12,74	61,55	0,44	0,81	16,39	0,81	0,44	0,33
01_30_00	60	26,4	14,44	54,70	0,42	0,57	18,76	0,57	0,34	0,18
01_90_00	75	43,2	19,71	45,63	0,44	0,30	33,86	0,24	0,20	0,11
Bereich: Becken - Hüftgürtel										
01_00_00	58	25,6	13,40	52,34	0,52	0,61	27,93	0,63	0,33	0,16
01_00_45	99	36,0	25,28	70,22	0,55	0,72	43,53	0,46	0,31	0,14
01_30_00	81	43,6	21,69	49,75	0,44	0,41	33,91	0,28	0,19	0,11
01_90_00	100 *x 4*	51,4	31,60	61,48	0,52	0,50	54,83	0,27	0,19	0,11

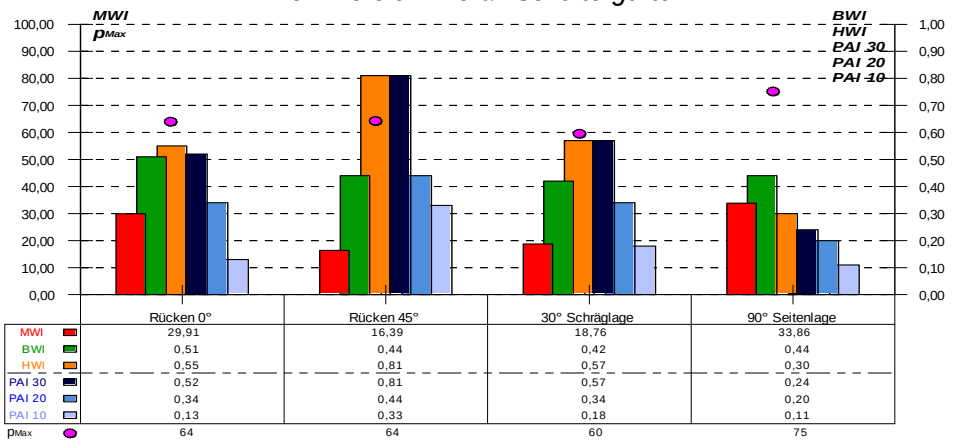
Tabelle 5.1.1-3: Statistische Auswertungen von verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Latex

Die Lagerung hat auf die Druckbelastung der Regionen Thorax-Schultergürtel und Becken-Hüftgürtel eine deutlich feststellbare Auswirkung – siehe *MWI* und *PAI.*

Proband 03, Matratze – Latex; verschiedene Lagerungen

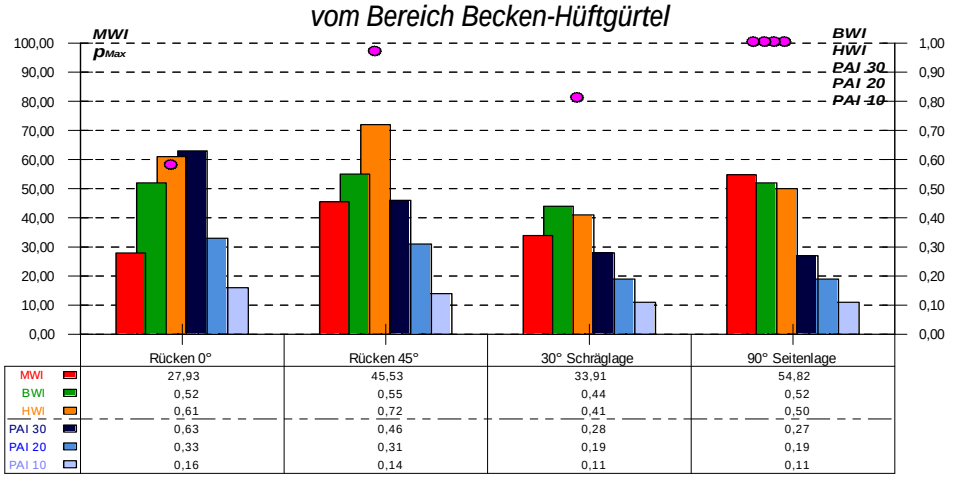
p_{Max}, MWI, BWI, HWI, PAI 10, PAI 20, PAI 30

vom Bereich Thorax-Schultergürtel



	Rücken 0°	Rücken 45°	30° Schräglage	90° Seitenlage
MWI	29,91	16,39	18,76	33,86
BWI	0,51	0,44	0,42	0,44
HWI	0,55	0,81	0,57	0,30
PAI 30	0,52	0,81	0,57	0,24
PAI 20	0,34	0,44	0,34	0,20
PAI 10	0,13	0,33	0,18	0,11
pMax	64	64	60	75

vom Bereich Becken-Hüftgürtel



	Rücken 0°	Rücken 45°	30° Schräglage	90° Seitenlage
MWI	27,93	45,53	33,91	54,82
BWI	0,52	0,55	0,44	0,52
HWI	0,61	0,72	0,41	0,50
PAI 30	0,63	0,46	0,28	0,27
PAI 20	0,33	0,31	0,19	0,19
PAI 10	0,16	0,14	0,11	0,11
pMax	58	99	81	100

Abbildung 5.1.1-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Latex

Veränderung der Druckbelastung gegenüber der Situation "Rücken 0°" :

- Bei "Rücken 45°" ist eine Reduzierung im Thoraxbereich und eine deutliche Erhöhung im Beckenbereich fest zu stellen (Thoraxbereich: MWI 29,91 → 16,39; Beckenbereich: MWI 27,93 → 45,53).
- Bei "30° Schräglage" ist eine Reduzierung im Thoraxbereich und eine Erhöhung im Beckenbereich fest zu stellen (Thoraxbereich: MWI 29,91 → 18,76; Beckenbereich: MWI 27,93 → 33,91).
- Bei "90° Seitenlage" ist eine Erhöhung im Thoraxbereich und eine deutliche Erhöhung im Beckenbereich fest zu stellen (Thoraxbereich: MWI 29,91 → 33,86; Beckenbereich: MWI 27,93 → 54,82).
- Der maximale Druck stieg im Beckenbereich von p_{Max} 58 auf 99 in der Position "Rücken 45°", auf 81 in "30° Schräglage" und auf bei vier Sensoren gemessenen p_{Max} von ≥ 100 mmHg in "90° Seitenlage".

5.1.2 **Verschiedene Lagerungen:** Proband 03, Matratze – Rhombo Care® prevent

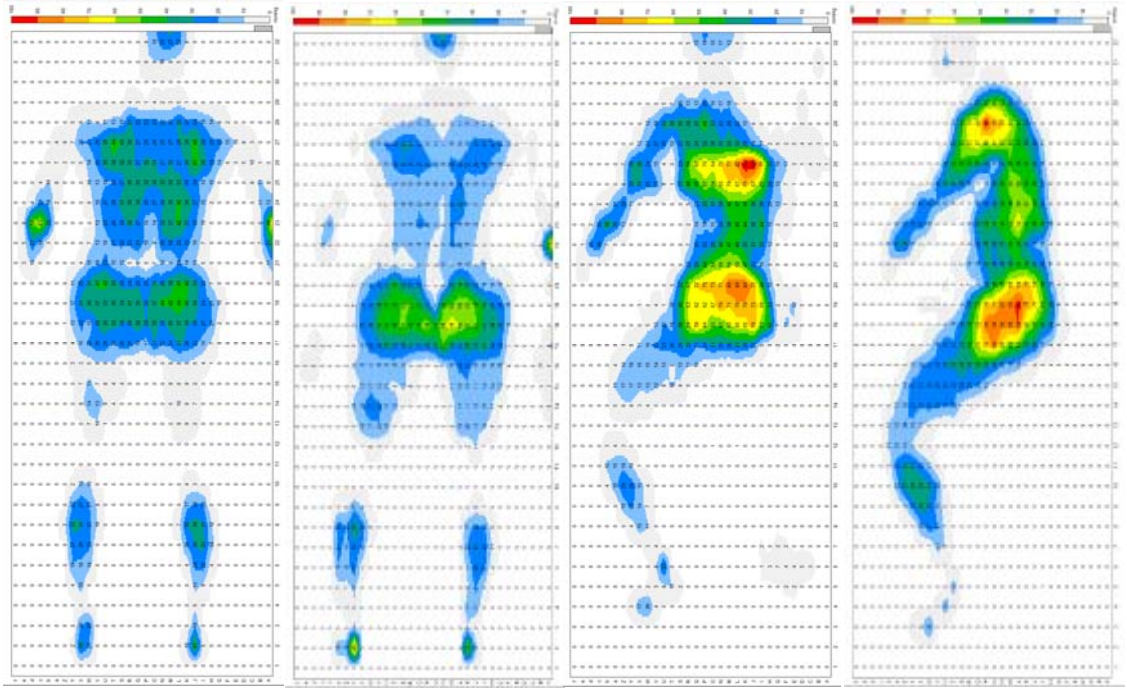


Abbildung 5.1.2-1: Isobaren von verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Rhombo Care® prevent

Rückenlage, Rückenteil 0°; verdichtete Mittelwerte (in mmHg) **der ROI**

9,1	6,1	8,7	11	12	28	21	20	20	20	18	28	21	22	17	12	7,2
19	23	32	37	36	31	25	23	23	22	24	28	32	41	28	20	20
11	19	28	31	25	28	31	29	26	24	26	24	27	38	32	21	11
7,5	11	17	18	25	31	31	28	22	27	28	26	20	20	13	12	
3,8	13	22	23	29	31	31	22	20	25	31	37	31	23	11	0,7	
	11	20	23	27	28	25	14	13	29	35	35	25	17	7,1		
7,7	11	14	18	19	22	27	14	10	26	25	23	19	13	4,8		

Thorax
Schultergürtel

	4,1	18	18	22	15	13	6,7	11	3	8,5	11	10	19	13	9,4	5,4	
10	24	30	38	42	31	26	22	26	23	29	29	36	38	39	31	25	8,3	0,2
14	29	34	34	32	33	31	39	33	25	35	42	40	42	37	31	22	20	7,8
10	20	12	28	33	31	28	27	35	28	34	27	33	34	27	26	24	19	0,7
3,3	14	20	25	24	18	26	24	16	18	28	20	22	28	25	21	15	6,6	
2,4	2,1	4,8	7,8	8	7,6							6,7	8,1	8,2	5,2	2,4	0,1	

Becken
Hüftgürtel

Rückenlage, Rückenteil 45°; verdichtete Mittelwerte (in mmHg) **der ROI**

0,1	0,5	6,9	7,4	9,5	10	14	8,3	7,1	5,8	10	12	14	10	11	9,1	3,4	0,7
10	14	19	19	30	28	18	16	12	9,9	12	18	17	24	23	20	19	11
2	7,4	14	20	26	22	19	18	18	15	20	19	21	23	23	17	12	2,1
	3,2	7	10	6,3	12	15	15	12	11	12	19	17	17	13	13	0,2	
		4,7	7,2	14	16	15	14	11	3,4	19	28	18	14	7,1	0,4		
			8,9	11	14	17	13	8,9	4,7	17	17	13	8,6	3,8			
		4,5	9	8,9	14	15	9,3	3,1	8,4	17	19	13	7,9	2,3			

Thorax
Schultergürtel

		0,5	7,3	5,8	5,8	3,3	4,6	6,5	7,3	6,2	9,7	5,8	13	11	8,6	12		
1,5	8,4	20	19	34	47	37	28	26	7,2	1,3	8,2	31	37	34	21	19	14	10	3,2
6,2	22	22	38	44	38	50	53	47	25	8,3	45	48	55	57	51	39	27	21	14
4,2	28	26	38	43	40	55	42	59	61	51	60	68	54	50	51	33	35	25	13
3,9	18	22	25	34	27	31	29	27	29	39	50	30	28	35	30	31	31	25	5,3
7,3	9,1	10	14	13	12	13	5,5	2,9			5,7	14	20	18	13	12	12	13	1,7

Becken
Hüftgürtel

45° Schräglage; verdichtete Mittelwerte (in mmHg) **der ROI**

18	11	11	21	14	14	15	5,5	0,4				
32	35	33	42	30	22	26	18	13	5	0,3		
25	32	28	29	32	28	30	28	25	18	9,3	0,7	4,1
19	43	58	62	58	63	65	68	85	92	66	28	14
27	42	42	51	51	60	60	59	63	63	47	22	9,5
	5,7	20	30	27	27	46	44	45	37	29	19	12
	2	11	18	15	20	34	43	42	40	43	14	1,3

Thorax
Schultergürtel

		6,1	23	20	28	39	44	38	33	28/	31	11
		22	27	43	50	58	53	61	46	24	16	8,6
4,6	31	51	68	72	70	68	85	85	85	70	45	14
16	38	60	59	60	64	77	68	75	74	70	64	30
16	37	58	71	63	51	48	58	62	62	75	50	39
25	28	31	20	23	30	27	26	28	24	19	3,8	

Becken
Hüftgürtel

90° Seitenlage; verdichtete Mittelwerte (in mmHg) **der ROI**

1,2	11	37	57	64	51	31	14	5				
43	69	73	99	78	83	67	49	32	7			
52	64	67	65	65	59	56	48	38	29	7,7		
52	53	51	39	9,8	24	50	50	47	31	14		
30	21	3,5	8,1	24	42	53	52	45	40	17	3,4	
		16	25	38	36	47	50	52	47	22	3,4	
,03	9,4	32	38	37	34	57	68	48	45	39	11	
0,2	12	22	33	28	34	39	46	34	24	22	7,7	

Thorax
Schultergürtel

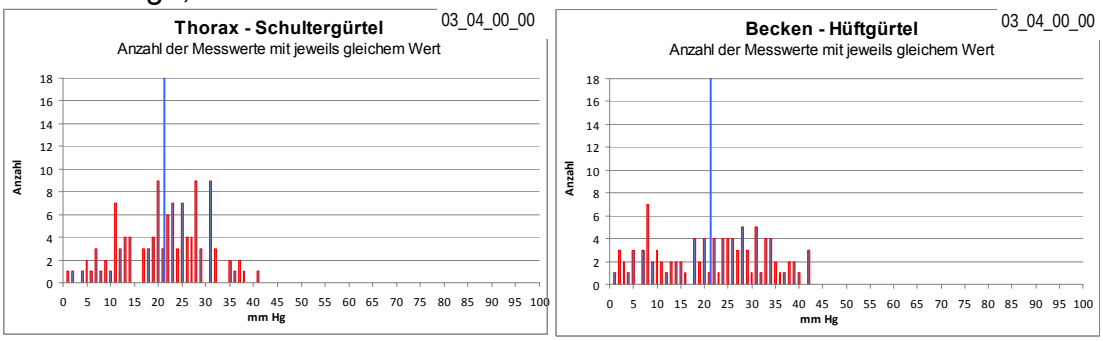
7,7	18	19	25	30	31	37	39	41	31	25	11	
1,7	7	9,4	23	41	50	66	68	70	62	40	12	3,2
8	27	50	74	68	83	82	94	78	70	53	30	6,6
24	41	58	80	84	80	82	87	58	52	34	26	4,2
34	43	58	71	83	67	54	48	36	32	11	6,2	0,5
35	29	41	33	27	21	18	16	6,6	1,7			

Becken
Hüftgürtel

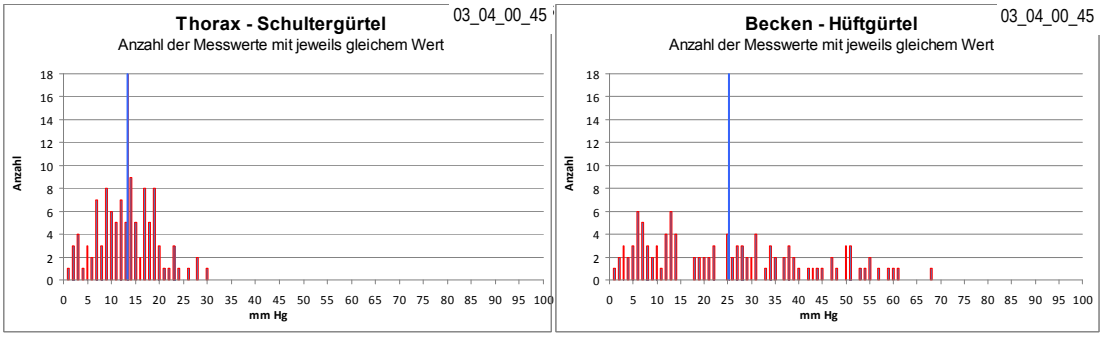
Tabelle 5.1.2-2: Verdichtete Mittelwerte bei verschiedenen Lagerungen;
Proband 03, Matratze - Rhombo Care® prevent

Anzahl der Messwerte mit jeweils gleichem Wert:

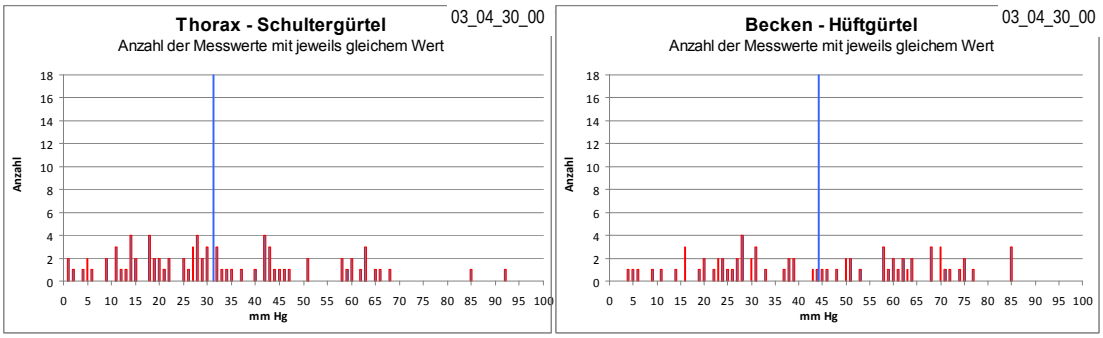
Rückenlage, Rückenteil 0°



Rückenlagerung, Rückenteil 45°



30° Schräglagerung



90° Seitenlagerung

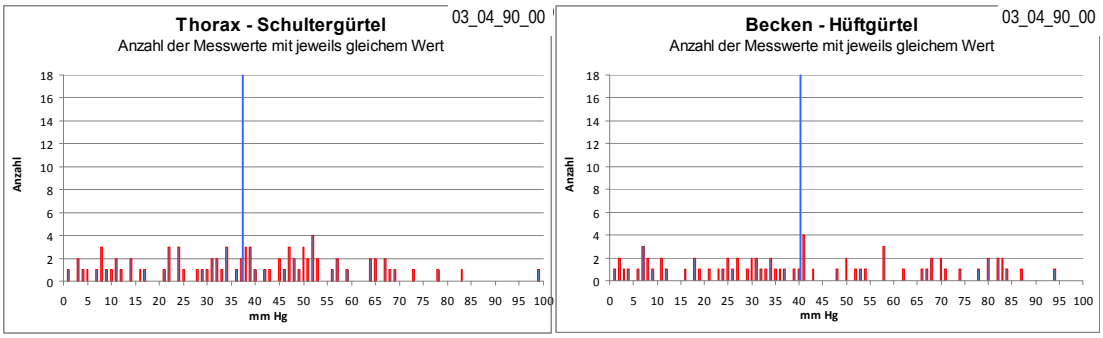


Abbildung 5.1.2-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Rhombo Care® prevent

Gemessene Druckwerte in mm Hg und Anzahl der Messsensoren																					
n = Anzahl der Messsensoren								*Wert = Summe der Druckwerte in mm Hg, von den unter "n" angegebenen Sensoren*													
Matratze Lage Rückent.	p_{Max}	> 0		≤ MW		> MW		≤ $p_{Max}/2$		> $p_{Max}/2$		≤ 30 mm Hg		> 30 mm Hg		≤ 20 mm Hg		> 20 mm Hg		≤ 10 mm Hg		> 10 mm Hg	
		n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert
Bereich: Thorax - Schultergürtel																							
04_00_00	41	115	2451	52	704	63	1747	50	663	65	1788	96	1815	19	636	45	562	70	1889	12	70	103	2381
04_00_45	30	109	1382	54	396	55	986	70	619	39	763	108	1352	1	30	97	1094	12	288	38	218	71	1164
04_30_00	92	83	2602	48	822	35	1780	65	1484	18	1118	46	762	37	1840	29	317	54	2285	11	44	72	2558
04_90_00	99	87	3242	40	730	47	2512	60	1584	27	1658	30	404	57	2838	20	163	67	3079	13	66	74	3176
Bereich: Becken - Hüftgürtel																							
04_00_00	42	103	2167	47	481	56	1686	47	481	56	1686	76	1220	27	947	46	461	57	1706	24	128	79	2039
04_00_45	68	113	2806	59	647	54	2159	80	1255	33	1551	72	1001	41	1805	51	469	62	2337	29	161	84	2645
04_30_00	85	73	3186	37	909	36	2277	36	865	37	2321	26	518	47	1668	12	155	61	3031	4	23	69	3163
04_90_00	94	74	2974	41	836	33	2138	46	1042	28	1932	30	454	44	2520	19	168	55	2806	12	63	62	2911

Tabelle 5.1.2-2: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Rhombo Care® prevent

Statistische Auswertungen:

Matratze_ Lage_Rückenteil	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Bereich: Thorax - Schultergürtel										
04_00_00	41	21,3	8,69	40,80	0,45	0,43	17,58	0,83	0,39	0,10
04_00_45	30	12,7	6,55	51,57	0,50	0,64	12,47	0,99	0,89	0,35
04_30_00	92	31,4	20,48	65,22	0,58	0,78	43,06	0,55	0,35	0,13
04_90_00	99	37,3	21,52	57,69	0,46	0,69	31,74	0,34	0,23	0,15
Bereich: Becken - Hüftgürtel										
04_00_00	42	21,0	11,53	54,90	0,46	0,46	17,63	0,74	0,45	0,23
04_00_45	68	24,6	17,00	69,11	0,52	0,71	26,88	0,64	0,45	0,26
04_30_00	85	43,6	22,17	50,85	0,51	0,49	44,81	0,36	0,16	0,05
04_90_00	94	40,2	26,11	64,95	0,55	0,62	49,95	0,41	0,26	0,16

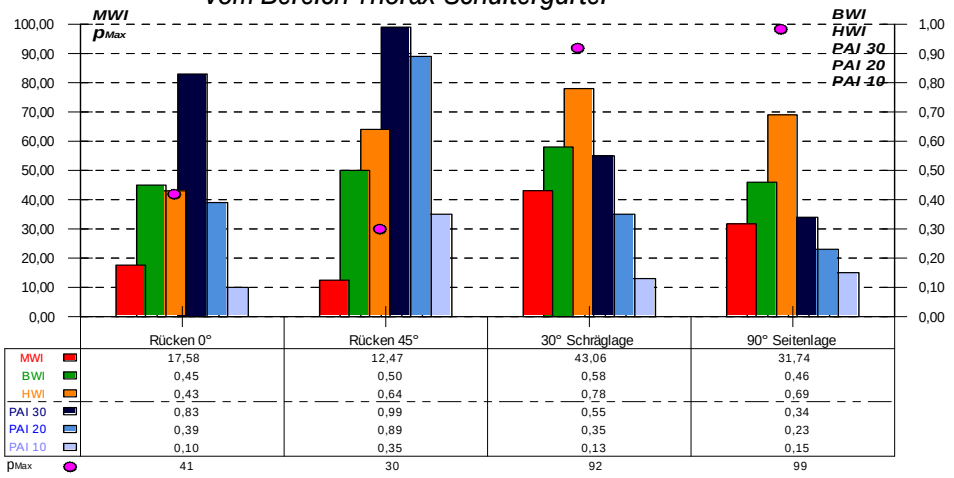
Tabelle 5.1.2-3: Statistische Auswertungen von verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Rhombo Care® prevent

Die Lagerung hat auf die Druckbelastung der Regionen Thorax-Schultergürtel und Becken-Hüftgürtel eine deutlich feststellbare Auswirkung – siehe *MWI* und *PAI.*

Proband 03, Matratze – Rhombo Care® prevent; verschiedene Lagerungen

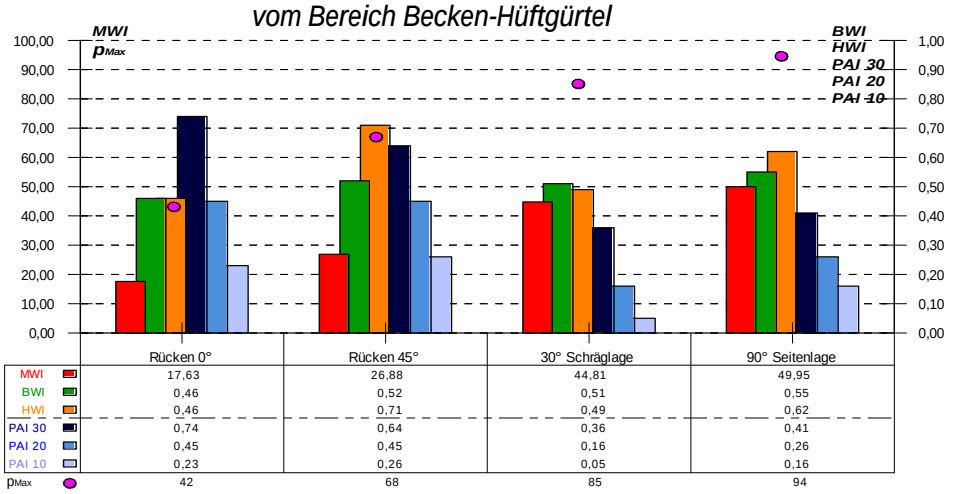
p_{Max}, MWI, BWI, HWI, PAI 10, PAI 20, PAI 30

vom Bereich Thorax-Schultergürtel



	Rücken 0°	Rücken 45°	30° Schräglage	90° Seitenlage
MWI	17,58	12,47	43,06	31,74
BWI	0,45	0,50	0,58	0,46
HWI	0,43	0,64	0,78	0,69
PAI 30	0,83	0,99	0,55	0,34
PAI 20	0,39	0,89	0,35	0,23
PAI 10	0,10	0,35	0,13	0,15
pMax	41	30	92	99

vom Bereich Becken-Hüftgürtel



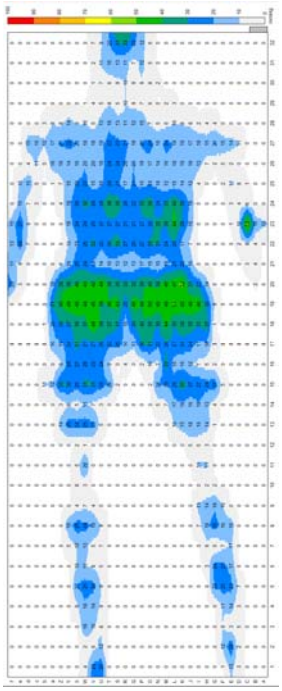
	Rücken 0°	Rücken 45°	30° Schräglage	90° Seitenlage
MWI	17,63	26,88	44,81	49,95
BWI	0,46	0,52	0,51	0,55
HWI	0,46	0,71	0,49	0,62
PAI 30	0,74	0,64	0,36	0,41
PAI 20	0,45	0,45	0,16	0,26
PAI 10	0,23	0,26	0,05	0,16
pMax	42	68	85	94

Abbildung 5.1.2-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Rhombo Care® prevent

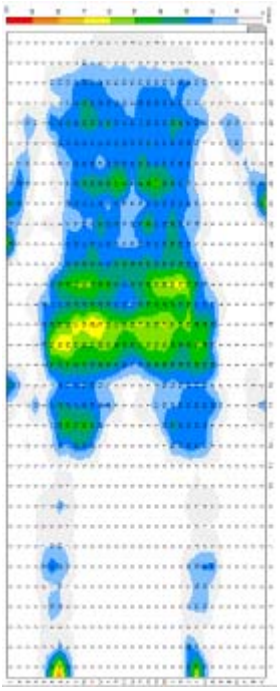
Veränderung der Druckbelastung gegenüber der Situation "Rücken 0°" :

- Bei "Rücken 45°" ist eine Reduzierung im Thoraxbereich und eine Erhöhung im Beckenbereich fest zu stellen (Thoraxbereich: MWI 17,58 → 12,47; Beckenbereich: MWI 17,63 → 26,88).
- Bei "30° Schräglage" ist sowohl im Thoraxbereich als auch im Beckenbereich eine deutliche Erhöhung fest zu stellen (Thoraxbereich: MWI 17,58 → 43,06; Beckenbereich: MWI 17,63 → 44,81).
- Bei "90° Seitenlage" ist eine Erhöhung im Thoraxbereich und eine deutliche Erhöhung im Beckenbereich fest zu stellen (Thoraxbereich: MWI 17,58 → 31,74; Beckenbereich: MWI 17,63 → 49,95).
- Der maximale Druck stieg im Beckenbereich von p_{Max} 42 auf 68 in der Position "Rücken 45°", auf 85 in "30° Schräglage" und auf 94 in "90° Seitenlage". Auch im Thoraxbereich kam es zu einem starken Anstieg.

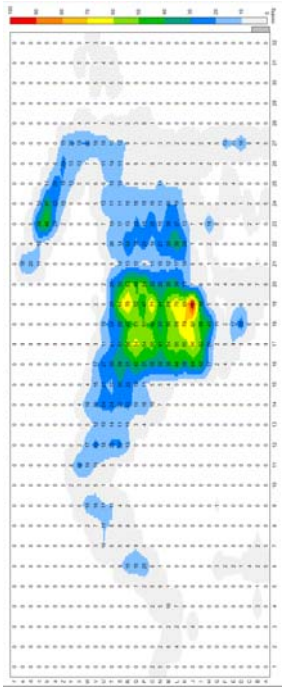
5.1.3 Verschiedene Lagerungen:
Proband 03, Luftkissenbett KCI TheraPulse



Rückenlage
Rückenteil 0°



Rückenlage
Rückenteil 45°



30° Schräglage

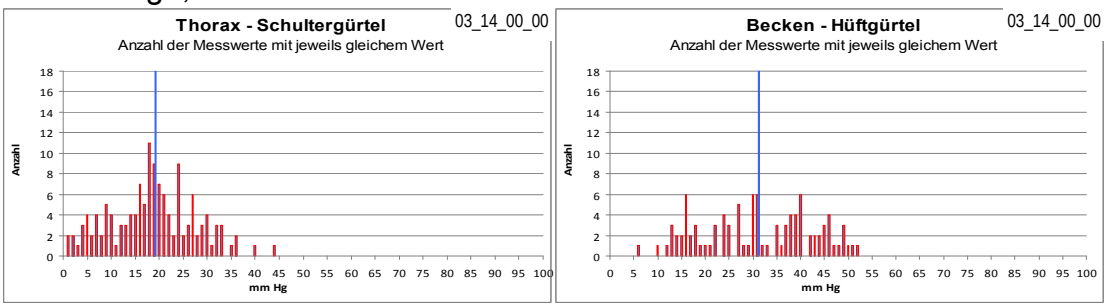
Abbildung 5.1.3-1: Isobaren von verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Luftkissenbett KCI TheraPulse

Gemessene Druckwerte in mm Hg und Anzahl der Messsensoren *n = Anzahl der Messsensoren* *Wert = Summe der Druckwerte in mm Hg, von den unter "n" angegebenen Sensoren*																							
Matratze Lage Rückent.	p_{Max}	> 0		≤ MW		> MW		≤ $p_{Max}/2$		> $p_{Max}/2$		≤ 30 mm Hg		> 30 mm Hg		≤ 20 mm Hg		> 20 mm Hg		≤ 10 mm Hg		> 10 mm Hg	
		n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert
Bereich: Thorax - Schultergürtel																							
14_00_00	44	136	2536	67	779	69	1757	93	1304	43	1232	124	2119	12	417	83	1090	53	1446	29	182	107	2354
14_00_45	50	178	3767	87	1165	91	2602	120	1928	58	1839	152	2807	26	960	80	1021	98	2746	24	99	154	3668
14_30_00	48	71	1850	36	712	35	1138	26	460	45	1390	51	1130	20	720	15	218	56	1632	2	10	69	1840
Bereich: Becken - Hüftgürtel																							
14_00_00	52	97	3001	47	978	50	2023	34	606	63	2395	47	978	50	2003	23	348	74	2653	2	16	95	2985
14_00_45	69	118	4614	66	1977	52	2637	48	1313	70	3301	29	702	89	3912	5	78	113	4536	1	8	117	4606
14_30_00	96	78	3432	34	906	44	2526	42	1274	36	2158	19	333	59	3099	10	114	68	3318	4	14	74	3418

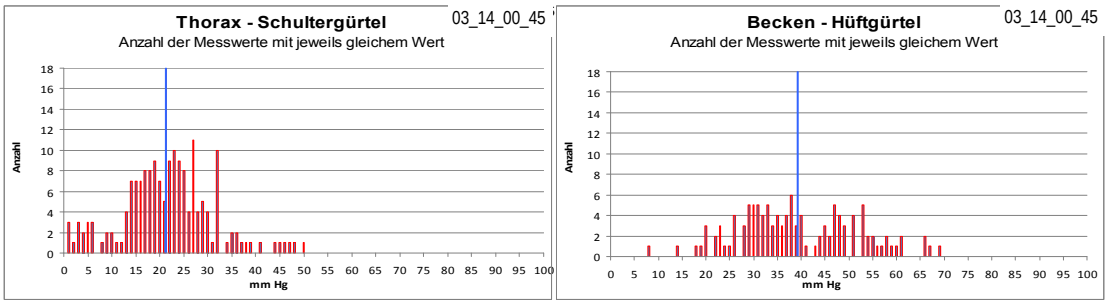
Tabelle 5.1.3-1: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Luftkissenbett KCI TheraPulse

Anzahl der Messwerte mit jeweils gleichem Wert:

Rückenlage, Rückenteil 0°



Rückenlagerung, Rückenteil 45°



30° Schräglagerung

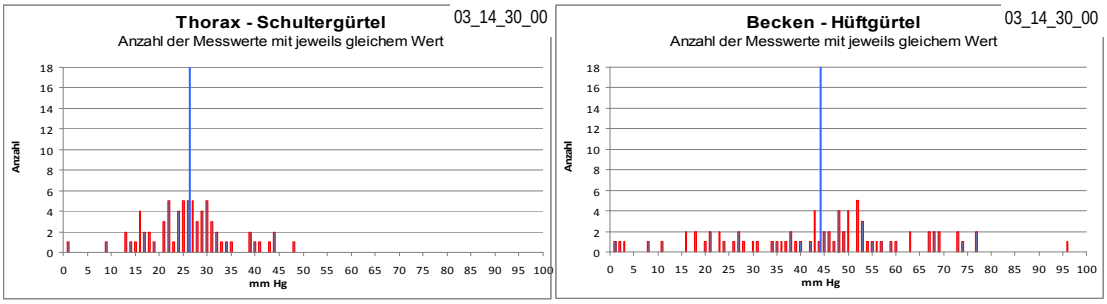


Abbildung 5.1.3-2: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Luftkissenbett KCI TheraPulse

Statistische Auswertungen:

Matratze_ Lage_Rückenteil	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Bereich: Thorax - Schultergürtel										
14_00_00	44	18,7	8,82	47,17	0,49	0,68	18,16	0,91	0,61	0,21
14_00_45	50	21,2	9,96	46,98	0,49	0,67	20,27	0,85	0,45	0,13
14_30_00	48	26,1	8,57	32,84	0,51	0,37	26,85	0,72	0,21	0,03
Bereich: Becken - Hüftgürtel										
14_00_00	52	30,9	11,61	37,57	0,48	0,35	29,05	0,48	0,24	0,02
14_00_45	69	39,1	12,47	31,89	0,56	0,41	49,63	0,25	0,04	0,01
14_30_00	96	44,0	19,39	44,07	0,44	0,54	34,00	0,24	0,13	0,05

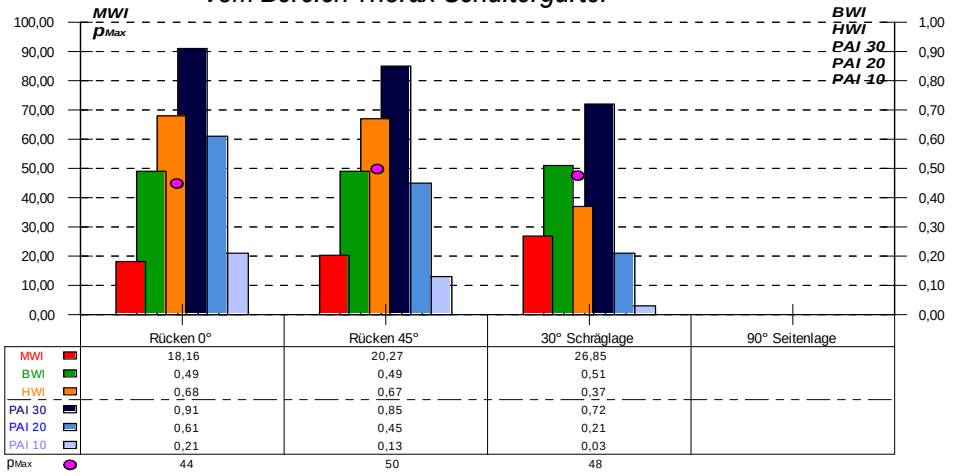
Tabelle 5.1.3-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Luftkissenbett KCI TheraPulse

Die Lagerung hat auf die Druckbelastung der Regionen Thorax-Schultergürtel und Becken-Hüftgürtel eine deutlich feststellbare Auswirkung – siehe *MWI* und *PAI.*

Proband 03, Luftkissenbett KCI TheraPulse; verschiedene Lagerungen

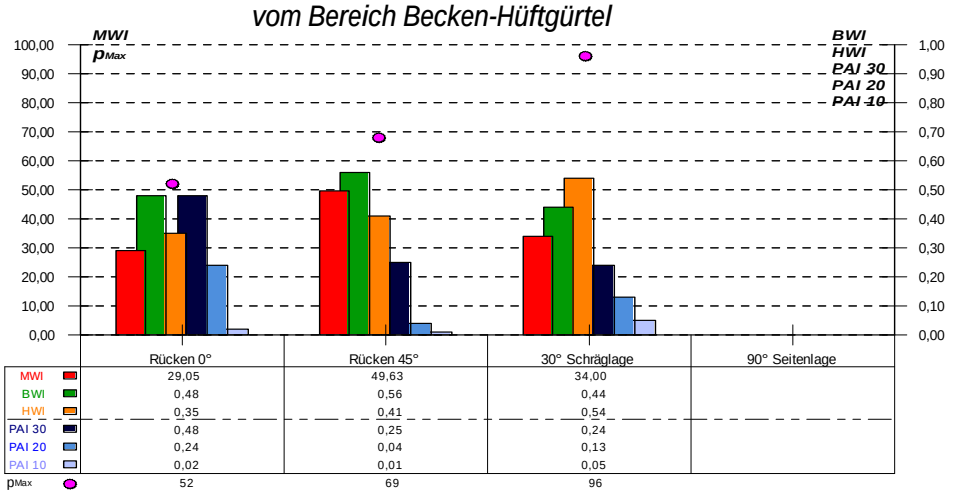
p_{Max}, MWI, BWI, HWI, PAI 10, PAI 20, PAI 30

vom Bereich Thorax-Schultergürtel



	Rücken 0°	Rücken 45°	30° Schräglage	90° Seitenlage
MWI	18,16	20,27	26,85	
BWI	0,49	0,49	0,51	
HWI	0,68	0,67	0,37	
PAI 30	0,91	0,85	0,72	
PAI 20	0,61	0,45	0,21	
PAI 10	0,21	0,13	0,03	
pMax	44	50	48	

vom Bereich Becken-Hüftgürtel



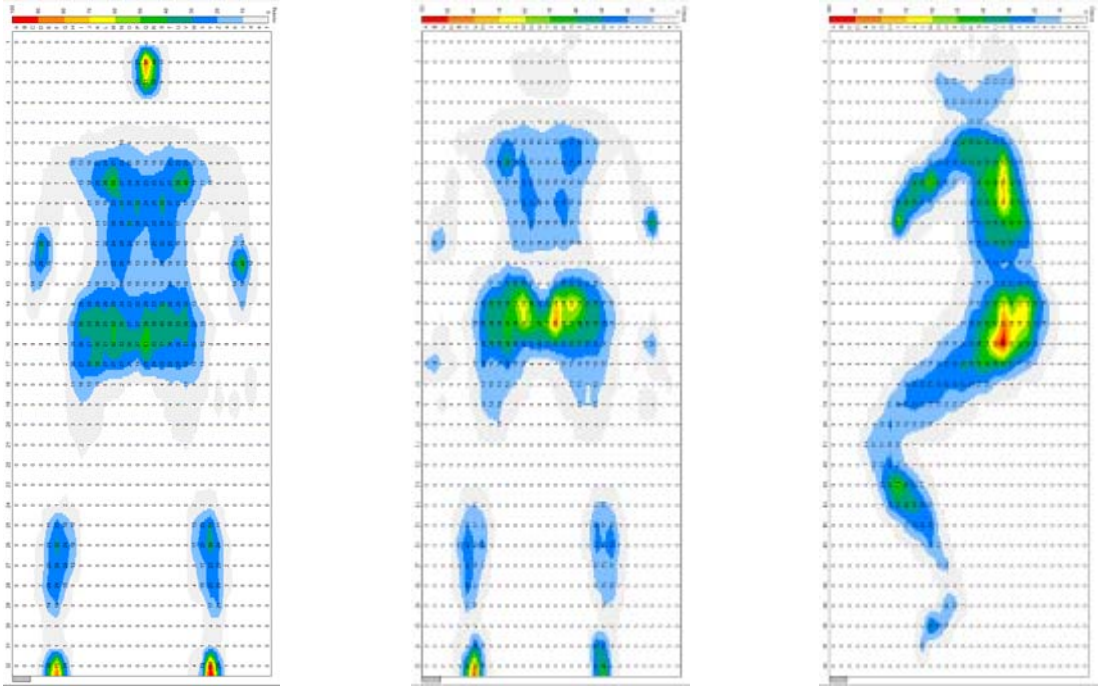
	Rücken 0°	Rücken 45°	30° Schräglage	90° Seitenlage
MWI	29,05	49,63	34,00	
BWI	0,48	0,56	0,44	
HWI	0,35	0,41	0,54	
PAI 30	0,48	0,25	0,24	
PAI 20	0,24	0,04	0,13	
PAI 10	0,02	0,01	0,05	
pMax	52	69	96	

Abbildung 5.1.3-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Luftkissenbett KCI TheraPulse

Veränderung der Druckbelastung gegenüber der Situation "Rücken 0°" :

- Bei "Rücken 45°" ist eine ganz leichte Erhöhung im Thoraxbereich und eine starke Erhöhung im Beckenbereich fest zu stellen (Thoraxbereich: MWI 18,16 → 20,27; Beckenbereich: MWI 29,05 → 49,63).
- Bei "30° Schräglage" ist sowohl im Thoraxbereich als auch im Beckenbereich eine Erhöhung fest zu stellen (Thoraxbereich MWI 18,16 → 26,85; Beckenbereich: MWI 29,05 → 34,00).
- Der maximale Druck stieg im Beckenbereich von p_{Max} 52 auf 69 in der Position "Rücken 45°" und auf 96 in "30° Schräglage". Im Thoraxbereich kam es nur zu einem leichten Anstieg.

5.1.4 Verschiedene Lagerungen:
Proband 04, Matratze - Latex



Rückenlage Rückenteil 0° | Rückenlage Rückenteil 45° | 90° Seitenlage

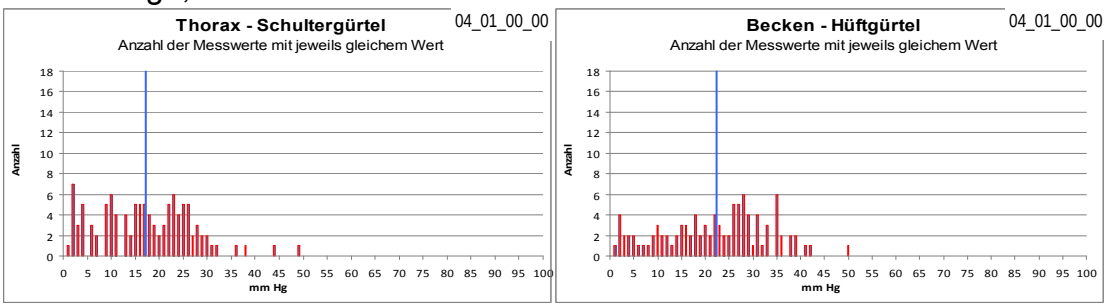
Abbildung 5.1.4-1: Isobaren von verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze - Latex

Gemessene Druckwerte in mm Hg und Anzahl der Messsensoren *n = Anzahl der Messsensoren* *Wert = Summe der Druckwerte in mm Hg, von den unter "n" angegebenen Sensoren*																							
Matratze Lage Rückent.	p_{Max}	> 0		≤ MW		> MW		≤ $p_{Max}/2$		> $p_{Max}/2$		≤ 30 mm Hg		> 30 mm Hg		≤ 20 mm Hg		> 20 mm Hg		≤ 10 mm Hg		> 10 mm Hg	
		n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert
Bereich: Thorax - Schultergürtel																							
01_00_00	49	110	1856	56	507	54	1349	85	1119	25	737	103	1596	7	260	66	691	44	1165	31	160	79	1696
01_00_45	36	109	1327	54	322	55	1005	83	769	26	558	108	1291	1	36	91	919	18	408	45	222	64	1105
01_90_00	75	55	1634	28	512	27	1122	40	916	15	718	28	512	27	1122	15	189	40	1445	4	19	51	1615
Bereich: Becken - Hüftgürtel																							
01_00_00	50	100	2181	48	589	52	1592	56	779	44	1402	77	1358	23	823	43	483	57	1698	17	80	83	2101
01_00_45	85	105	2571	58	713	47	1858	92	1806	13	765	69	1010	36	1561	50	532	55	2039	23	132	82	2439
01_90_00	100 x 4	57	1857	34	594	23	1263	46	1093	11	764	32	531	25	1326	20	232	37	1625	9	44	48	1813

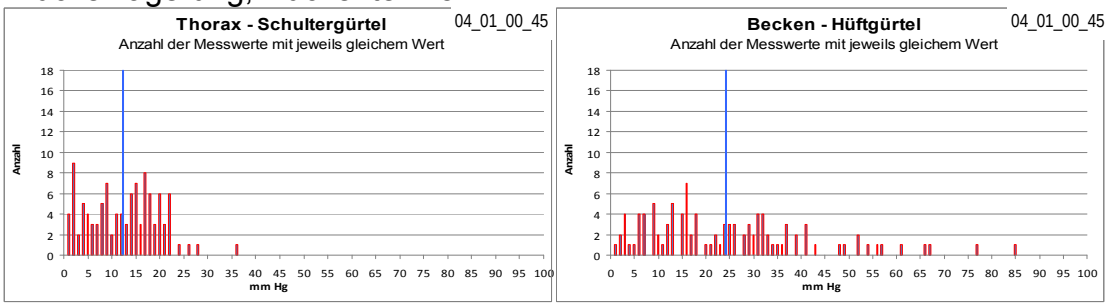
Tabelle 5.1.4-1: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze - Latex

Anzahl der Messwerte mit jeweils gleichem Wert:

Rückenlage, Rückenteil 0°



Rückenlagerung, Rückenteil 45°



90° Seitenlagerung

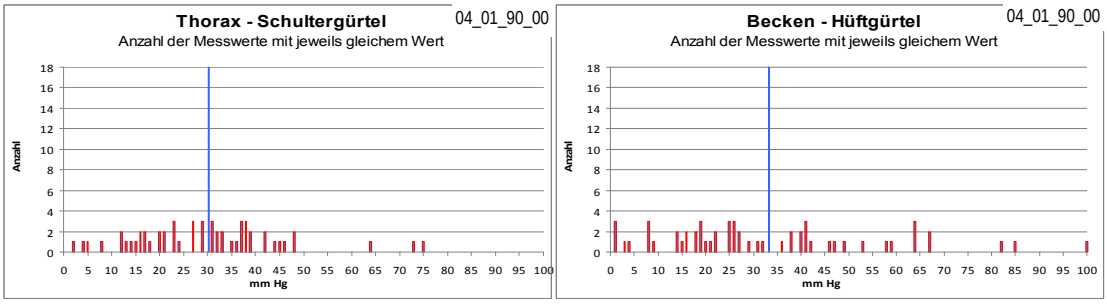


Abbildung 5.1.4-2: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze - Latex

Statistische Auswertungen:

Matratze_ Lage_Rückenteil	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Bereich: Thorax - Schultergürtel										
01_00_00	49	16,9	9,88	58,46	0,51	0,77	17,53	0,94	0,60	0,28
01_00_45	36	12,2	7,29	59,75	0,50	0,76	11,98	0,99	0,83	0,41
01_90_00	75	29,7	15,29	51,48	0,51	0,73	30,8	0,51	0,27	0,07
Bereich: Becken - Hüftgürtel										
01_00_00	50	21,6	11,05	51,16	0,48	0,56	19,94	0,77	0,43	0,17
01_00_45	85	24,5	17,2	70,20	0,55	0,88	30,23	0,66	0,48	0,22
01_90_00	100 x 4	32,6	22,56	69,20	0,60	0,81	48,19	0,56	0,35	0,16

Tabelle 5.1.4-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze - Latex

Die Lagerung hat auf die Druckbelastung der Regionen Thorax-Schultergürtel und Becken-Hüftgürtel eine deutlich feststellbare Auswirkung – siehe *MWI* und *PAI.*

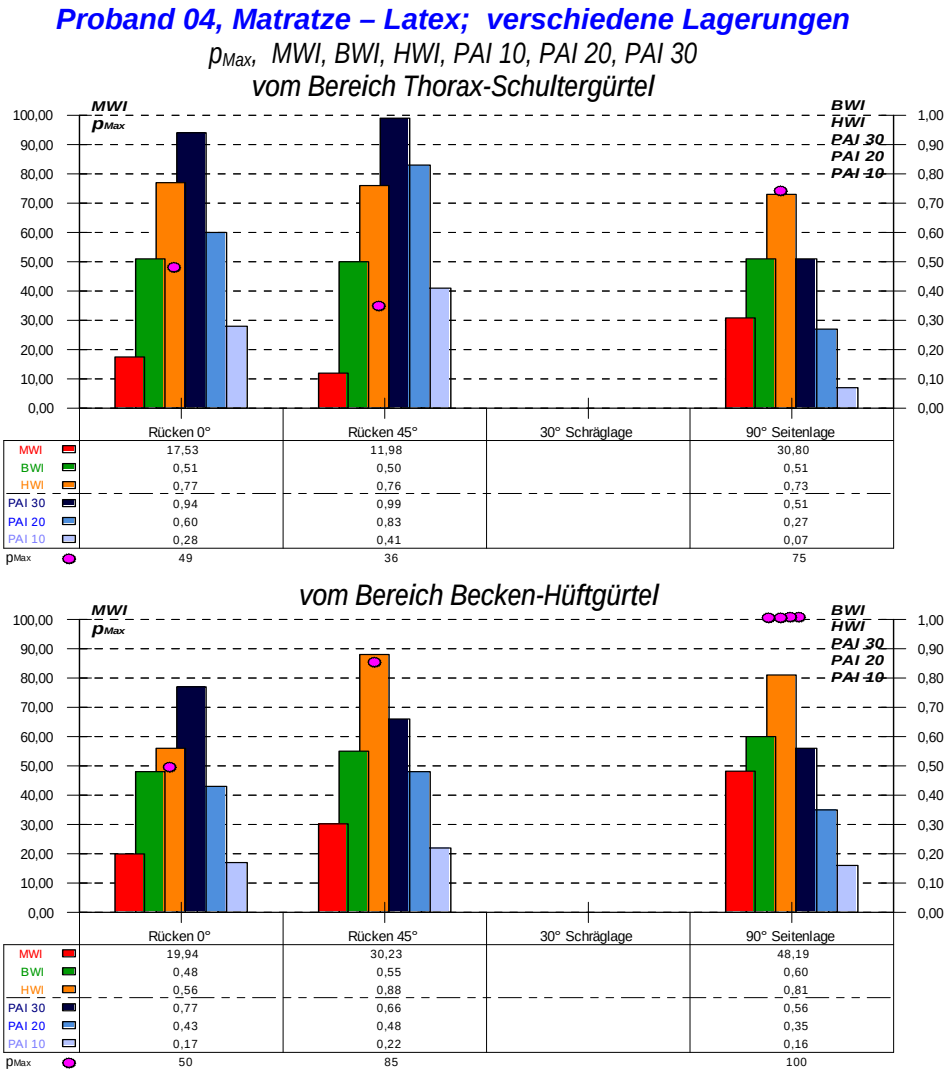
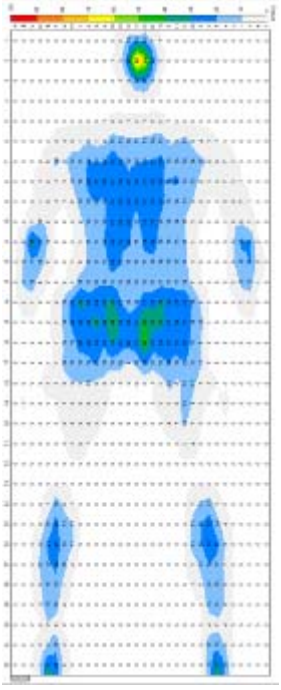


Abbildung 5.1.4-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze - Latex

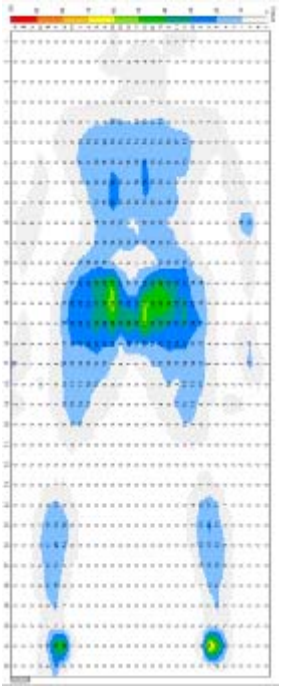
Veränderung der Druckbelastung gegenüber der Situation "Rücken 0°" :

- Bei "Rücken 45°" ist eine Reduzierung im Thoraxbereich und eine Erhöhung im Beckenbereich fest zu stellen (Thoraxbereich: MWI 17,53 → 11,98; Beckenbereich: MWI 19,94 → 30,23).
- Bei "90° Seitenlage" ist sowohl im Thoraxbereich als auch im Beckenbereich eine deutliche Erhöhung fest zu stellen (Thoraxbereich: MWI 17,53 → 30,80; Beckenbereich: MWI 19,94 → 48,19).
- Der maximale Druck stieg im Beckenbereich von p_{Max} 50 auf 85 in der Position "Rücken 45°" und in "90° Seitenlage" auf bei vier Sensoren gemessenen p_{Max} von ≥ 100 mmHg. Im Thoraxbereich kam es zu einer Reduzierung bei "Rücken 45°" von p_{Max} 49 auf 36 und in "90° Seitenlage" zu einem Anstieg von p_{Max} 49 auf 75.

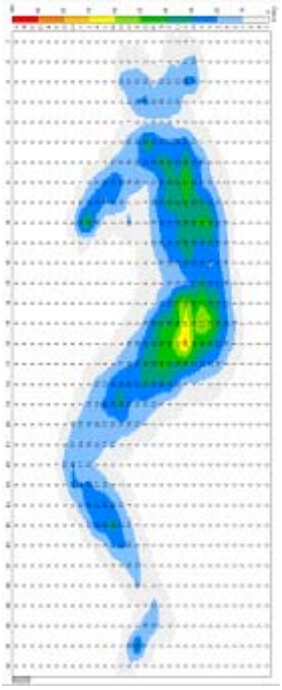
5.1.5 Verschiedene Lagerungen:
Proband 04, Matratze - Rhombo Care® prevent



Rückenlage
Rückenteil 0°



Rückenlage
Rückenteil 45°



90° Seitenlage

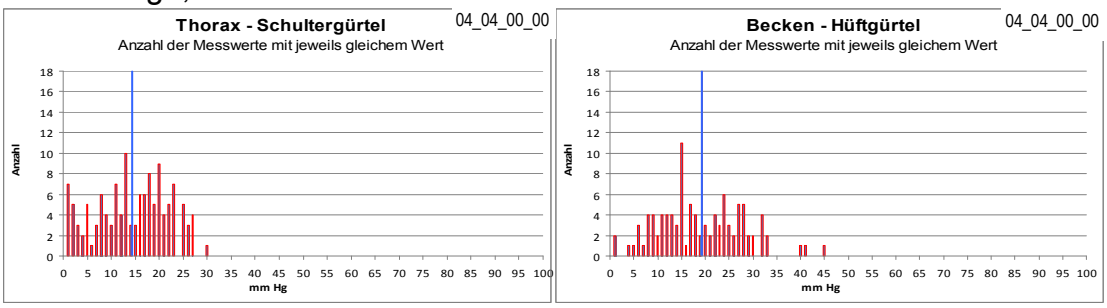
Abbildung 5.1.5-1: Isobaren von verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze – Rhombo Care® prevent

Gemessene Druckwerte in mm Hg und Anzahl der Messsensoren *n = Anzahl der Messsensoren* *Wert = Summe der Druckwerte in mm Hg, von den unter "n" angegebenen Sensoren*																							
Matratze Lage Rückent.	p_{Max}	> 0		≤ MW		> MW		≤ $p_{Max}/2$		> $p_{Max}/2$		≤ 30 mm Hg		> 30 mm Hg		≤ 20 mm Hg		> 20 mm Hg		≤ 10 mm Hg		> 10 mm Hg	
		n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert
Bereich: Thorax - Schultergürtel																							
04_00_00	30	130	18,55	64	497	66	1358	66	527	64	1328	130	1855	0	0	99	1121	31	734	39	191	91	1664
04_00_45	25	115	1311	58	415	57	896	65	499	50	812	115	1311	0	0	111	1216	4	95	45	275	70	1036
04_39_00	51	79	1590	40	391	39	1199	53	705	26	885	60	906	19	684	40	391	39	1199	22	105	57	1485
Bereich: Becken - Hüftgürtel																							
04_00_00	45	102	1928	55	668	47	1260	65	876	37	1052	93	1608	9	320	58	726	44	1202	17	114	85	1814
04_00_45	57	118	2338	65	685	53	1653	290	1336	26	1002	95	1425	23	913	65	685	53	1653	27	132	91	2206
04_39_00	74	72	2013	39	589	33	1424	49	911	23	1102	42	675	30	1338	27	300	45	1713	12	53	60	1960

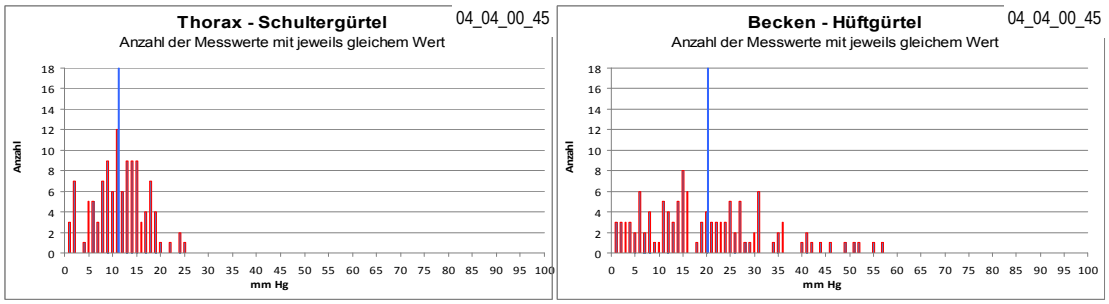
Tabelle 5.1.5-1: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Lagerungen;
Proband 04, Matratze – Rhombo Care® prevent

Anzahl der Messwerte mit jeweils gleichem Wert:

Rückenlage, Rückenteil 0°



Rückenlagerung, Rückenteil 45°



90° Seitenlagerung

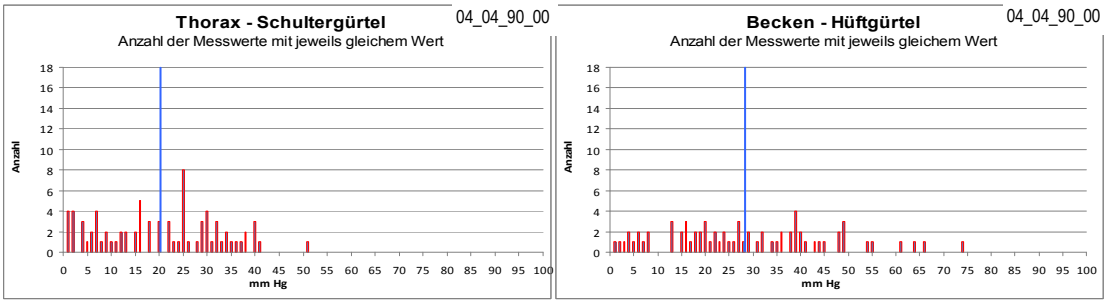


Abbildung 5.1.5-2: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze – Rhombo Care® prevent

Statistische Auswertungen:

Matratze_ Lage_Rückenteil	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Bereich: Thorax - Schultergürtel										
04_00_00	30	14,3	7,56	52,87	0,49	0,51	13,87	1,00	0,76	0,30
04_00_45	25	11,4	5,39	47,28	0,50	0,57	11,60	1,00	0,97	0,39
04_90_00	51	20,1	12,32	61,29	0,51	0,67	20,62	0,76	0,51	0,28
Bereich: Becken - Hüftgürtel										
04_00_00	45	18,9	8,97	47,46	0,54	0,64	22,12	0,91	0,57	0,17
04_00_45	57	19,8	12,77	64,49	0,55	0,78	24,28	0,81	0,55	0,23
04_90_00	74	28,0	17,07	60,96	0,54	0,68	33,09	0,58	0,38	0,17

Tabelle 5.1.5-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze – Rhombo Care® prevent

Die Lagerung hat auf die Druckbelastung der Regionen Thorax-Schultergürtel und Becken-Hüftgürtel eine deutlich feststellbare Auswirkung – siehe *MWI* und *PAI.*

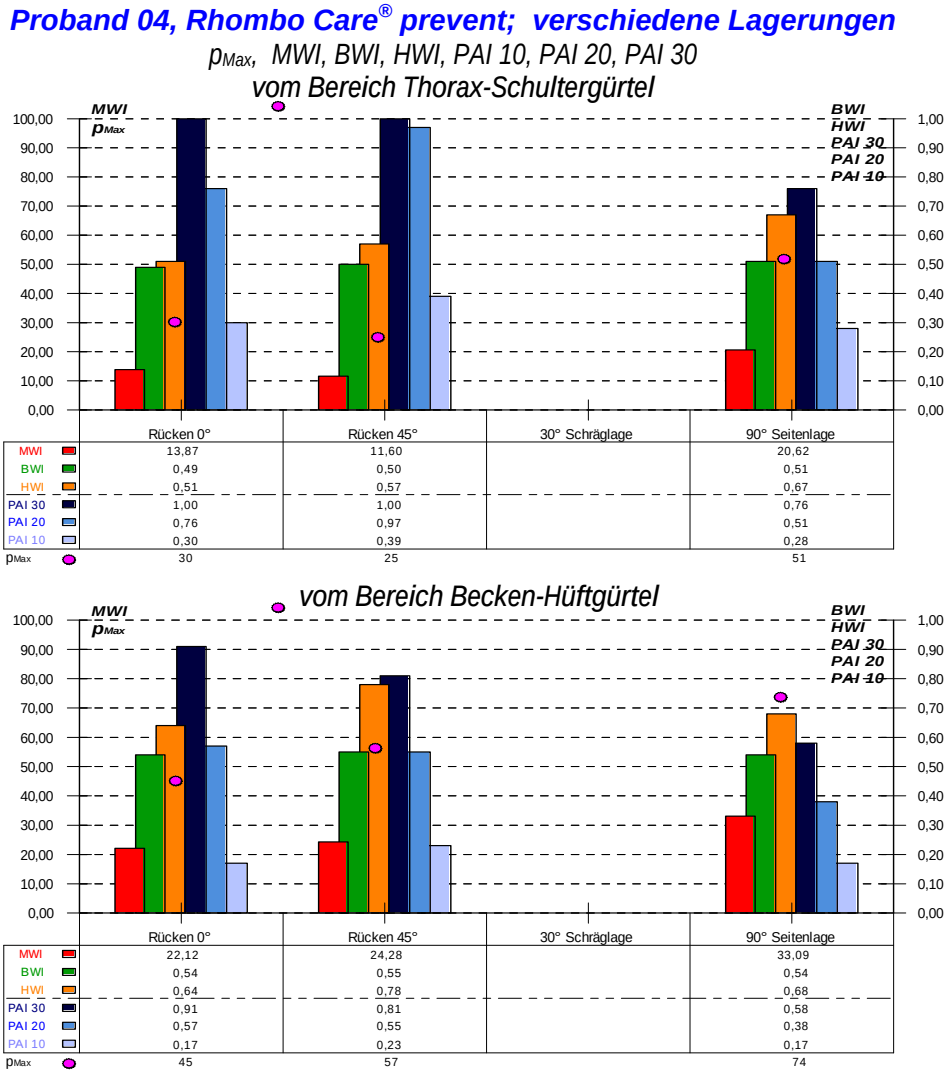
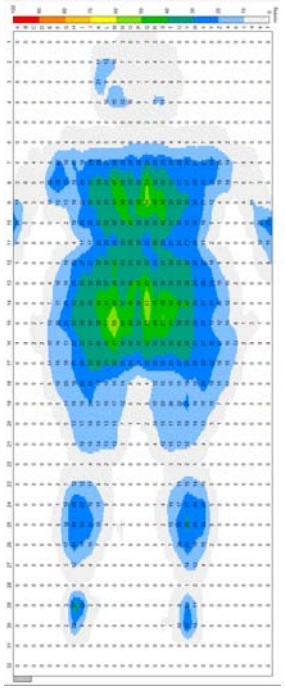


Abbildung 5.1.5-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze – Rhombo Care® prevent

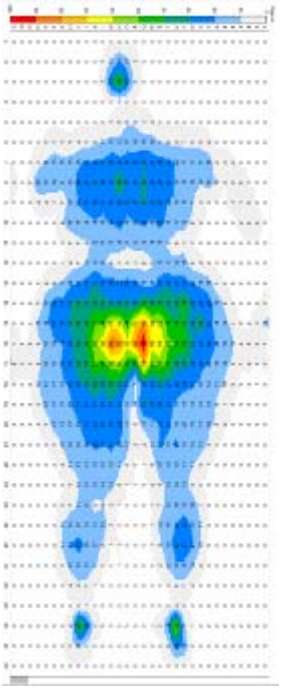
Veränderung der Druckbelastung gegenüber der Situation "Rücken 0°" :

- Bei "Rücken 45°" ist eine leichte Reduzierung im Thoraxbereich und eine leichte Erhöhung im Beckenbereich fest zu stellen (Thoraxbereich: MWI 13,87 → 11,60; Beckenbereich: MWI 22,12 → 24,28).
- Bei "90° Seitenlage" ist sowohl im Thoraxbereich als auch im Beckenbereich eine Erhöhung fest zu stellen (Thoraxbereich: MWI 13,87 → 20,62; Beckenbereich: MWI 22,12 → 33,09) .
- Der maximale Druck stieg im Beckenbereich von p_{Max} 45 auf 57 in der Position "Rücken 45°" und auf 74 in "90° Seitenlage". Im Thoraxbereich reduzierte sich in der Position "Rücken 45°" der p_{Max} von 30 auf 25 und erhöhte sich bei "90° Seitenlage" von p_{Max} 30 auf 51.

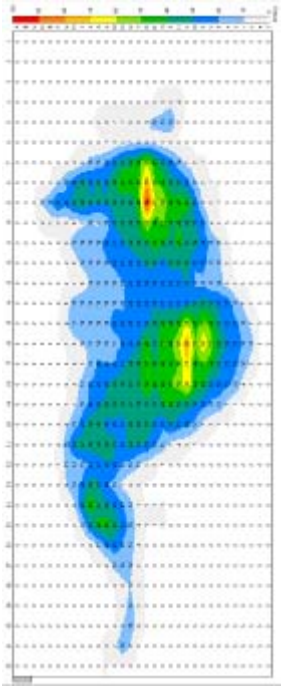
5.1.6 Verschiedene Lagerungen:
Proband 10, Matratze - Latex



Rückenlage
Rückenteil 0°



Rückenlage
Rückenteil 45°



90° Seitenlage

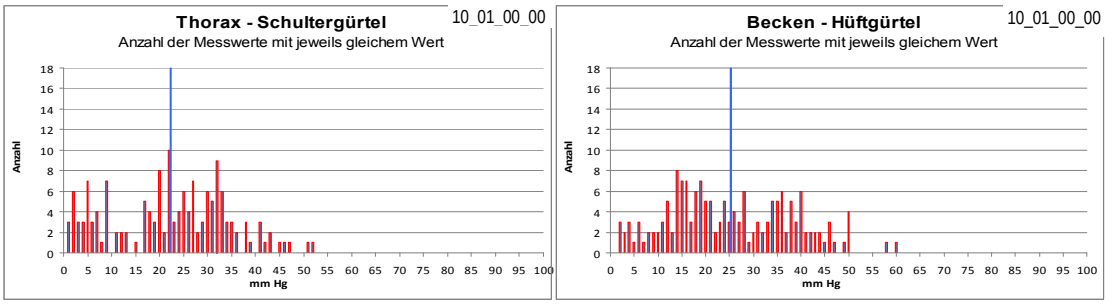
Abbildung 5.1.6-1: Isobaren von verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze - Latex

Gemessene Druckwerte in mm Hg und Anzahl der Messsensoren *n = Anzahl der Messsensoren* *Wert = Summe der Druckwerte in mm Hg, von den unter "n" angegebenen Sensoren*																							
Matratze Lage Rückent.	p_{Max}	> 0		≤ MW		> MW		≤ $p_{Max}/2$		> $p_{Max}/2$		≤ 30 mm Hg		> 30 mm Hg		≤ 20 mm Hg		> 20 mm Hg		≤ 10 mm Hg		> 10 mm Hg	
		n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert
Bereich: Thorax - Schultergürtel																							
01_00_00	52	154	3404	73	841	81	2563	91	1272	63	2132	108	1746	46	1658	58	525	96	2879	37	185	117	3219
01_00_45	37	143	2041	68	494	75	1547	97	967	46	1074	140	1940	3	101	104	1102	39	939	46	225	97	1816
01_90_00	94	97	2978	49	941	48	2037	88	2423	9	555	47	880	50	2098	21	232	76	2746	8	23	89	2955
Bereich: Becken - Hüftgürtel																							
01_00_00	60	166	4168	89	1330	77	2838	105	1767	61	2401	105	1767	61	2401	71	923	95	3245	18	97	148	4071
01_00_45	100	195	5376	21	2057	74	3319	173	3915	22	1461	133	2403	62	2973	75	954	120	4422	21	125	174	5251
01_90_00	79	110	3556	60	1287	50	2269	77	1888	33	1668	53	1069	57	2487	23	320	87	3236	6	31	104	3525

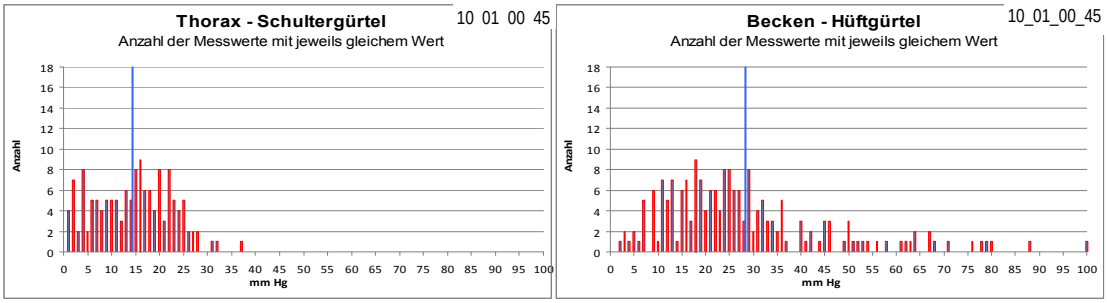
Tabelle 5.1.6-1: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze - Latex

Anzahl der Messwerte mit jeweils gleichem Wert:

Rückenlage, Rückenteil 0°



Rückenlagerung, Rückenteil 45°



90° Seitenlagerung

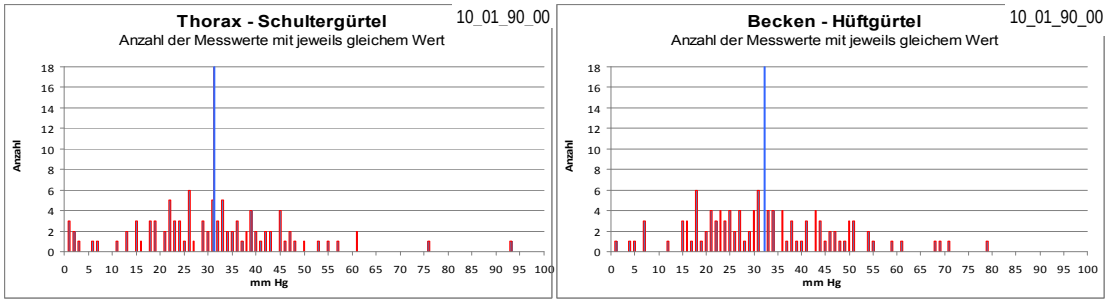


Abbildung 5.1.6-2: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze - Latex

Statistische Auswertungen:

Matratze_ Lage_Rückenteil	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Bereich: Thorax - Schultergürtel										
01_00_00	52	22,1	12,38	56,02	0,47	0,59	19,92	0,70	0,38	0,24
01_00_45	37	14,3	8,03	56,15	0,48	0,68	12,97	0,98	0,73	0,32
01_90_00	94	30,7	15,65	50,98	0,51	0,91	31,34	0,48	0,22	0,08
Bereich: Becken - Hüftgürtel										
01_00_00	60	25,1	12,9	51,39	0,54	0,63	29,01	0,63	0,43	0,11
01_00_45	100	27,6	17,82	64,57	0,62	0,89	45,13	0,68	0,38	0,11
01_90_00	79	32,3	14,97	46,35	0,55	0,70	38,76	0,48	0,21	0,05

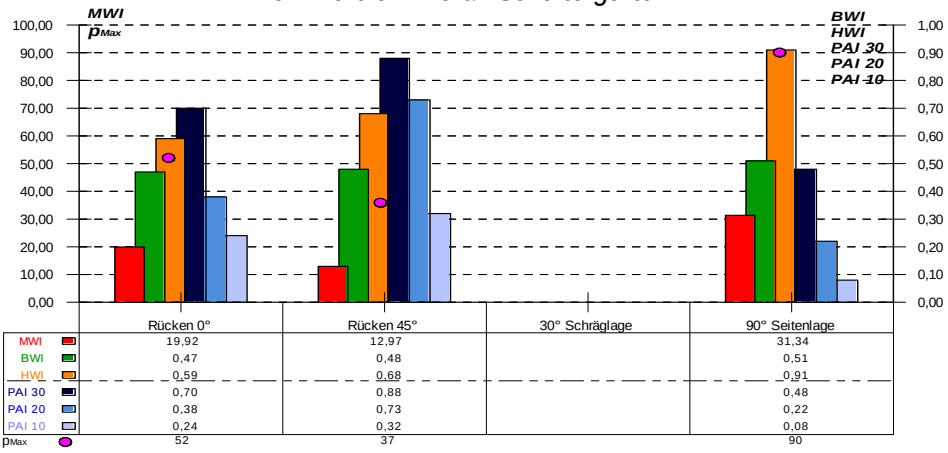
Tabelle 5.1.6-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze - Latex

Die Lagerung hat auf die Druckbelastung der Regionen Thorax-Schultergürtel und Becken-Hüftgürtel eine deutlich feststellbare Auswirkung – siehe *MWI* und *PAI.*

Proband 10, Matratze – Latex; verschiedene Lagerungen

p_{Max}, MWI, BWI, HWI, PAI 10, PAI 20, PAI 30

vom Bereich Thorax-Schultergürtel



vom Bereich Becken-Hüftgürtel

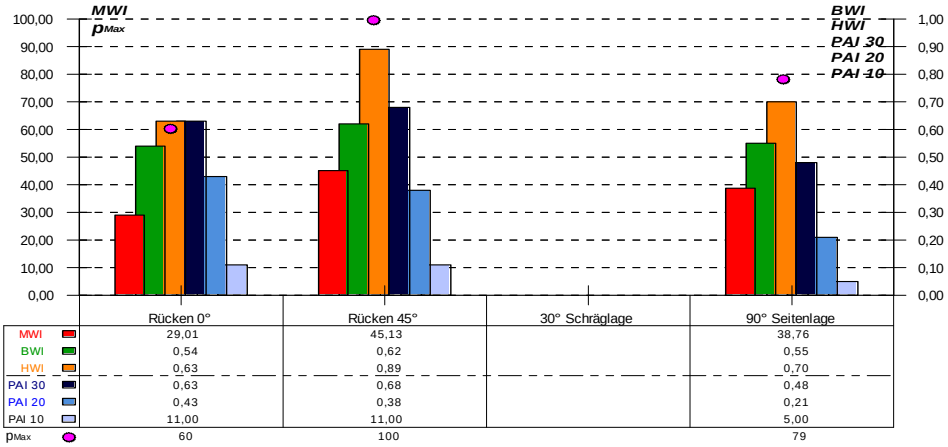
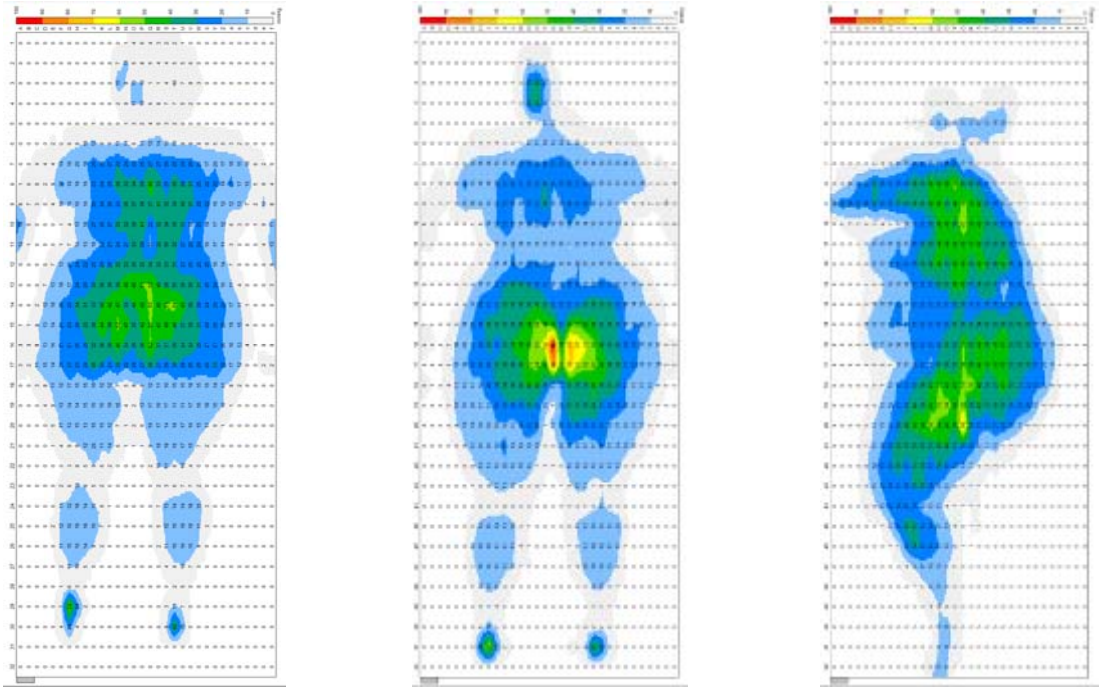


Abbildung 5.1.6-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze - Latex

Veränderung der Druckbelastung gegenüber der Situation "Rücken 0°" :

- Bei "Rücken 45°" ist eine Reduzierung im Thoraxbereich und eine deutliche Erhöhung im Beckenbereich fest zu stellen (Thoraxbereich: MWI 19,92 → 12,97; Beckenbereich: MWI 29,01 → 45,13).
- Bei "90° Seitenlage" ist sowohl im Thoraxbereich als auch im Beckenbereich eine Erhöhung fest zu stellen (Thoraxbereich MWI 19,92 → 31,34; Beckenbereich: MWI 29,01 → 38,76) .
- Der maximale Druck stieg im Beckenbereich von p_{Max} 60 auf ≥100 in der Position "Rücken 45°" und auf 79 in "90° Seitenlage". Im Thoraxbereich reduzierte sich in der Position "Rücken 45°" der p_{Max} von 52 auf 37 und erhöhte sich bei "90° Seitenlage" von p_{Max} 52 auf 94.

5.1.7 Verschiedene Lagerungen:
Proband 10, Matratze - Rhombo Care® prevent



Rückenlage Rückenteil 0° | Rückenlage Rückenteil 45° | 90° Seitenlage

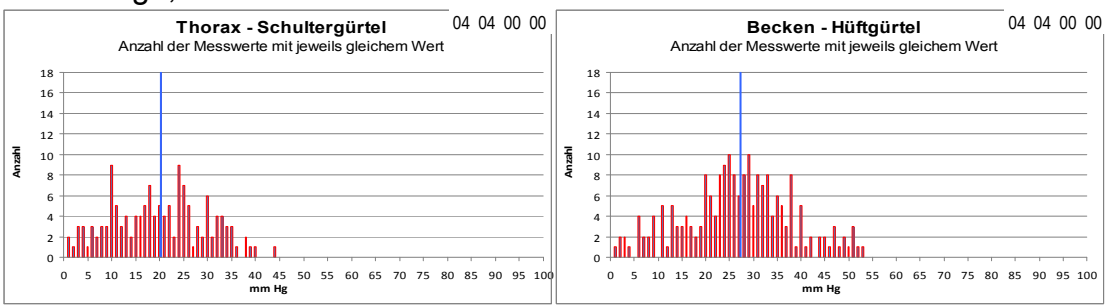
Abbildung 5.1.7-1: Isobaren von verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze – Rhombo Care® prevent

Gemessene Druckwerte in mm Hg und Anzahl der Messsensoren																							
n = Anzahl der Messsensoren								*Wert = Summe der Druckwerte in mm Hg, von den unter "n" angegebenen Sensoren*															
Matratze Lage Rückent.	p_{Max}	> 0		≤ MW		> MW		≤ $p_{Max}/2$		> $p_{Max}/2$		≤ 30 mm Hg		> 30 mm Hg		≤ 20 mm Hg		> 20 mm Hg		≤ 10 mm Hg		> 10 mm Hg	
		n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert
Bereich: Thorax - Schultergürtel																							
04_00_00	44	139	2753	69	801	70	1952	80	1030	59	1723	114	1899	25	854	72	861	67	1892	29	192	110	2561
04_00_45	33	134	2094	66	685	68	1409	73	796	61	1298	132	2030	2	64	96	1209	38	885	24	124	110	1970
04_90_00	61	135	3721	65	1044	70	2677	80	1477	55	2044	80	1477	55	2244	35	342	100	3379	19	87	116	3634
Bereich: Becken - Hüftgürtel																							
04_00_00	53	204	5452	102	1820	102	3632	100	1767	104	3685	126	2500	78	2952	49	573	155	4879	18	106	186	5346
04_00_45	100	208	5566	120	1989	88	3577	192	4555	16	1011	130	2271	78	3295	86	1176	122	4390	21	119	187	5447
04_90_00	78	117	3750	60	1312	57	2438	84	2168	33	1582	54	1123	63	2627	22	309	95	3441	6	33	111	3717

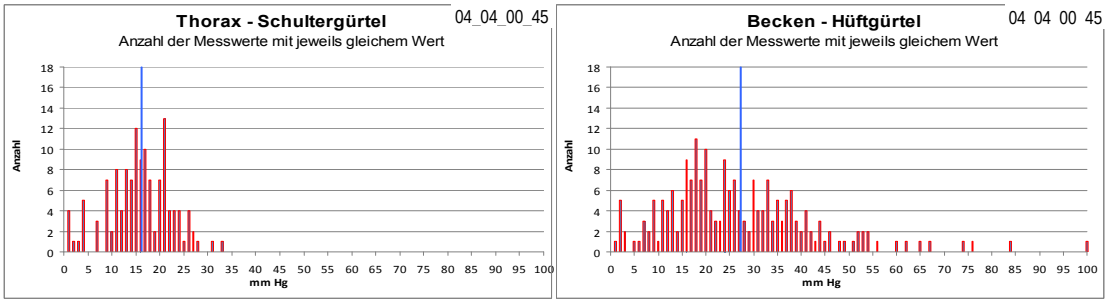
Tabelle 5.1.7-1: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze – Rhombo Care® prevent

Anzahl der Messwerte mit jeweils gleichem Wert:

Rückenlage, Rückenteil 0°



Rückenlagerung, Rückenteil 45°



90° Seitenlagerung

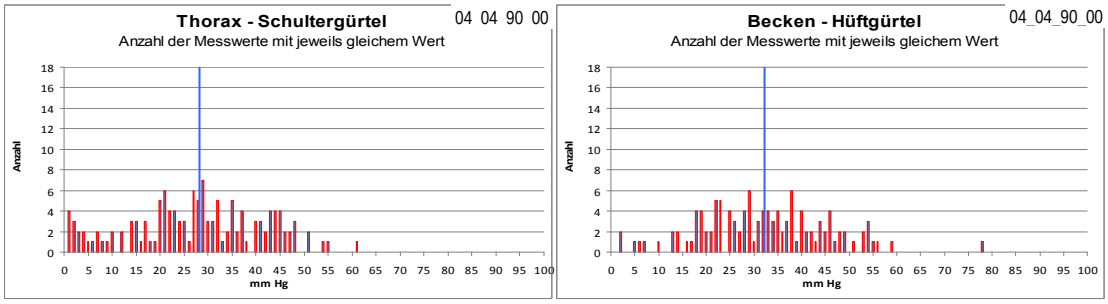


Abbildung 5.1.7-2: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze – Rhombo Care® prevent

Statistische Auswertungen:

Matratze_ Lage_Rückenteil	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Bereich: Thorax - Schultergürtel										
04_00_00	44	19,8	9,78	49,39	0,50	0,58	19,52	0,82	0,52	0,21
04_00_45	33	15,6	6,69	42,88	0,49	0,54	15,14	0,99	0,72	0,18
04_90_00	61	27,6	13,75	49,82	0,48	0,59	25,63	0,59	0,26	0,14
Bereich: Becken - Hüftgürtel										
04_00_00	53	26,7	11,35	42,51	0,50	0,49	26,70	0,62	0,24	0,09
04_00_45	100	26,6	15,47	58,16	0,58	0,92	36,27	0,63	0,41	0,10
04_90_00	78	32,1	13,16	41,00	0,51	0,72	33,79	0,46	0,19	0,05

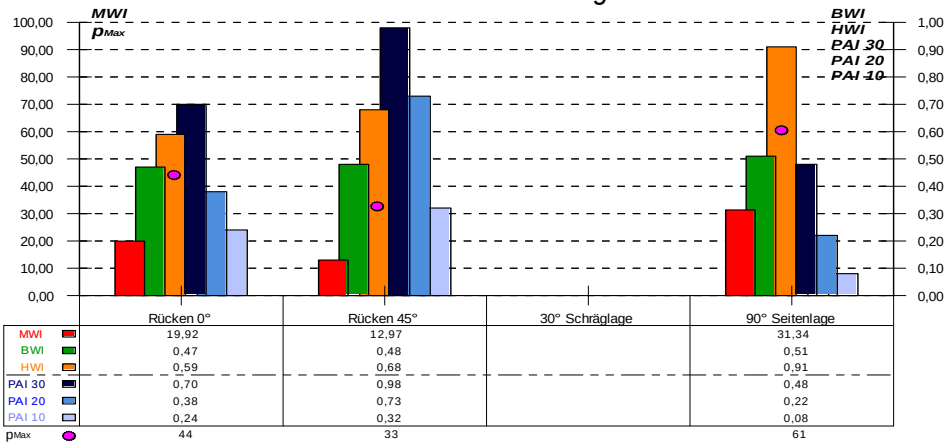
Tabelle 5.1.7-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze – Rhombo Care® prevent

Die Lagerung hat auf die Druckbelastung der Regionen Thorax-Schultergürtel und Becken-Hüftgürtel eine deutlich feststellbare Auswirkung – siehe *MWI* und *PAI.*

Proband 10, Matratze – Rhombo Care® prevent; verschiedene Lagerungen

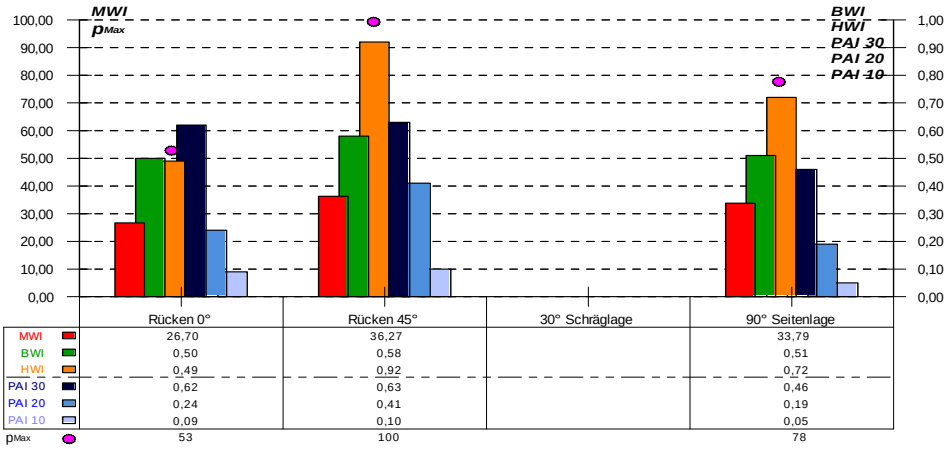
p_{Max}, MWI, BWI, HWI, PAI 10, PAI 20, PAI 30

vom Bereich Thorax-Schultergürtel



	Rücken 0°	Rücken 45°	30° Schräglage	90° Seitenlage
MWI	19,92	12,97		31,34
BWI	0,47	0,48		0,51
HWI	0,59	0,68		0,91
PAI 30	0,70	0,98		0,48
PAI 20	0,38	0,73		0,22
PAI 10	0,24	0,32		0,08
pMax	44	33		61

vom Bereich Becken-Hüftgürtel



	Rücken 0°	Rücken 45°	30° Schräglage	90° Seitenlage
MWI	26,70	36,27		33,79
BWI	0,50	0,58		0,51
HWI	0,49	0,92		0,72
PAI 30	0,62	0,63		0,46
PAI 20	0,24	0,41		0,19
PAI 10	0,09	0,10		0,05
pMax	53	100		78

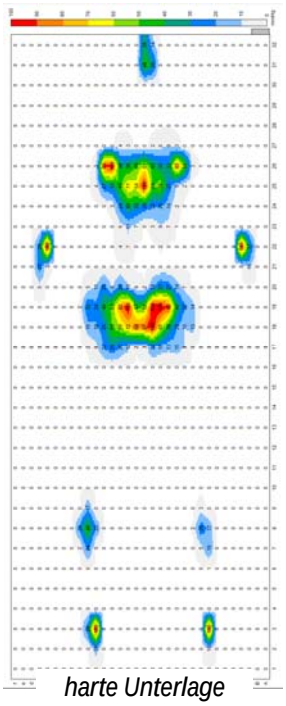
Abbildung 5.1.7-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze – Rhombo Care® prevent

Veränderung der Druckbelastung gegenüber der Situation "Rücken 0°" :

- Bei "Rücken 45°" ist eine Reduzierung im Thoraxbereich und eine Erhöhung im Beckenbereich fest zu stellen (Thoraxbereich: MWI 19,52 → 15,14; Beckenbereich: MWI 26,70 → 36,27).
- Bei "90° Seitenlage" ist sowohl im Thoraxbereich als auch im Beckenbereich eine Erhöhung fest zu stellen (Thoraxbereich: MWI 19,52 → 25,63; Beckenbereich: MWI 26,70 → 33,79).
- Der maximale Druck stieg im Beckenbereich von p_{Max} 53 auf ≥100 in der Position "Rücken 45°" und auf 78 in "90° Seitenlage". Im Thoraxbereich reduzierte sich in der Position "Rücken 45°" der p_{Max} von 44 auf 33 und erhöhte sich bei der "90° Seitenlage" von p_{Max} 44 auf 61.

5.2 Verschiedene Matratzensysteme

5.2.1 Harte Unterlage und Matratze - Latex


harte Unterlage

Hier ist eine Auflagedruckmessung vom gleichen Probanden dargestellt.
Links liegt der Proband direkt am Boden und rechts auf einer Latex – Matratze.
Ganz deutlich zu sehen ist der fast unverändert bleibende hohe Auflagedruck im Bereich der Ellbogen (Epicondylus medialis) und im Fersenbeinbereich.
Weiters ist an diesem Beispiel sehr gut ersichtlich, wie sich durch eine weichere Lagerung die Körperkontaktfläche auf der Unterlage vergrößert und der punktuelle Auflagedruck zum Großteil sehr stark reduziert wird.

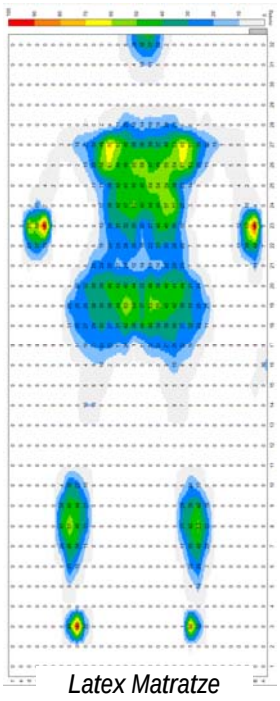

Latex Matratze

Abbildung 5.2.1-1: Isobaren von Auflage auf harter Unterlage und Matratze - Latex

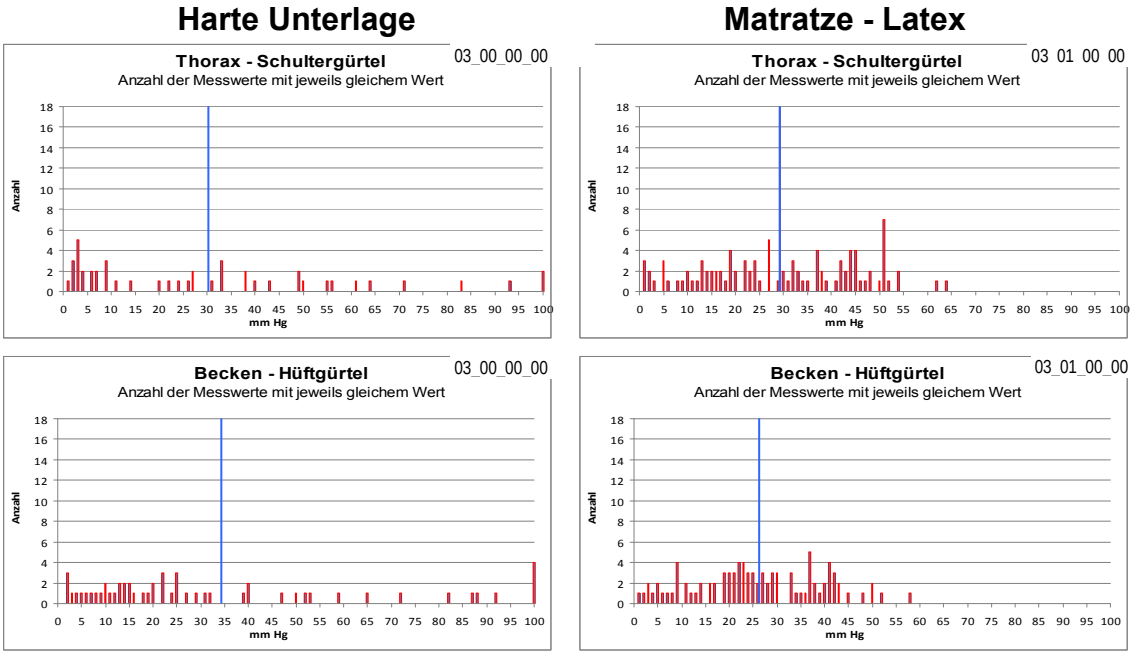


Abbildung 5.2.1-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei Auflage auf harter Unterlage und Matratze - Latex; Proband 03,

Gemessene Druckwerte in mm Hg und Anzahl der Messsensoren *n = Anzahl der Messsensoren* *Wert = Summe der Druckwerte in mm Hg, von den unter "n" angegebenen Sensoren*																					
.	p_{Max}	> 0		≤ MW		> MW		≤ $p_{Max}/2$		> $p_{Max}/2$		≤ 30 mm Hg		> 30 mm Hg		≤ 20 mm Hg		> 20 mm Hg		≤ 10 mm Hg		> 10 mm Hg	
		n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert
Bereich: Thorax - Schultergürtel																							
hart	100 *x 2*	46	1374	26	254	20	1120	37	691	9	683	26	254	20	1120	21	128	25	1246	18	83	28	1291
Matratze	64	97	2837	49	759	48	2078	53	883	44	1954	50	789	47	2048	33	366	64	2471	13	56	84	2781
Bereich: Becken - Hüftgürtel																							
hart	100 *x 4*	54	1818	36	552	18	1266	41	768	13	1050	34	489	20	1329	25	268	29	1550	12	68	42	1750
Matratze	58	92	2358	48	727	44	1631	56	945	36	1413	58	1003	34	1355	30	317	62	2041	15	80	77	2278

Statistische Auswertungen:

Matratze_ Lage_Rückenteil	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Bereich: Thorax - Schultergürtel										
hart	100 *x 2*	29,9	28,2	94,31	0,57	0,80	38,87	0,57	0,46	0,39
Matratze	64	29,3	16,18	55,22	0,51	0,55	29,91	0,52	0,34	0,13
Bereich: Becken - Hüftgürtel										
hart	100 *x 4*	33,7	30,18	89,55	0,67	0,76	67,40	0,63	0,46	0,22
Matratze	58	25,6	13,4	52,34	0,52	0,61	27,93	0,63	0,33	0,16

Tabelle 5.2.1-1: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren sowie statistische Auswertungen bei Auflage auf harter Unterlage und Matratze - Latex; Proband 03

Mit diesem Beispiel ist auch sehr gut der Aussagewert des Kennwertes „MWI“ zu ersehen. Sowohl im Bereich Thorax (von MWI 38,87 bei harter Unterlage zu 29,91 bei der Matratze) als auch im Bereich Becken (von MWI 67,40 bei harter Unterlage zu 27,93 bei der Matratze) ist eine große Druckreduzierung feststellbar. Bei den Werten p10, p20 und p30 (Anteil der Sensoren mit einem kleineren Wert als 10, 20 oder 30 mmHg an der gesamten getriggerten Sensorenanzahl) ist die Aussage aber jene, dass bei der harten Unterlage günstigere Bedingungen vorherrschen. Für diesen Vergleich ist der PAI also kein adäquater Indikator, wohl aber geeignet bei der Bewertung von Auflagedruckmessungen mit Matratzensystemen.

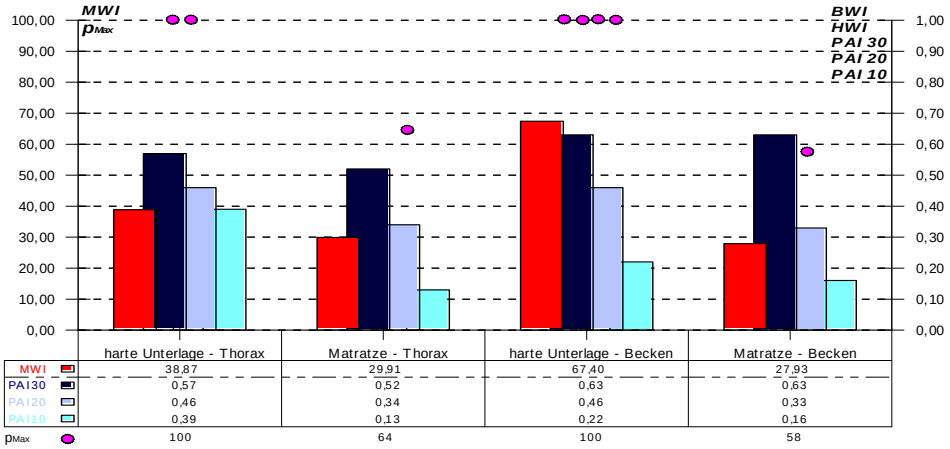
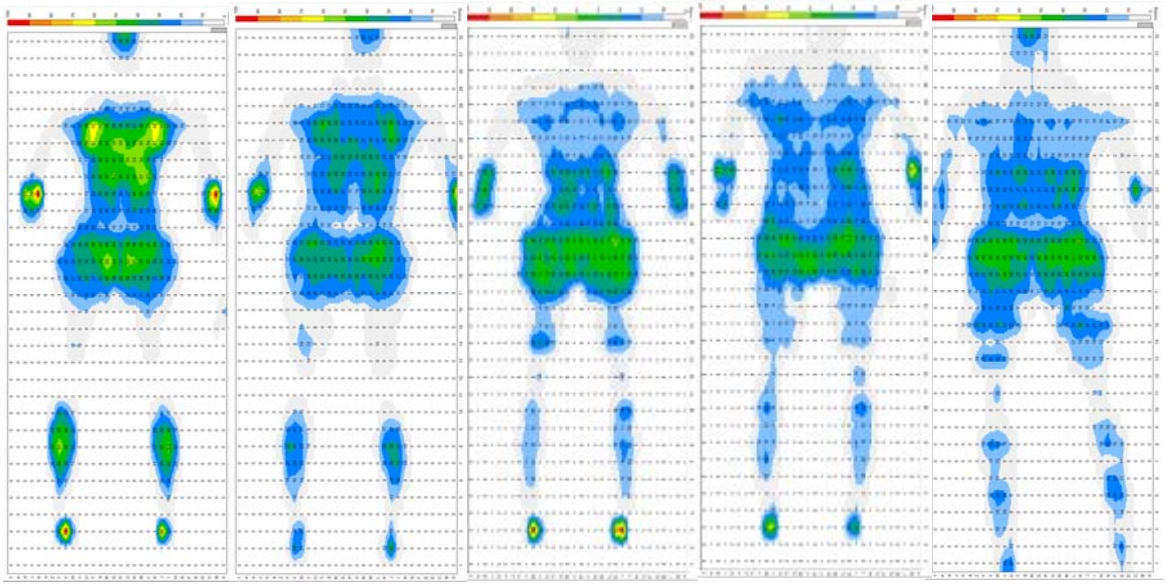


Abbildung 5.2.1-3: Liegen auf harter Unterlage und Matratze-Latex; HWI, PAI, P_{Max}

5.2.2 Verschiedene Matratzensysteme:
Proband 03, 77 kg, BMI 22

5.2.2.1 Proband 03, Rückenlage 0°



Latex | Rhombo Care® prevent | Carital Optima Funktion *"normal"* | Carital Optima Funktion *"Therapie"* | Luftkissenbett KCI TheraPulse

Abbildung 5.2.2.1-1: Isobaren von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Rückenlage 0°

Gemessene Druckwerte in mm Hg und Anzahl der Messsensoren																							
n = Anzahl der Messsensoren																							
Wert = Summe der Druckwerte in mm Hg, von den unter "n" angegebenen Sensoren																							
Matratze Lage Rückent.	p_{Max}	> 0		≤ MW		> MW		≤ $p_{Max}/2$		> $p_{Max}/2$		≤ 30 mm Hg		> 30 mm Hg		≤ 20 mm Hg		> 20 mm Hg		≤ 10 mm Hg		> 10 mm Hg	
		n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert
Bereich: Thorax - Schultergürtel																							
01_00_00	64	97	28,37	49	759	48	2078	53	883	44	1954	50	789	47	2048	33	366	64	2471	13	56	84	2781
04_00_00	41	115	2451	52	704	63	1747	50	663	65	1788	96	1815	19	636	45	562	70	1889	12	70	103	2381
130_00_00	47	107	1821	59	632	48	1189	87	1209	20	612	98	1499	9	322	73	897	34	924	23	135	84	1686
131_00_00	40	146	2675	71	877	75	1798	85	1143	61	1532	136	2340	10	335	85	1143	61	1532	19	129	127	2546
14_00_00	44	136	2536	67	779	69	1757	93	1304	43	1232	124	2119	12	417	83	1090	53	1446	29	182	107	2354
Bereich: Becken - Hüftgürtel																							
01_00_00	58	92	2358	48	727	44	1631	56	945	36	1413	58	1003	34	1355	30	317	62	2041	15	80	77	2278
04_00_00	42	103	2167	47	481	56	1686	47	481	56	1686	76	1220	27	947	46	461	57	1706	24	128	79	2039
130_00_00	56	99	3199	39	771	60	2428	34	619	65	2580	36	677	63	2522	18	217	81	2981	6	32	93	3167
131_00_00	53	111	2878	53	820	58	2058	53	820	58	2058	66	1182	45	1696	35	404	76	2474	13	57	98	2821
14_00_00	52	97	3001	47	978	50	2023	34	606	63	2395	47	978	50	2023	23	348	74	2653	2	16	95	2985

Tabelle 5.2.2.1-1: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Rückenlage 0°

Anzahl der Messwerte mit jeweils gleichem Wert:

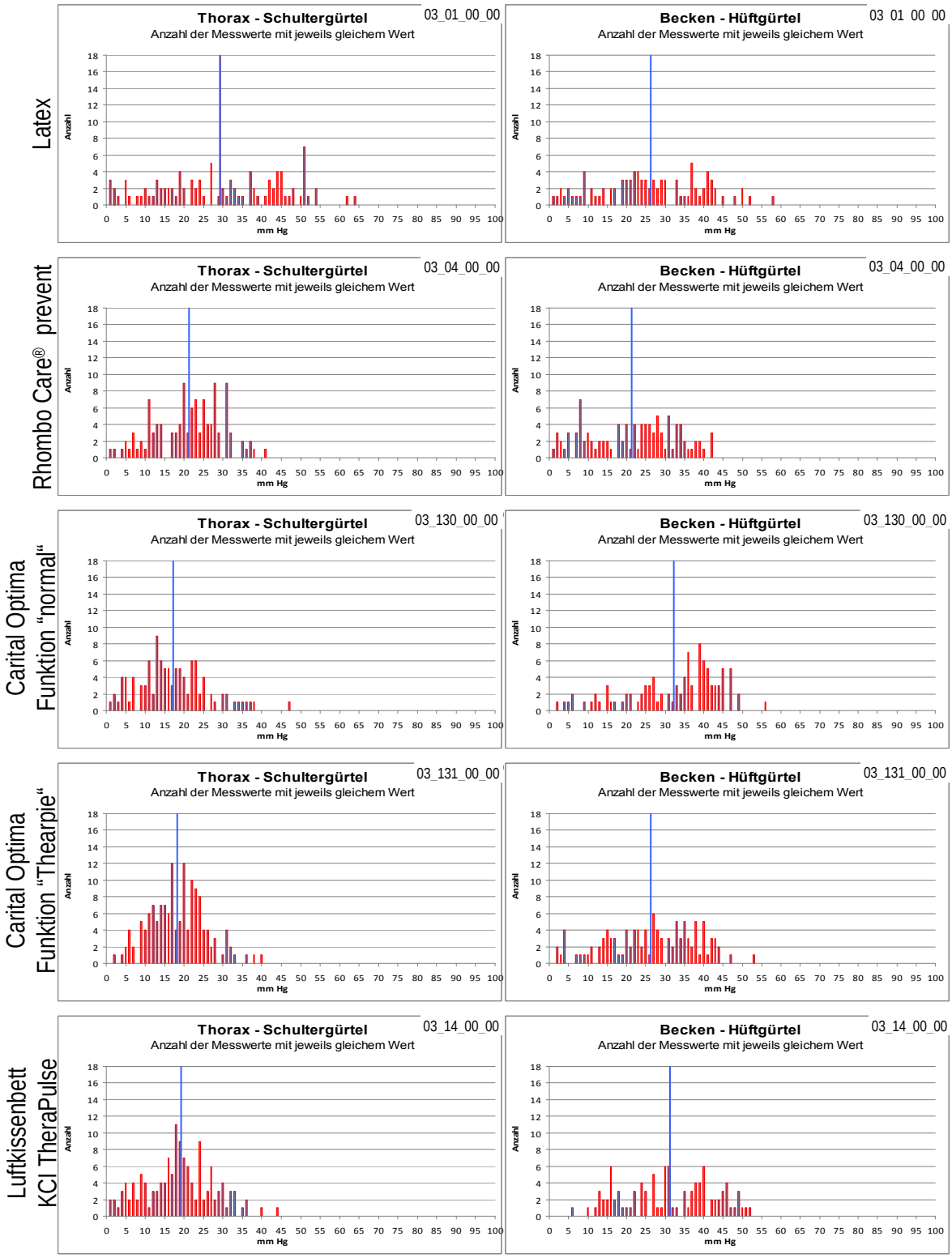


Abbildung 5.2.2.1-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Rückenlage 0°

Statistische Auswertungen:

Matratze_ Lage_Rückenteil	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Bereich: Thorax - Schultergürtel										
01_00_00	64	29,3	16,18	55,22	0,51	0,55	29,91	0,52	0,34	0,13
04_00_00	41	21,3	8,69	40,80	0,45	0,43	17,58	0,83	0,39	0,10
130_00_00	47	17,0	8,98	52,82	0,55	0,81	20,90	0,92	0,68	0,21
131_00_00	40	18,3	7,32	40,00	0,49	0,58	17,32	0,93	0,58	0,13
14_00_00	44	17,8	8,82	47,17	0,49	0,68	18,16	0,91	0,61	0,21
Bereich: Becken - Hüftgürtel										
01_00_00	58	25,6	13,4	52,34	0,52	0,61	27,93	0,63	0,33	0,16
04_00_00	42	21,0	11,53	54,90	0,46	0,46	17,63	0,74	0,45	0,23
130_00_00	56	32,0	12,02	37,56	0,39	0,34	20,80	0,36	0,18	0,06
131_00_00	53	25,9	12,05	46,53	0,48	0,48	23,67	0,59	0,32	0,12
14_00_00	52	30,9	11,61	37,57	0,48	0,35	29,05	0,48	0,24	0,02

Tabelle 5.2.2.1-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Rückenlage 0°

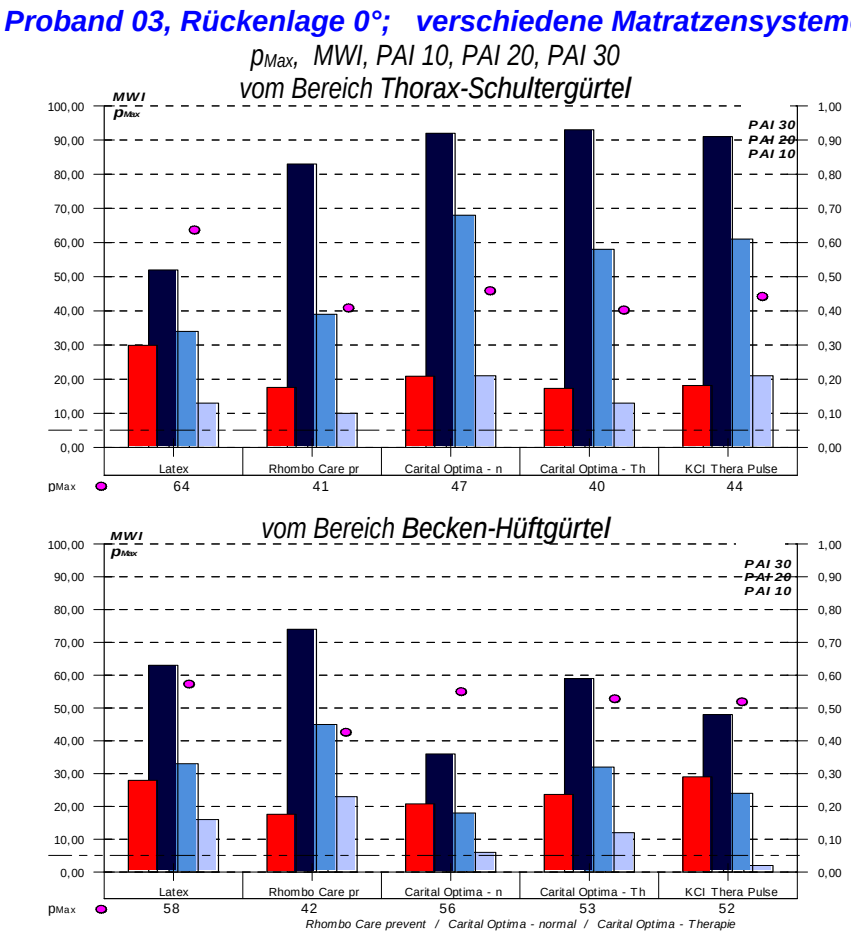


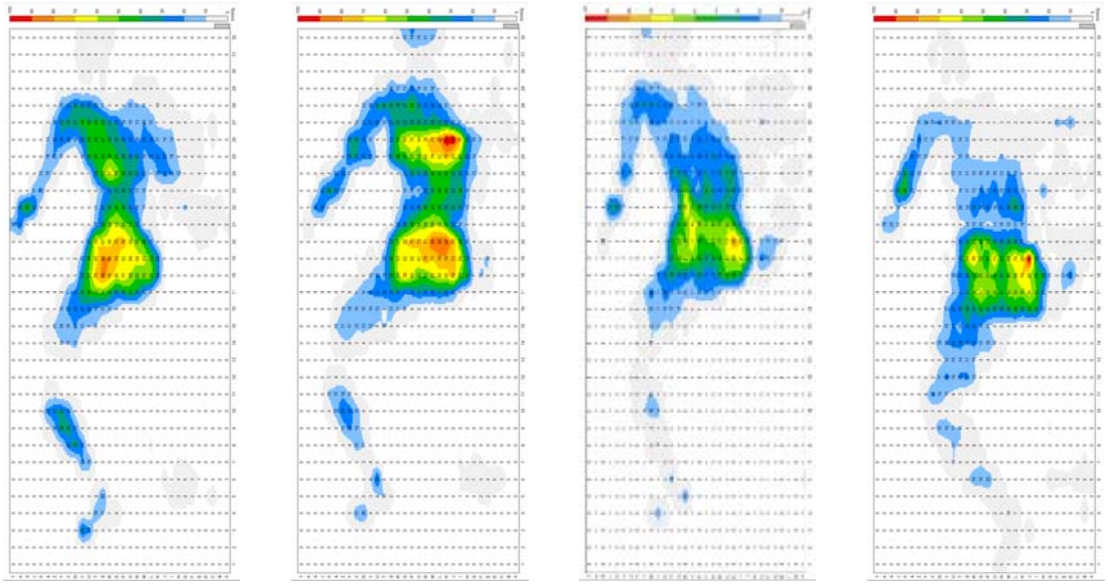
Abbildung 5.2.2.1-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Rückenlage 0°

Die verschiedenen Matratzensysteme haben auf die Druckbelastung der Regionen Thorax-Schultergürtel und Becken-Hüftgürtel eine deutlich feststellbare Auswirkung – siehe *MWI* und *PAI.*
Allerdings sind die Unterschiede der einzelnen Matratzensysteme zur Latex-Matratze im Bereich Thorax-Schultergürtel und Becken-Hüftgürtel nicht gleich.

Veränderung der Druckbelastung gegenüber der Situation "Latex - Matratze"
(Bereich Thorax-Schultergürtel MWI 29,91; Bereich Becken-Hüftgürtel MWI 27,93)

- Die Matratze "Rhombo Care® prevent" bewirkt sowohl im Bereich Thorax-Schultergürtel als auch im Bereich Becken-Hüftgürtel eine annähernd gleiche Druckreduzierung (Thorax-Schultergürtel: MWI 29,91 → MWI 17,58; Becken-Hüftgürtel: MWI 27,93 → MWI 17,63).
- Die air-float-Matratze "Carital Optima" mit der Einstellung "normal" bewirkt insgesamt eine etwas geringere, im Bereich Thorax-Schultergürtel und Becken-Hüftgürtel jedoch annähernd gleiche Druckreduzierung wie mit der Matratze "Rhombo Care® prevent" (Thorax-Schultergürtel: MWI 29,91 → MWI 20,90; Becken-Hüftgürtel: MWI 27,93 → 20,80).
- Die air-float-Matratze "Carital Optima" mit der Einstellung "Therapie" bewirkt im Bereich Thorax-Schultergürtel die größte Druckreduzierung, aber im Bereich Becken-Hüftgürtel eine geringere Druckreduzierung als mit der "Rhombo Care® prevent" und derselben Matratze mit der Einstellung "normal" erreichbar ist (Thorax-Schultergürtel: MWI 29,91 → MWI 17,32; Becken-Hüftgürtel: MWI 27,93 → MWI 23,67).
- Das Luftkissenbett "KCI TheraPulse" bewirkt im Bereich Thorax-Schultergürtel eine große Druckreduzierung, aber im Bereich Becken-Hüftgürtel entsteht sogar eine höhere Druckbelastung (Thorax-Schultergürtel: MWI 29,91 → MWI 18,16; Becken-Hüftgürtel: MWI 27,93 → MWI 29,05)

5.2.2.2 Proband 03, 30° Schräglage



Latex | Rhombo Care® prevent | Carital Optima Funktion *"normal"* | Luftkissenbett KCI TheraPulse

Abbildung 5.2.2.2-1: Isobaren von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Schräglage 30°

Gemessene Druckwerte in mm Hg und Anzahl der Messsensoren *n = Anzahl der Messsensoren* *Wert = Summe der Druckwerte in mm Hg, von den unter "n" angegebenen Sensoren*																							
Matratze Lage Rückent.	p_{Max}	> 0		≤ MW		> MW		≤ $p_{Max}/2$		> $p_{Max}/2$		≤ 30 mm Hg		> 30 mm Hg		≤ 20 mm Hg		> 20 mm Hg		≤ 10 mm Hg		> 10 mm Hg	
		n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert
Bereich: Thorax - Schultergürtel																							
01_30_00	60	65	1714	27	328	38	1386	37	606	28	1108	37	606	28	1108	22	210	43	1504	12	59	53	1655
04_30_00	92	83	2602	48	822	35	1780	65	1484	18	1118	46	762	37	1840	29	317	54	2285	11	44	72	2558
130_30_00	57	94	1606	47	417	47	1189	84	1244	10	362	85	1273	9	333	55	566	39	1040	26	136	68	1470
14_30_00	48	71	1850	36	712	35	1138	26	460	45	1390	51	1130	20	720	15	218	56	1632	2	10	69	1840
Bereich: Becken - Hüftgürtel																							
01_30_00	81	64	2791	28	640	36	2151	26	556	38	2235	18	281	46	2510	12	123	52	2668	7	42	57	2749
04_30_00	85	73	3186	37	909	36	2277	36	865	37	2321	26	518	47	2668	12	155	61	3031	4	23	69	3163
130_30_00	81	76	2944	36	770	40	2174	40	927	36	2017	26	434	50	2510	15	161	61	2783	7	31	69	2913
14_30_00	96	78	3432	34	906	44	2526	42	1274	36	2158	19	333	59	3099	10	114	68	3318	4	14	74	3418

Tabelle 5.2.2.2-1: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Schräglage 30°

Anzahl der Messwerte mit jeweils gleichem Wert:

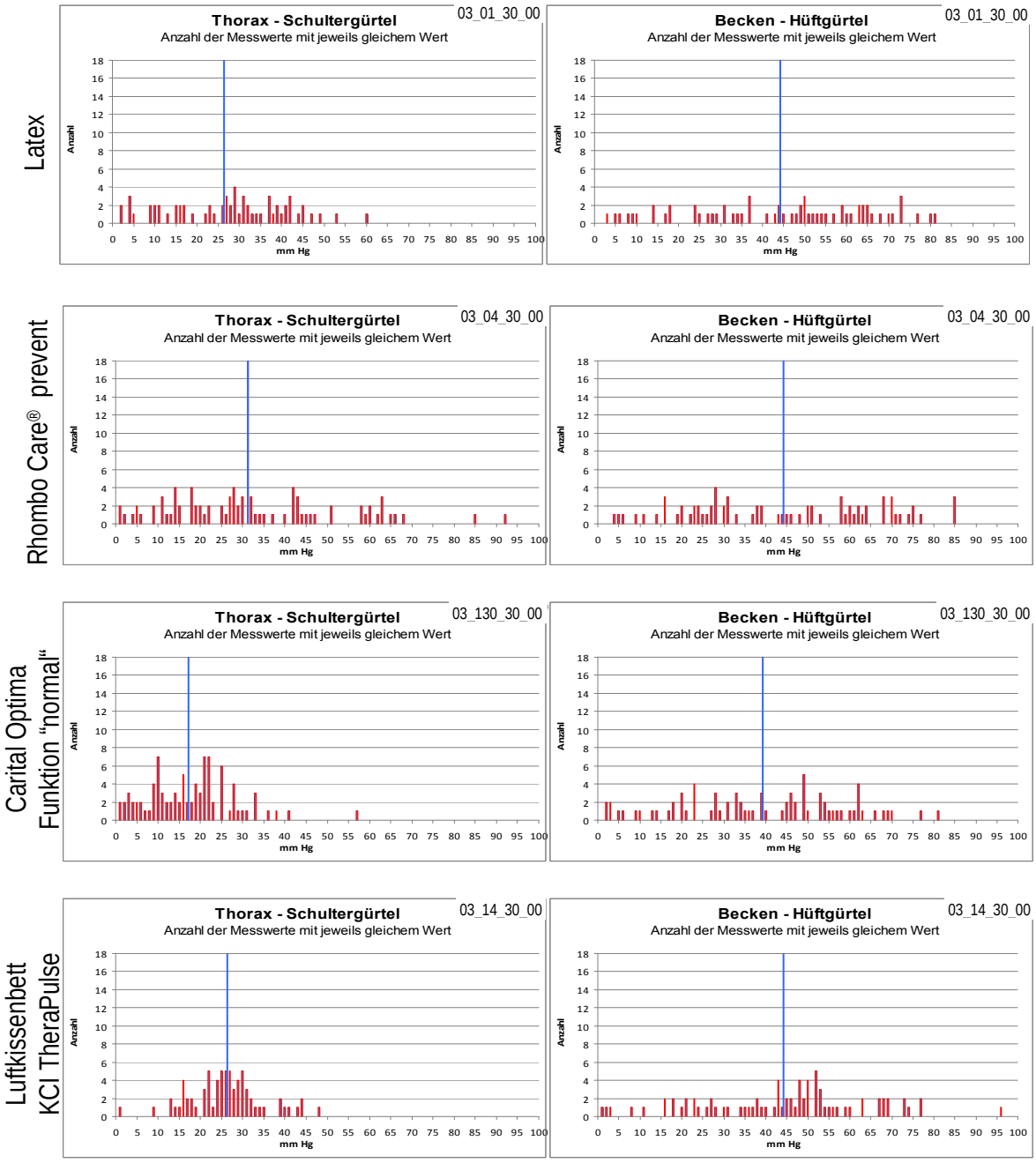


Abbildung 5.2.2.2-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Schräglage 30°

Statistische Auswertungen:

Matratze_ Lage_Rückenteil	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Bereich: Thorax - Schultergürtel										
01_30_00	60	26,4	14,44	54,70	0,42	0,57	18,76	0,57	0,34	0,18
04_30_00	92	31,4	20,48	65,22	0,58	0,78	43,06	0,55	0,35	0,13
130_30_00	57	17,1	10,36	60,58	0,50	0,89	17,10	0,90	0,59	0,28
14_30_00	48	26,1	8,57	32,84	0,51	0,37	26,85	0,72	0,21	0,03
Bereich: Becken - Hüftgürtel										
01_30_00	81	43,6	21,69	49,75	0,44	0,41	33,91	0,28	0,19	0,11
04_30_00	85	43,6	22,17	50,85	0,51	0,49	44,81	0,36	0,16	0,05
130_30_00	81	38,7	19,61	50,67	0,47	0,53	34,83	0,34	0,20	0,09
14_30_00	96	44,0	19,39	44,07	0,44	0,54	34,00	0,24	0,13	0,05

Tabelle 5.2.2.2-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Schräglage 30°

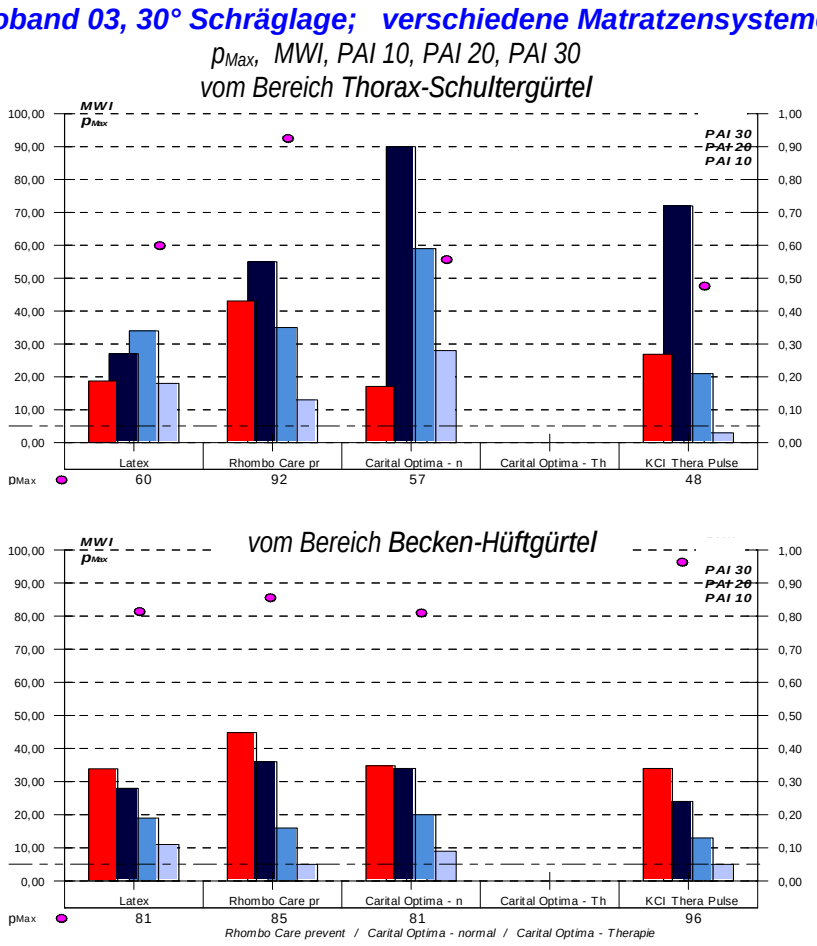


Abbildung 5.2.2.2-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Schräglage 30°

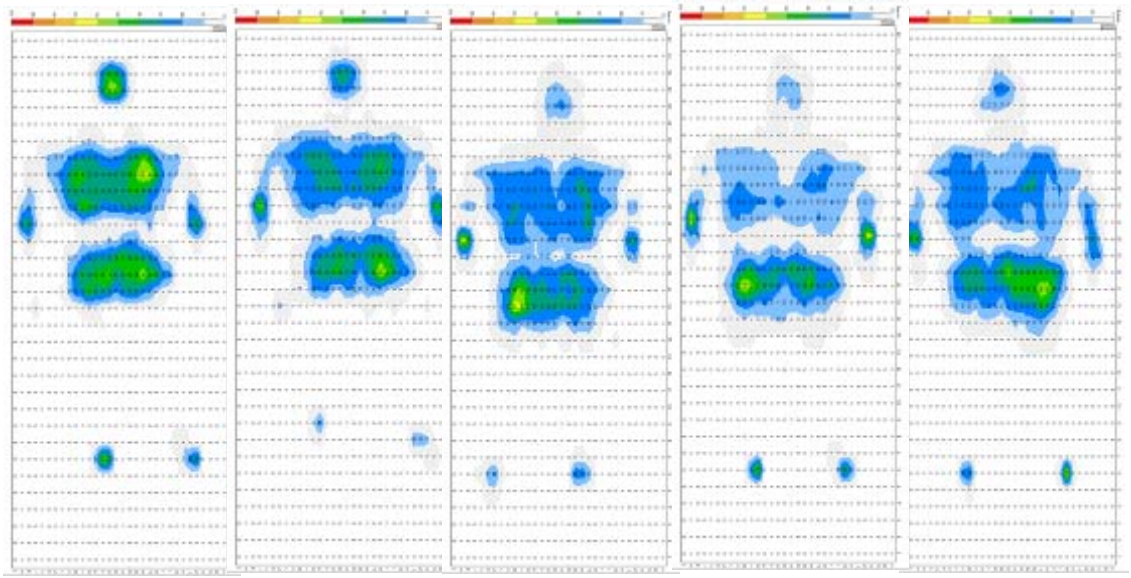
Die verschiedenen Matratzensysteme haben auf die Druckbelastung der Regionen Thorax-Schultergürtel und Becken-Hüftgürtel eine deutlich feststellbare Auswirkung – siehe *MWI* und *PAI.*
Allerdings sind die Unterschiede der einzelnen Matratzensysteme zur Latex-Matratze im Bereich Thorax-Schultergürtel und Becken-Hüftgürtel nicht gleich.

Veränderung der Druckbelastung gegenüber der Situation "Latex - Matratze"
(Bereich Thorax-Schultergürtel MWI 18,76; Bereich Becken-Hüftgürtel MWI 33,91)

- Die Matratze "Rhombo Care® prevent" bewirkt sowohl im Bereich Thorax-Schultergürtel als auch im Bereich Becken-Hüftgürtel eine deutliche Druckerhöhung (Thorax-Schultergürtel: MWI 18,76 → MWI 43,06; Becken-Hüftgürtel: MWI 33,91 → MWI 44,81).
- Die air-float-Matratze "Carital Optima" mit der Einstellung "normal" bewirkt eine geringe Druckreduzierung im Bereich Thorax-Schultergürtel, jedoch im Bereich Becken-Hüftgürtel eine leichte Druckerhöhung (Thorax-Schultergürtel: MWI 18,76 → MWI 17,10; Becken-Hüftgürtel: MWI 33,91 → MWI 34,83).
- Das Luftkissenbett "KCI TheraPulse" bewirkt im Bereich Thorax-Schultergürtel eine deutliche Druckerhöhung, im Bereich Becken-Hüftgürtel bleibt die Druckbelastung hingegen fast unverändert (Thorax-Schultergürtel: MWI 18,76 → MWI 26,85; Becken-Hüftgürtel: MWI 33,91 → MWI 34,00).

5.2.3 Verschiedene Matratzensysteme:
Proband 07, 67 kg, BMI 29

5.2.3.1 Proband 07, Rückenlage 0°



Latex | Rhombo Care® prevent | Carital Optima Funktion *"normal"* | Carital Optima Funktion "Therapie" | Luftkissenbett KCI TheraPulse

Abbildung 5.2.3.1-1: Isobaren von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, Rückenlage 0°

Gemessene Druckwerte in mm Hg und Anzahl der Messsensoren																							
n = Anzahl der Messsensoren								*Wert = Summe der Druckwerte in mmHg, von den unter "n" angegebenen Sensoren*															
Matratze Lage Rückent.	p_{Max}	> 0		≤ MW		> MW		≤ $p_{Max}/2$		> $p_{Max}/2$		≤ 30 mm Hg		> 30 mm Hg		≤ 20 mm Hg		> 20 mm Hg		≤ 10 mm Hg		> 10 mm Hg	
		n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert
Bereich: Thorax - Schultergürtel																							
01_00_00	57	95	2062	48	465	47	1597	61	795	34	1267	61	795	34	1267	43	361	52	1701	25	99	70	1963
04_00_00	45	113	2304	57	664	56	1640	62	770	51	1534	90	1505	23	799	55	623	58	1681	22	111	91	2193
130_00_00	43	115	2208	47	474	68	1734	58	700	57	1508	106	1914	9	294	50	533	65	1675	23	107	92	2101
131_00_00	34	116	1980	52	554	64	1426	52	554	64	1426	110	1792	6	188	75	985	41	595	19	90	97	1890
14_00_00	30	117	1870	53	524	64	1346	46	415	71	1455	116	1840	1	30	83	1067	34	803	21	100	96	1770
Bereich: Becken - Hüftgürtel																							
01_00_00	56	58	1482	28	360	30	1122	30	414	28	1068	34	531	24	951	21	201	37	1281	12	66	46	1416
04_00_00	63	66	1491	36	473	30	1018	49	826	17	665	47	765	19	726	30	345	36	1146	10	57	56	1434
130_00_00	62	78	1694	40	478	38	1216	62	1062	16	632	61	1032	17	662	38	437	40	1257	14	76	64	1618
131_00_00	63	91	1924	51	585	40	1339	71	1104	20	820	70	1072	21	852	50	564	41	1360	22	139	69	1785
14_00_00	56	90	1984	49	566	41	1418	62	888	28	1096	64	946	26	1038	42	419	48	1565	22	121	68	1863

Tabelle 5.2.3.1-1: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, Rückenlage 0°

Anzahl der Messwerte mit jeweils gleichem Wert:

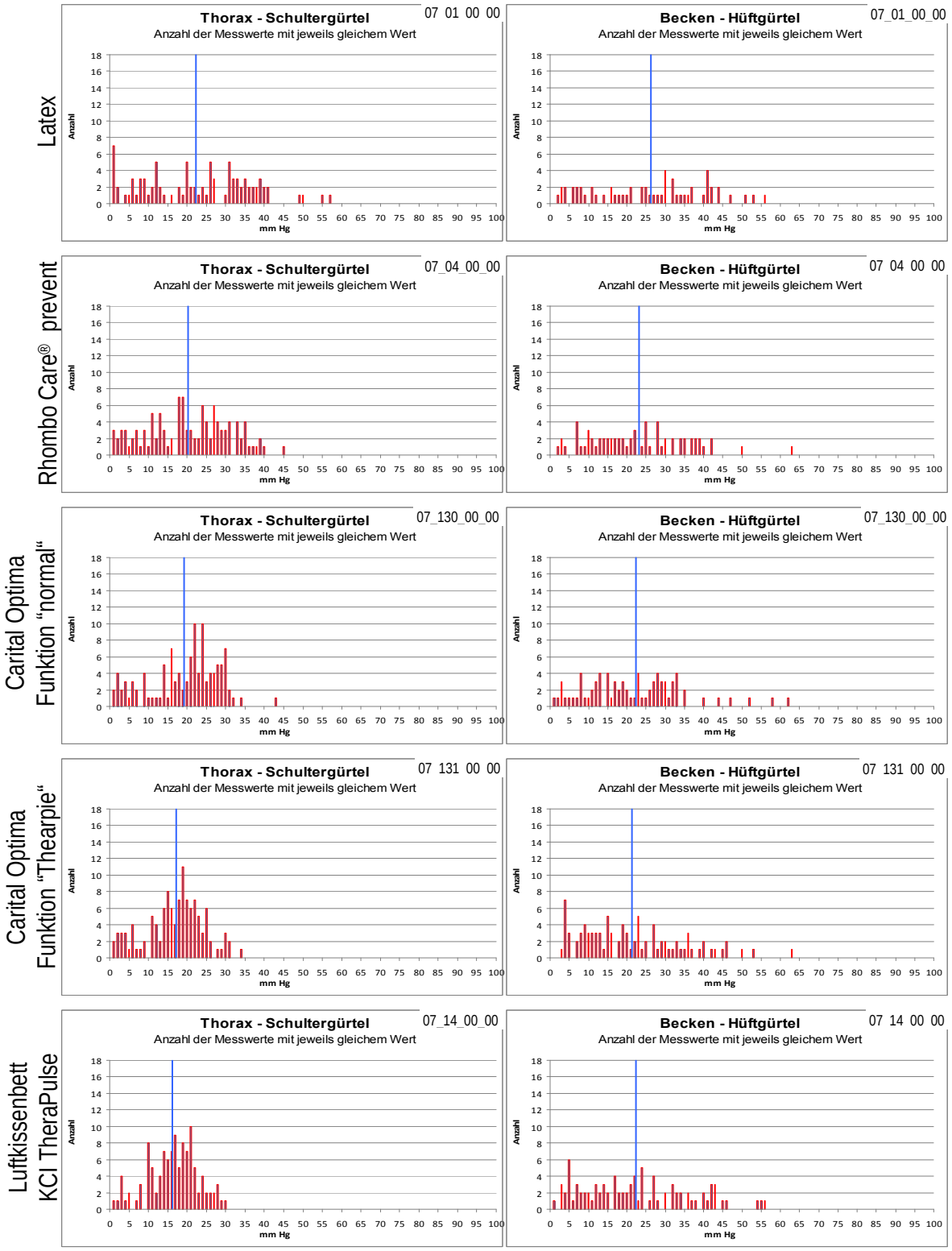


Abbildung 5.2.3.1-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, Rückenlage 0°

Statistische Auswertungen:

Matratze_ Lage_Rückenteil	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Bereich: Thorax - Schultergürtel										
01_00_00	57	21,7	14,28	65,81	0,51	0,64	22,16	0,64	0,45	0,26
04_00_00	45	20,4	10,59	51,91	0,50	0,55	20,76	0,80	0,49	0,19
130_00_00	43	19,2	9,07	47,24	0,41	0,50	13,27	0,92	0,43	0,20
131_00_00	34	17,1	7,43	43,45	0,45	0,45	13,89	0,95	0,65	0,16
14_00_00	30	16,0	7,11	44,44	0,45	0,39	13,25	0,99	0,71	0,18
Bereich: Becken - Hüftgürtel										
01_00_00	56	25,6	14,52	56,72	0,48	0,52	23,89	0,59	0,36	0,21
04_00_00	63	22,6	12,60	55,75	0,55	0,74	27,12	0,71	0,45	0,15
130_00_00	62	21,7	12,64	58,25	0,51	0,79	22,84	0,78	0,49	0,18
131_00_00	63	21,1	13,28	62,94	0,56	0,78	26,90	0,77	0,55	0,24
14_00_00	56	22,0	13,88	63,09	0,54	0,69	26,29	0,71	0,47	0,24

Tabelle 5.2.3.1-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, Rückenlage 0°

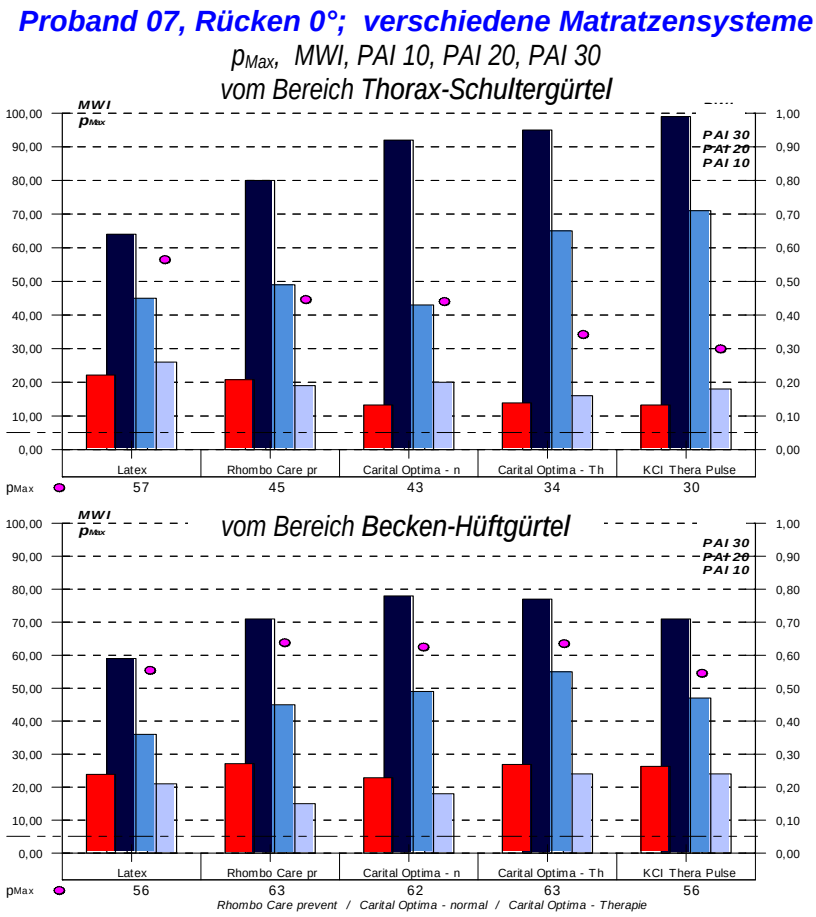


Abbildung 5.2.3.1-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, Rückenlage 0°

Die verschiedenen Matratzensysteme haben auf die Druckbelastung der Region Thorax-Schultergürtel eine deutlich feststellbare, jedoch auf die Druckbelastung der Region Becken-Hüftgürtel nur eine ganz geringe Auswirkung – siehe *MWI* und *PAI.*

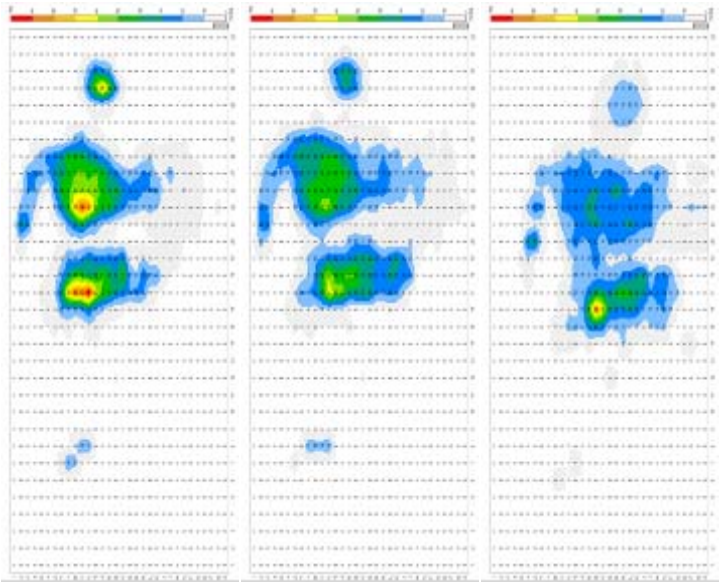
Veränderung der Druckbelastung gegenüber der Situation "Latex - Matratze"

(Bereich Thorax-Schultergürtel MWI 22,16; Bereich Becken-Hüftgürtel MWI 23,89)

- Die Matratze "Rhombo Care® prevent" bewirkt im Bereich Thorax-Schultergürtel eine leichte Druckreduzierung, jedoch im Bereich Becken-Hüftgürtel eine Druckerhöhung (Thorax-Schultergürtel: MWI 22,16 → MWI 20,76; Becken-Hüftgürtel: MWI 23,89 → MWI 27,12).
- Die air-float-Matratze "Carital Optima" mit der Einstellung "normal" bewirkt im Bereich Thorax-Schultergürtel eine deutliche Druckreduzierung, während es im Bereich Becken-Hüftgürtel nur zu einer geringen Druckreduzierung kommt (Thorax-Schultergürtel: MWI 22,16 → MWI 13,27; Becken-Hüftgürtel: MWI 23,89 → MWI 22,84).
- Die air-float-Matratze "Carital Optima" mit der Einstellung "Therapie" bewirkt im Bereich Thorax-Schultergürtel in etwa die gleiche Druckreduzierung wie mit der Einstellung "normal", im Bereich Becken-Hüftgürtel kommt es jedoch zu einer Erhöhung der Druckbelastung (Thorax-Schultergürtel: MWI 22,16 → MWI 13,89; Becken-Hüftgürtel: MWI 23,89 → MWI 26,90).
- Die Druckbelastungen beim Luftkissenbett "KCI TheraPulse" verhalten sich fast gleich wie bei der air-float-Matratze "Carital Optima" mit der Einstellung "Therapie". Im Bereich Thorax-Schultergürtel besteht eine Reduzierung der Druckbelastung, im Bereich Becken-Hüftgürtel kommt es jedoch zu einer Erhöhung der Druckbelastung (Thorax-Schultergürtel: MWI 22,16 → MWI 13,25; Becken-Hüftgürtel: MWI 23,89 → 26,29).

5.2.3.2 Proband 07, 30° Schräglage

Von diesem Probanden konnten in der 30° Schräglage nur mit drei unterschiedlichen Matratzensystemen Messungen durchgeführt werden.



Latex | Rhombo Care® prevent | Carital Optima Funktion *"normal"*

Abbildung 5.2.3.2-1: Isobaren von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, 30° Schräglage

Gemessene Druckwerte in mm Hg und Anzahl der Messsensoren *n = Anzahl der Messsensoren* *Wert = Summe der Druckwerte in mmHg, von den unter "n" angegebenen Sensoren*																							
Matratze Lage Rückent.	p_{Max}	> 0		≤ MW		> MW		≤ $p_{Max}/2$		> $p_{Max}/2$		≤ 30 mm Hg		> 30 mm Hg		≤ 20 mm Hg		> 20 mm Hg		≤ 10 mm Hg		> 10 mm Hg	
		n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert
Bereich: Thorax - Schultergürtel																							
01_30_00	87	67	1915	34	450	33	1465	54	1183	13	732	37	539	30	1376	23	193	44	1722	13	46	54	1869
04_30_00	54	105	2242	58	620	47	1622	71	937	34	1305	74	1023	31	1219	55	559	50	1683	27	138	78	2104
130_30_00	35	94	1762	45	558	49	1204	35	375	59	1387	89	1597	5	165	51	676	43	1086	16	101	78	1661
Bereich: Becken - Hüftgürtel																							
01_30_00	100	51	1385	31	406	20	979	46	983	5	402	32	434	19	951	24	237	27	1148	12	45	39	1340
04_30_00	64	77	1631	40	353	37	1278	57	789	20	842	56	758	21	873	39	333	38	1298	24	103	53	1528
130_30_00	89	61	1481	34	479	27	1002	58	1271	3	210	41	664	20	817	28	350	33	1131	6	41	55	1440

Tabelle 5.2.3.2-1: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, 30° Schräglage

Anzahl der Messwerte mit jeweils gleichem Wert:

Abbildung 5.2.3.2-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, 30° Schräglage

Statistische Auswertungen:

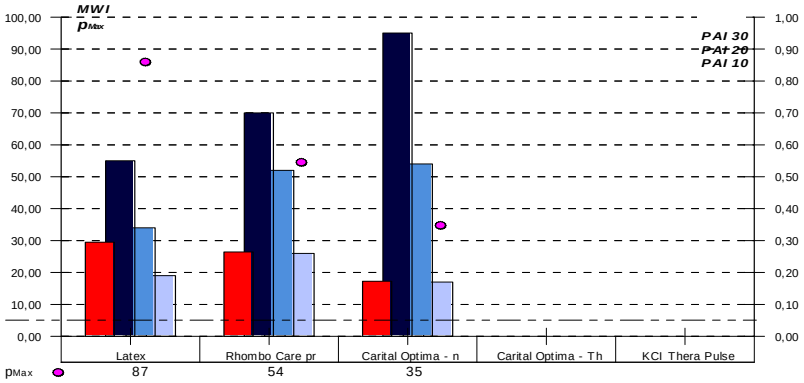
Matratze_ Lage_Rückenteil	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Bereich: Thorax - Schultergürtel										
01_30_00	87	28,6	19,14	66,92	0,51	0,81	29,47	0,55	0,34	0,19
04_30_00	54	21,4	13,87	64,81	0,55	0,68	26,41	0,70	0,52	0,26
130_30_00	35	18,8	7,65	40,69	0,48	0,37	17,27	0,95	0,54	0,17
Bereich: Becken - Hüftgürtel										
01_30_00	100	27,2	22,83	83,93	0,61	0,90	42,16	0,63	0,47	0,24
04_30_00	64	21,2	15,69	74,01	0,52	0,74	22,92	0,73	0,51	0,31
130_30_00	89	24,3	15,26	62,80	0,56	0,95	30,60	0,67	0,46	0,10

Tabelle 5.2.3.2-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, 30° Schräglage

Proband 07, 30° Schräglage; verschiedene Matratzensysteme

p_{Max}, MWI, PAI 10, PAI 20, PAI 30

vom Bereich Thorax-Schultergürtel



vom Bereich Becken-Hüftgürtel

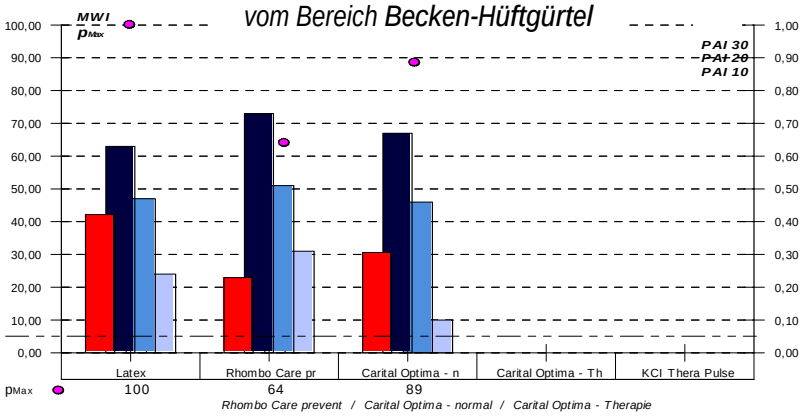


Abbildung 5.2.3.2-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, 30° Schräglage

Die verschiedenen Matratzensysteme haben auf die Druckbelastung der Region Thorax-Schultergürtel und auf die Druckbelastung der Region Becken-Hüftgürtel eine deutlich feststellbare Auswirkung – siehe *MWI* und *PAI.*

Veränderung der Druckbelastung gegenüber der Situation "Latex - Matratze"

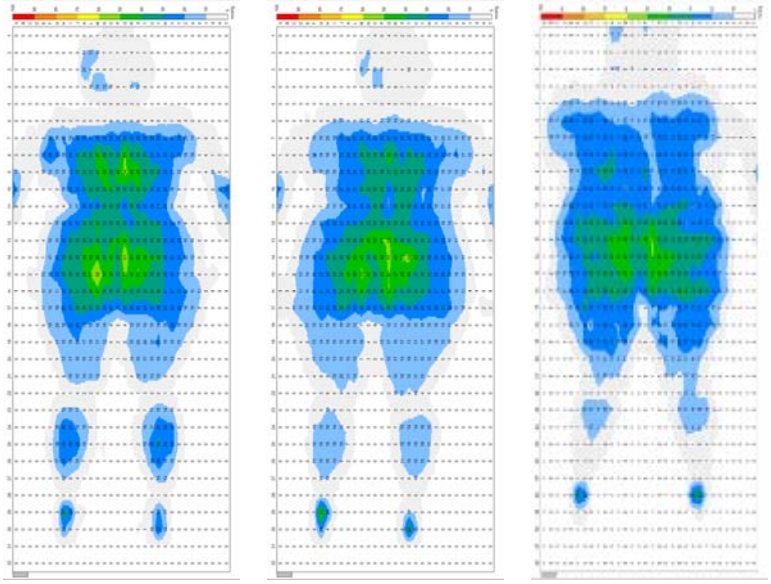
(Bereich Thorax-Schultergürtel MWI 29,47; Bereich Becken-Hüftgürtel MWI 42,16)

- Die Matratze "Rhombo Care® prevent" bewirkt im Bereich Thorax-Schultergürtel eine leichte und im Bereich Becken-Hüftgürtel eine sehr deutliche Druckreduzierung (Thorax-Schultergürtel: MWI 29,47 → MWI 26,41; Becken-Hüftgürtel: MWI 42,16 → MWI 22,92).
- Die air-float-Matratze "Carital Optima" mit der Einstellung "normal" bewirkt sowohl im Bereich Thorax-Schultergürtel als auch im Bereich Becken-Hüftgürtel eine deutliche Druckreduzierung (Thorax-Schultergürtel: MWI 29,47 → MWI 17,27; Becken-Hüftgürtel: MWI 42,16 → MWI 30,60).

5.2.4 Verschiedene Matratzensysteme:
Proband 10, 120 kg, BMI 44

Rückenlage 0°

Von diesem Probanden konnten in der 30° Schräglage nur mit drei unterschiedlichen Matratzensystemen Messungen durchgeführt werden.



Latex | Rhombo Care® prevent | Carital Optima Funktion *"normal"*

Abbildung 5.2.4-1: Isobaren von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 10, Rückenlage 0°

Gemessene Druckwerte in mm Hg und Anzahl der Messsensoren																							
n = Anzahl der Messsensoren								*Wert = Summe der Druckwerte in mmHg, von den unter "n" angegebenen Sensoren*															
Matratze Lage Rückent.	p_{Max}	> 0		≤ MW		> MW		≤ $p_{Max}/2$		> $p_{Max}/2$		≤ 30 mm Hg		> 30 mm Hg		≤ 20 mm Hg		> 20 mm Hg		≤ 10 mm Hg		> 10 mm Hg	
		n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert	n	Wert
Bereich: Thorax - Schultergürtel																							
01_00_00	52	154	3404	73	841	81	2563	91	1272	63	2132	108	1746	46	1658	58	525	96	2879	37	185	117	3219
04_00_00	44	139	2753	69	801	70	1952	80	1030	59	1723	114	1899	25	854	72	861	67	1892	29	192	110	2561
130_00_00	33	142	2829	61	812	81	2017	44	501	98	2328	134	2580	8	249	61	812	81	2017	14	85	128	2744
Bereich: Becken - Hüftgürtel																							
01_00_00	60	166	4168	89	1330	77	2838	105	1767	61	2401	105	1767	61	2401	71	923	95	3245	18	97	148	4071
04_00_00	53	204	5452	102	1820	102	3632	100	1767	104	3685	126	2500	78	2952	49	573	155	4879	18	106	186	5346
130_00_00	50	181	4874	84	1578	97	3296	68	1160	113	3714	110	2311	71	2563	41	553	140	4321	10	53	171	4821

Tabelle 5.2.4-1: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 10, Rückenlage 0°

Anzahl der Messwerte mit jeweils gleichem Wert:

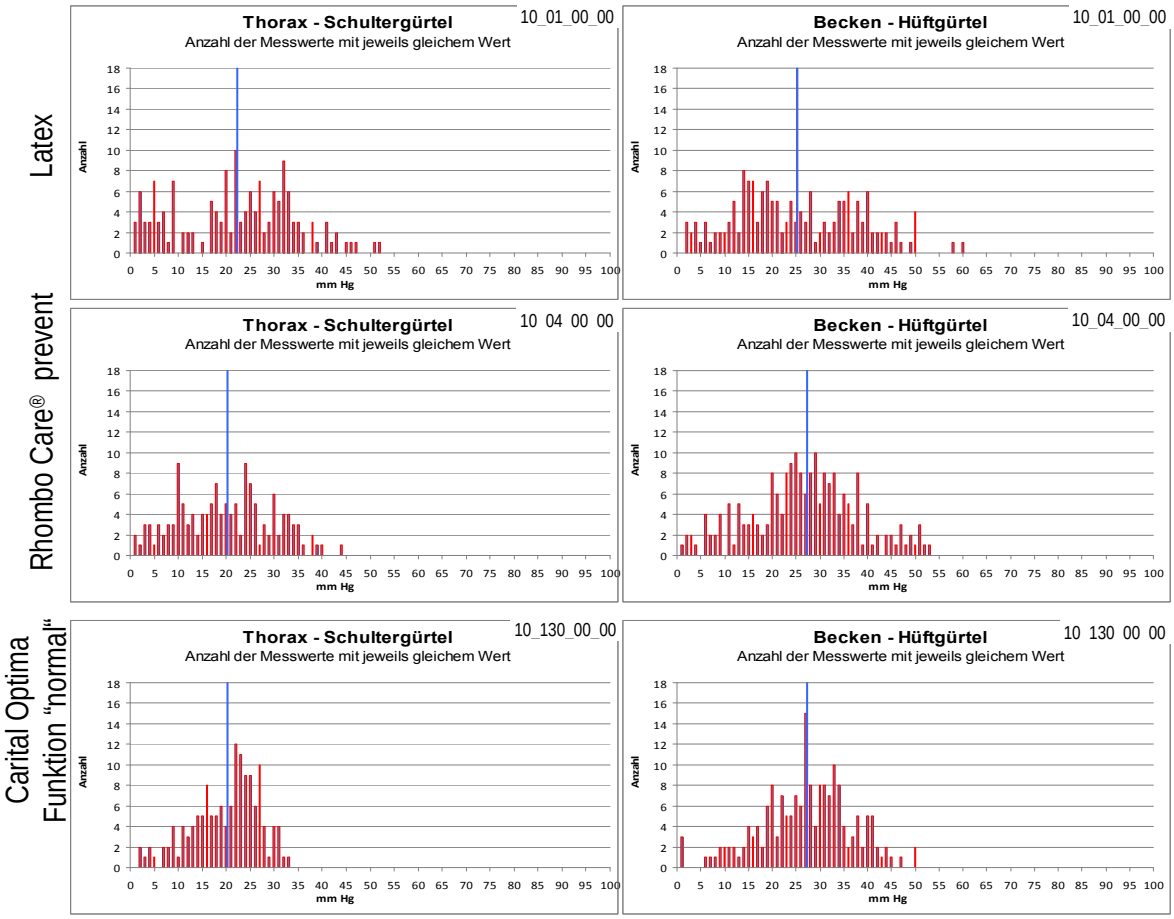


Abbildung 5.2.4-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 10, Rückenlage 0°

Statistische Auswertungen:

Matratze_ Lage_Rückenteil	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Bereich: Thorax - Schultergürtel										
01_00_00	52	22,1	12,38	56,02	0,47	0,59	19,92	0,70	0,38	0,24
04_00_00	44	19,8	9,78	49,39	0,50	0,58	19,52	0,82	0,52	0,21
130_00_00	33	19,9	6,95	34,92	0,43	0,31	14,99	0,94	0,43	0,10
Bereich: Becken - Hüftgürtel										
01_00_00	60	25,1	12,90	51,39	0,54	0,63	29,01	0,63	0,43	0,11
04_00_00	53	26,7	11,35	42,51	0,50	0,49	26,70	0,62	0,24	0,09
130_00_00	50	26,9	9,72	36,13	0,46	0,38	23,29	0,61	0,23	0,06

Tabelle 5.2.4-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 10, Rückenlage 0°

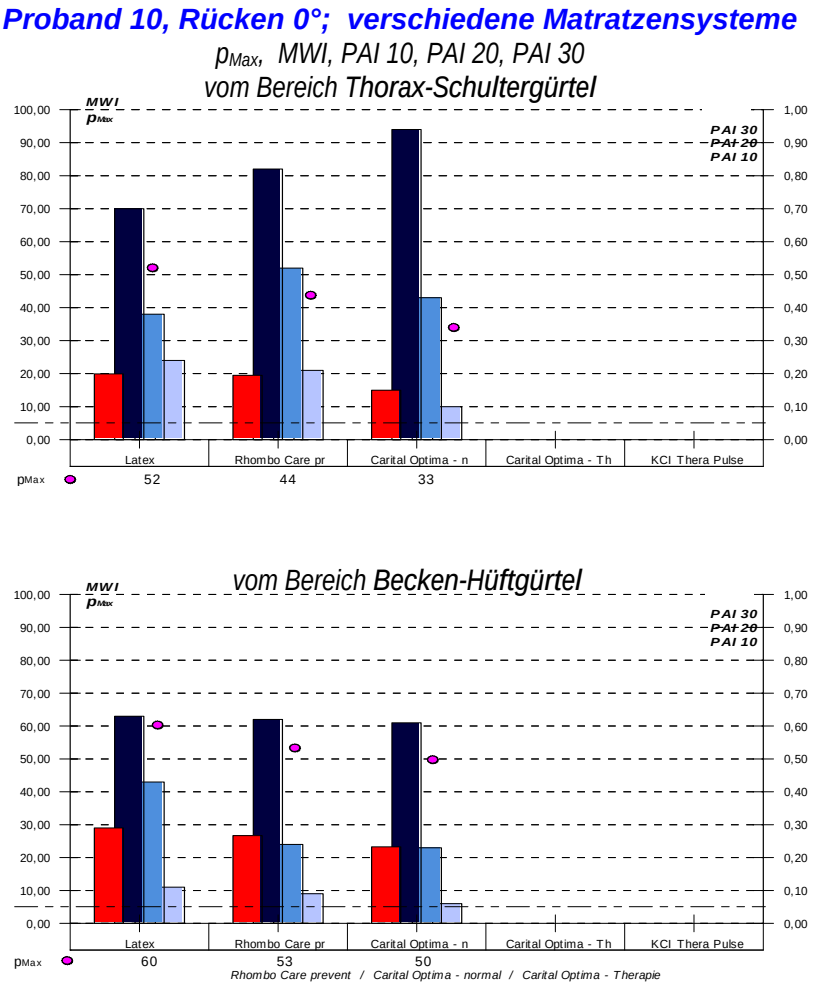


Abbildung 5.2.4-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 10, Rückenlage 0°

Die verschiedenen Matratzensysteme haben auf die Druckbelastung der Region Thorax-Schultergürtel und auf die Druckbelastung der Region Becken-Hüftgürtel nur eine geringe Druck reduzierende Auswirkung – siehe *MWI* und *PAI.*

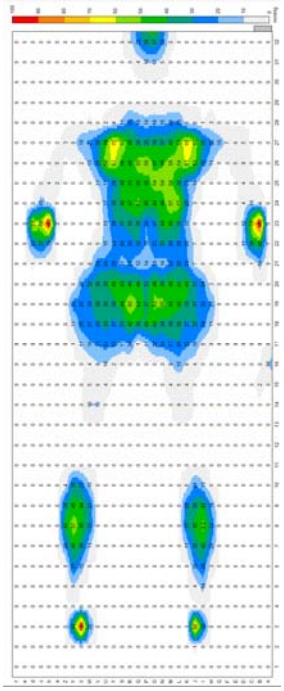
Veränderung der Druckbelastung gegenüber der Situation "Latex - Matratze"

(Bereich Thorax-Schultergürtel MWI 19,92; Bereich Becken-Hüftgürtel MWI 29,01)

- Die Matratze "Rhombo Care® prevent" bewirkt im Bereich Thorax-Schultergürtel beinahe keine und im Bereich Becken-Hüftgürtel nur eine ganz geringe Druckreduzierung (Thorax-Schultergürtel: MWI 19,92 → MWI 19,52; Becken-Hüftgürtel: MWI 29,01 → MWI 26,70).
- Die air-float-Matratze "Carital Optima" mit der Einstellung "normal" bewirkt sowohl im Bereich Thorax-Schultergürtel als auch im Bereich Becken-Hüftgürtel eine Druckreduzierung (Thorax-Schultergürtel: MWI 19,92 → MWI 14,99; Becken-Hüftgürtel: MWI 29,01 → MWI 23,29).

5.2.5 Matratze alt – neu, derselbe Proband

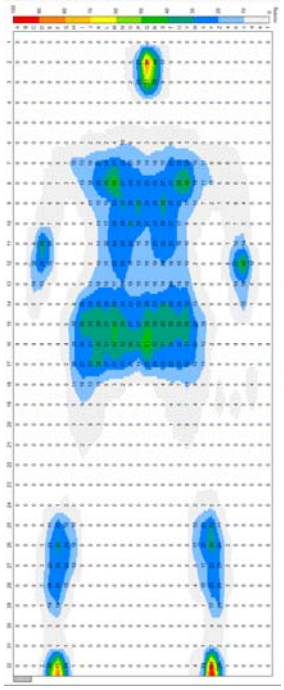
Grey et al. führten 1998 eine Untersuchung mit einer Stempeldruckmessung an einer fabrikneuen und einer drei Jahre ständig benutzten Klinikstandard-matratze (Schaumstoff, Dichte von 45 kg/m^3, Dicke 15 cm) durch. Sie stellten dabei einen deutlichen Unterschied in der axialen Steifheit fest; 1,33 N/mm bei der neuen Matratze zu 0,69 N/mm bei der alten Matratze (Roales-Welsch, 2000, 299).



Dieser Effekt konnte auch bei den eigenen Messungen an einem Probanden festgestellt werden.
Bei beiden Matratzen handelt es sich um "Stiftlatex" in der Ausführung „Härte 3" *(leider ist bezüglich Härtegrad von der Firma Sembella keine genauere Information erhältlich)*.

Auf der linken Seite ist die Situation mit einer bereits ca. zehn Jahre im klinischen Einsatz verwendeten und rechts mit einer komplett neuen Latex-Matratze dargestellt.

Der Unterschied ist deutlich zu sehen.



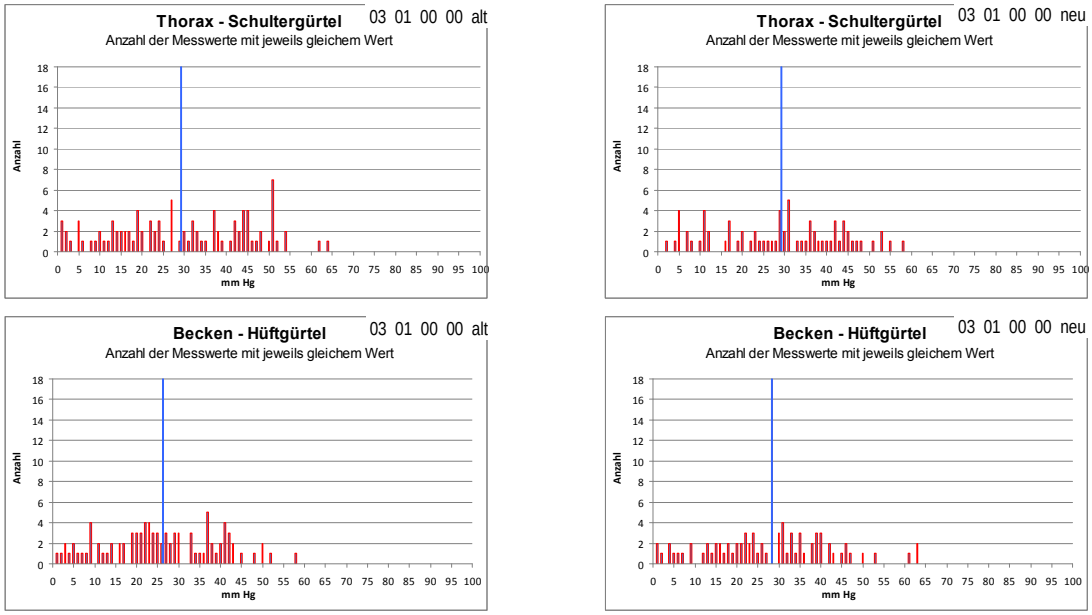


Abbildung 5.2.5-1: Vergleich Latex-Matratze alt – neu

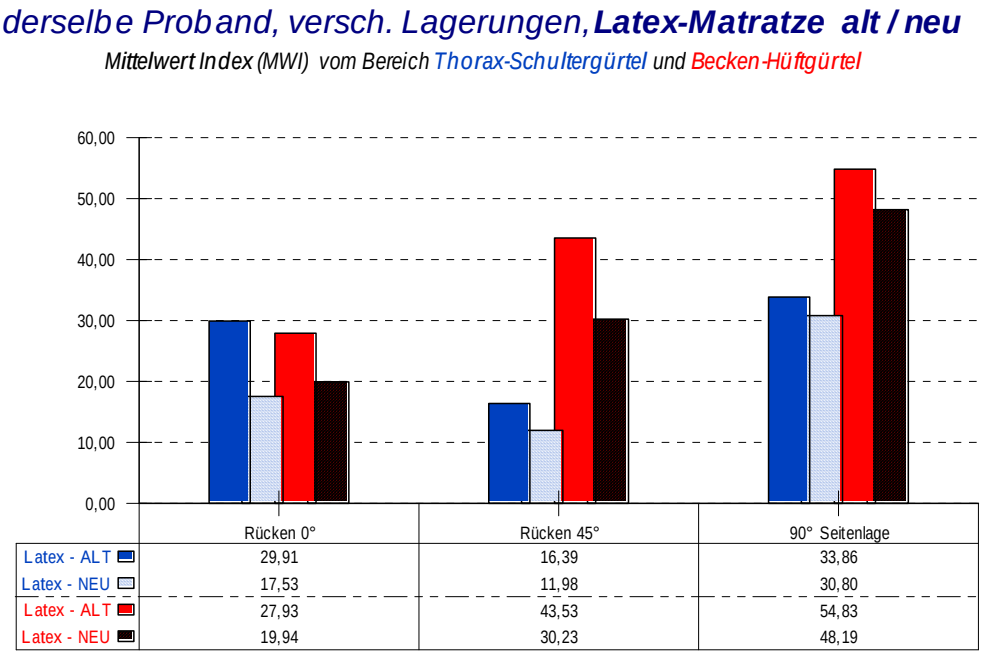


Abbildung 5.2.5-2: Vergleich Latex-Matratze alt – neu; Diagramm

Die Reduzierung der Druckbelastung bei der Matratze neu gegenüber der Matratze alt ist deutlich feststellbar. Die reale Auswirkung der Verminderung der Druckbelastung ist je nach Lagerung etwas unterschiedlich. Zur größten Reduktion kommt es im Thoraxbereich bei “Rücken 0°“ und im Beckenbereich bei “Rücken 45°“ (Thoraxbereich: 100 % → 58,6 %; Beckenbereich: 100 % → 69,5 %).

5.2.6 Matratze mit und ohne Matratzenbezug und Leintuch

Am Beispiel der Matratze “Rhombo Care® prevent“ wird der Einfluss des Matratzenbezuges und eines Leintuches auf die Druckentlastungswirkung dargestellt.
Ohne Bezug und Leintuch ist die gemessene Druckbelastung nachweislich geringer (lediglich in “90° Seitenlage“ ist allerdings im Thorax-Schultergürtelbereich der Druck etwas erhöht, wobei mir die Ursache derzeit nicht erklärbar ist).

Statistische Auswertungen:

Matratzenbezug u. Leintuch	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Rücken 0°	Bereich: Thorax - Schultergürtel									
mit Bezug	30	14,3	7,56	52,87	0,49	0,51	13,87	1,00	0,76	0,30
ohne Bezug	29	13,8	7,24	52,46	0,48	0,51	12,79	1,00	0,79	0,31
Rücken 0°	Bereich: Becken - Hüftgürtel									
mit Bezug	45	18,9	8,97	47,46	0,54	0,65	22,12	0,91	0,57	0,17
ohne Bezug	36	16,5	8,81	53,39	0,52	0,58	18,12	0,93	0,64	0,28
90° Seitenlage	Bereich: Thorax - Schultergürtel									
mit Bezug	51	20,1	12,32	61,29	0,51	0,67	20,62	0,76	0,51	0,28
ohne Bezug	55	20,9	12,84	61,44	0,51	0,65	21,87	0,72	0,51	0,32
90° Seitenlage	Bereich: Becken - Hüftgürtel									
mit Bezug	74	28,0	17,07	60,96	0,54	0,68	33,09	0,58	0,38	0,17
ohne Bezug	78	26,5	14,72	55,55	0,47	0,78	23,71	0,63	0,39	0,14

Tabelle 5.2.6-1: Statistische Auswertungen von Matratze mit und ohne Matratzenbezug und Leintuch

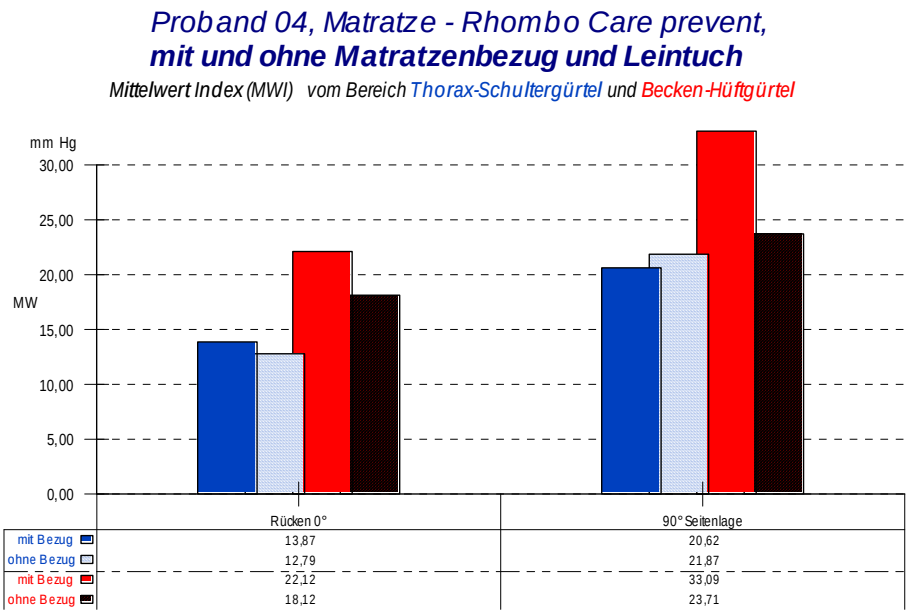


Abbildung 5.2.6-1: Matratze mit und ohne Matratzenbezug und Leintuch

5.2.7 Luftkissenbett - Kammerdruckeinstellung automatisch und manuell

Beim Luftkissenbett KCI TheraPulse wird die Druckeinstellung der Luftkammern üblicherweise mit Voreinstellungen automatisch geregelt. Nicht immer ergibt dies jedoch die bestmögliche Druckentlastung.
Hier erfolgte als Vergleich zur automatischen Regelung während der Auflagedruckmessung die Einstellung manuell. Eine Reduzierung der Druckbelastung konnte erreicht werden.

Statistische Auswertungen:

Druckeinstellung	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Bereich: Thorax - Schultergürtel										
automatisch	41	25,3	7,97	31,50	0,44	0,21	19,68	0,74	0,21	0,08
manuell	44	21,1	8,09	38,34	0,43	0,51	16,23	0,91	0,41	0,11
Bereich: Becken - Hüftgürtel										
automatisch	75	32,5	13,48	41,48	0,55	0,69	39,19	0,47	0,15	0,07
manuell	51	22,9	10,37	45,28	0,52	0,62	25,04	0,79	0,44	0,09

Tabelle 5.2.7-1: Statistische Auswertungen von Luftkissenbett – Einstellung des Kammerdruckes

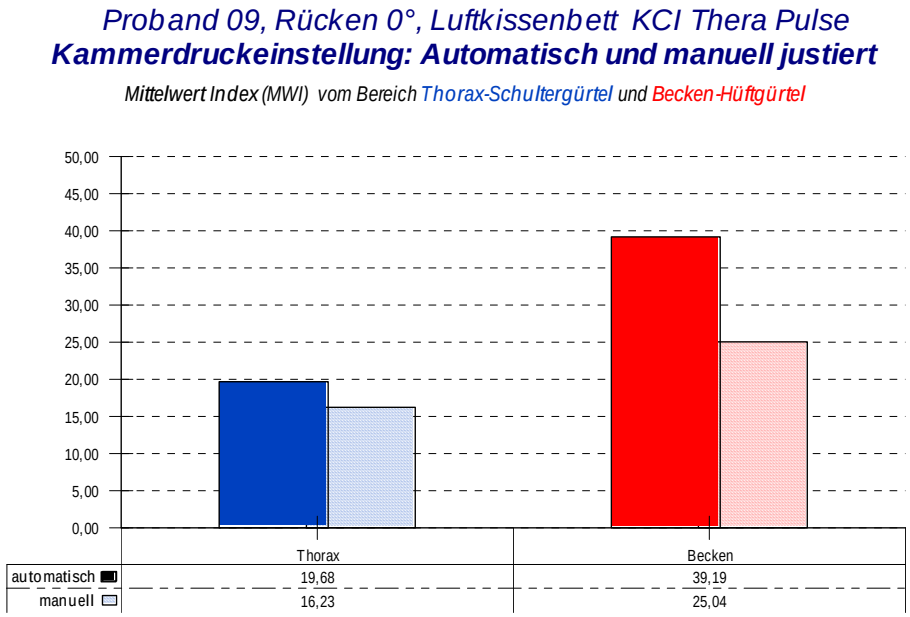
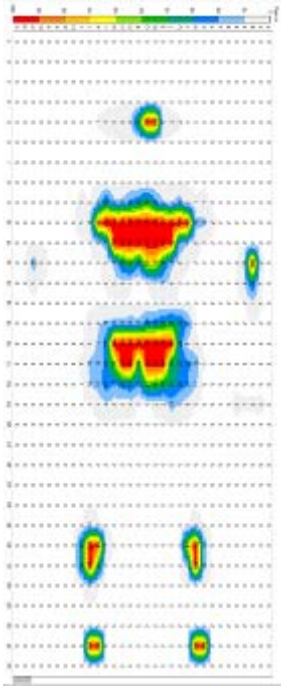


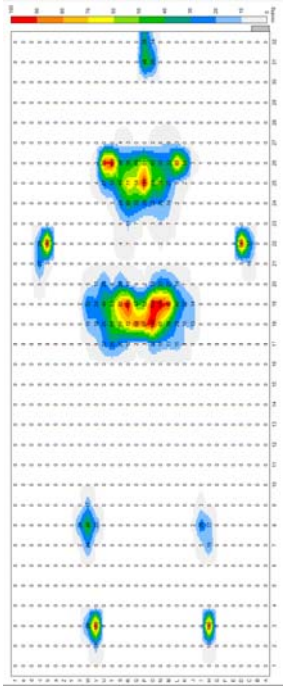
Abbildung 5.2.7-1: Luftkissenbett – Einstellung des Kammerdruckes

5.3 Verschiedene Probanden

5.3.1 Auf harter Unterlage, Rückenlage 0°



Hier handelt es sich um zwei verschiedene Probanden mit annähernd gleichem Körpergewicht. Wirbelsäulenkrümmung und Beckenneigung sind nur einige Faktoren, welche eine enorme Auswirkung auf die Druckbelastung der einzelnen Regionen haben. Selbst wenn ein und derselbe Proband ein weiteres Mal auf der Messmatte liegt, kann beispielsweise durch eine leichte Beckenkippung eine andere Druckverteilung entstehen. Somit bietet jeder Mensch ganz unterschiedliche Bedingungen für eine Druckbelastungsverteilung. Die Annahme eines "Standardmenschen" entspricht nicht der Realität.



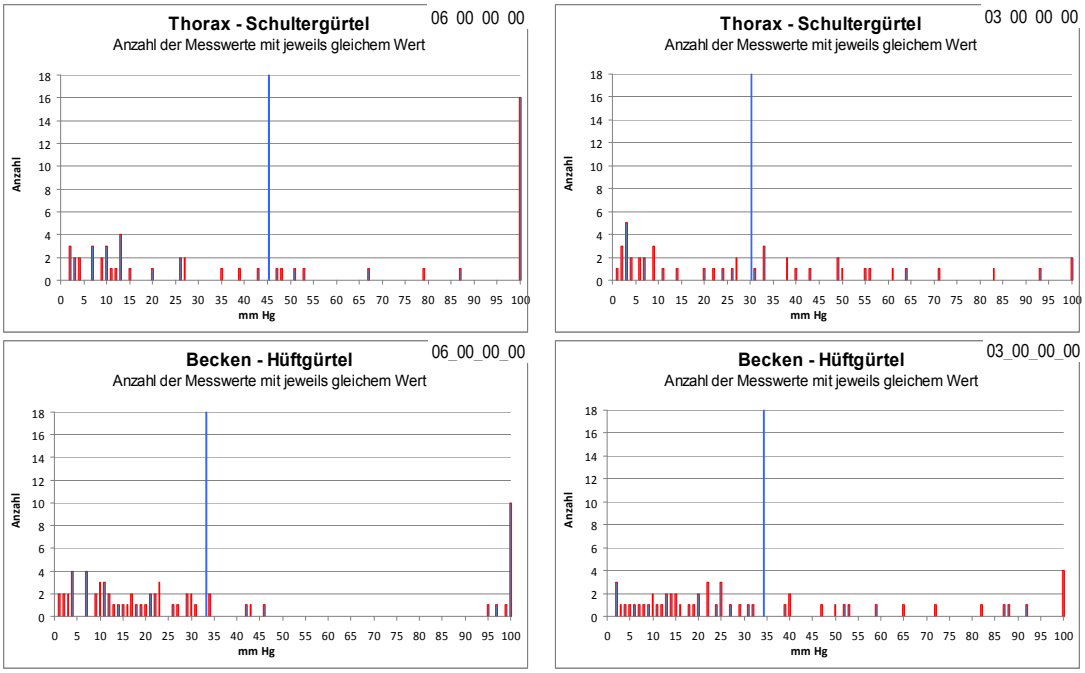


Abbildung 5.3.1-1: Auf harter Unterlage, Rücken 0°

5.3.2 Verschiedene Probanden:
Matratze – Latex, Rückenlage 0°

Bereich: Thorax - Schultergürtel										
BMI / Proband	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
20 / 01	67	28,5	15,20	53,33	0,44	0,61	22,09	0,52	0,32	0,14
22 / 02	49	17,7	12,06	68,14	0,51	0,72	18,39	0,86	0,57	0,37
22 / 03	64	29,3	16,18	55,22	0,51	0,55	29,91	0,52	0,34	0,13
22 / 04	49	16,9	9,88	58,46	0,51	0,77	17,53	0,94	0,60	0,28
23 / 05	43	20,5	10,63	51,85	0,47	0,49	18,27	0,80	0,46	0,21
29 / 07	57	21,7	14,28	65,81	0,51	0,64	22,16	0,64	0,45	0,26
29 / 08	99	38,3	19,3	49,69	0,49	0,73	36,96	0,33	0,21	0,07
33 / 09	97	39,2	16,47	42,02	0,50	0,75	39,20	0,23	0,12	0,04
44 / 10	52	22,1	12,38	56,02	0,47	0,59	19,92	0,70	0,38	0,24

Tabelle 5.3.2-1: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Matratze - Latex, Rückenlage 0°, Bereich Thorax

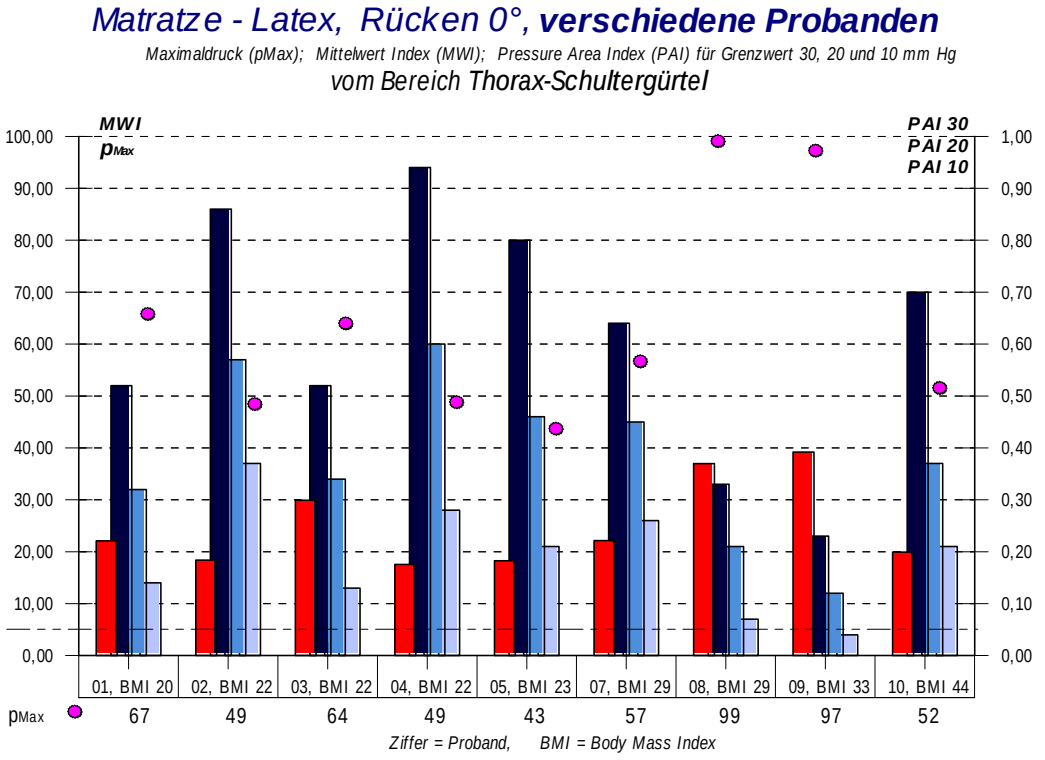


Abbildung 5.3.2-1: Verschiedene Probanden; Matratze - Latex, Rückenlage 0°, Bereich Thorax

Bereich: Becken - Hüftgürtel										
BMI / Proband	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
20 / 01	63	27,5	14,85	54,00	0,51	0,61	29,30	0,55	0,32	0,14
22 / 02	74	24,4	17,85	73,16	0,60	0,74	37,02	0,68	0,56	0,23
22 / 03	58	25,6	13,40	52,34	0,52	0,61	27,93	0,63	0,33	0,16
22 / 04	50	21,6	11,05	51,16	0,48	0,56	19,94	0,77	0,43	0,17
23 / 05	54	26,1	13,51	51,76	0,54	0,56	30,67	0,62	0,40	0,11
29 / 07	56	25,6	14,52	56,72	0,48	0,52	23,89	0,59	0,36	0,21
29 / 08	100	37,4	25,26	67,54	0,61	0,81	59,40	0,51	0,28	0,07
33 / 09	70	32,4	15,97	49,29	00,53	0,60	36,37	0,48	0,27	0,08
44 / 10	60	25,1	12,90	51,39	0,54	0,63	29,01	0,63	0,43	0,11

Tabelle 5.3.2-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Matratze - Latex, Rückenlage 0°, Bereich Becken

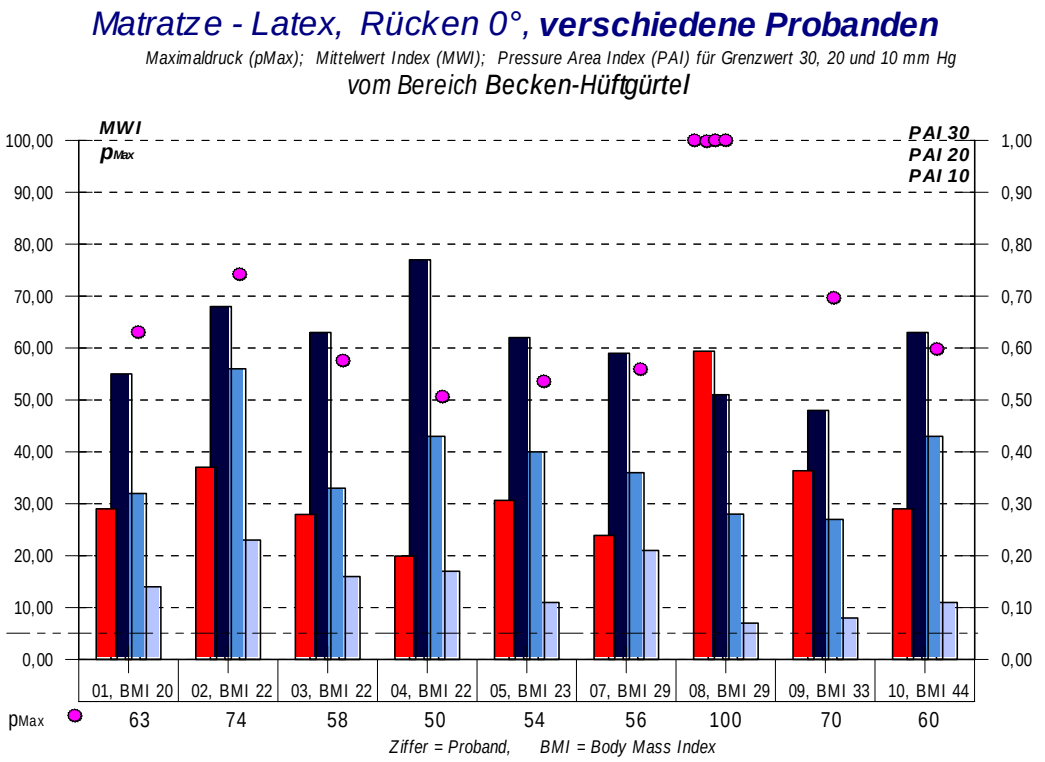


Abbildung 5.3.2-2: Verschiedene Probanden; Matratze - Latex, Rückenlage 0°, Bereich Becken

5.3.3 Verschiedene Probanden:
Matratze – Rhombo Care® prevent, Rückenlage 0°

Bereich: Thorax - Schultergürtel										
BMI / Proband	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
20 / 01	42	20,5	9,65	47,07	0,51	0,55	20,99	0,85	0,51	0,14
22 / 02	58	14,9	10,21	68,52	0,56	0,89	18,81	0,90	0,80	0,41
22 / 03	41	21,3	8,69	40,80	0,45	0,43	17,58	0,83	0,39	0,10
22 / 04	30	14,3	7,56	52,87	0,49	0,51	13,87	1,00	0,76	0,30
23 / 05	32	15,1	8,24	54,57	0,52	0,56	16,50	0,99	0,63	0,33
29 / 07	45	20,4	10,59	51,91	0,50	0,55	20,76	0,80	0,49	0,19
29 / 08	62	28,3	12,40	43,82	0,53	0,60	32,01	0,58	0,26	0,11
33 / 09	74	30,8	12,73	41,33	0,47	0,68	27,52	0,47	0,21	0,07
44 / 10	44	19,8	9,78	49,39	0,50	0,58	19,52	0,82	0,52	0,21

Tabelle 5.3.3-1: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Matratze – Rhombo Care® prevent, Rückenlage 0°, Bereich Thorax

Matratze - Rhombo Care prevent, Rücken 0°, ***verschiedene Probanden***

Maximaldruck (pMax); Mittelwert Index (MWI); Pressure Area Index (PAI) für Grenzwert 30, 20 und 10 mm Hg vom Bereich Thorax-Schultergürtel

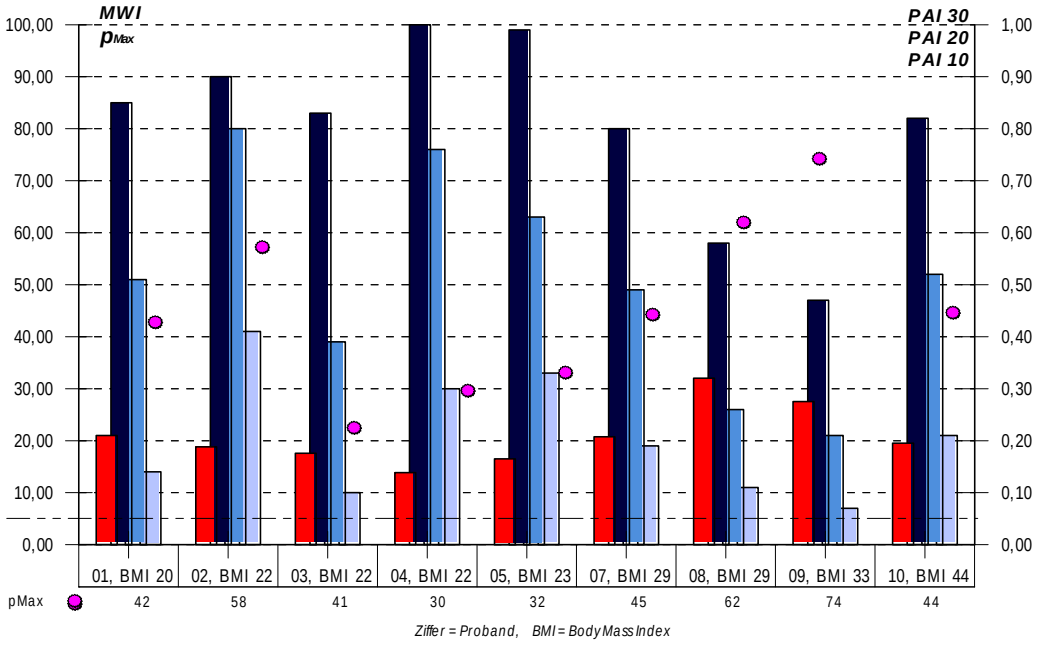


Abbildung 5.3.3-1: Verschiedene Probanden; Matratze – Rhombo Care® prevent, Rückenlage 0°, Bereich Thorax

Bereich: Becken - Hüftgürtel										
BMI / Proband	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
20 / 01	55	23,8	11,83	49,71	0,55	0,69	29,09	0,75	0,39	0,13
22 / 02	73	23,6	15,50	65,68	0,57	0,81	31,47	0,70	0,50	0,19
22 / 03	42	21,0	11,53	54,90	0,46	0,46	17,63	0,74	0,45	0,23
22 / 04	45	18,9	8,97	47,46	0,54	0,64	22,12	0,91	0,57	0,17
23 / 05	49	19,2	11,50	59,90	00,51	0,62	20,21	0,80	0,52	0,32
29 / 07	63	22,6	12,60	55,75	0,55	0,74	27,12	0,71	0,45	0,15
29 / 08	71	28,4	14,33	50,46	0,56	0,73	36,05	0,64	0,34	0,08
33 / 09	68	30,5	13,99	45,87	0,51	0,65	31,52	0,51	0,28	0,07
44 / 10	53	26,7	11,35	42,51	0,50	0,49	26,70	0,62	0,24	0,09

Tabelle 5.3.3-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden;
Matratze – Rhombo Care® prevent, Rückenlage 0°, Bereich Becken

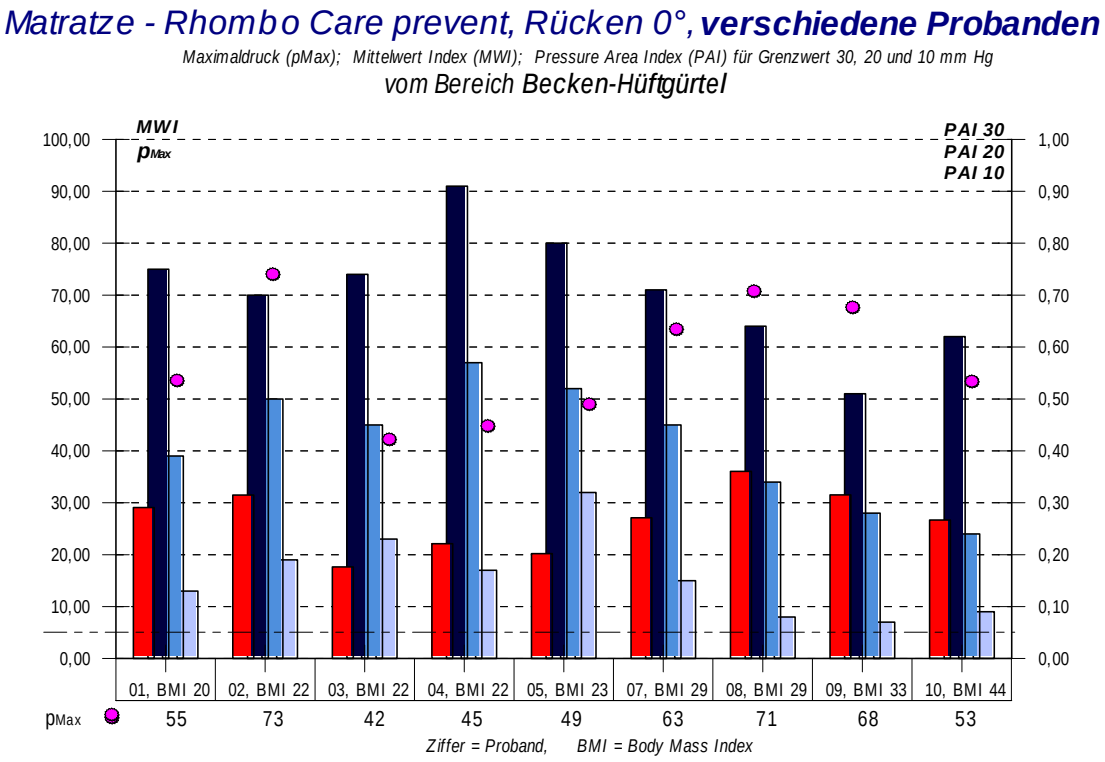


Abbildung 5.3.3-2: Verschiedene Probanden; Matratze – Rhombo Care® prevent, Rückenlage 0°,
Bereich Becken

5.3.4 Verschiedene Probanden:
Matratze – Carital Optima “normal“, Rückenlage 0°

Bereich: Thorax - Schultergürtel										
BMI / Proband	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
20 / 01	36	19,2	8,65	45,05	0,44	0,43	15,28	0,94	0,52	0,22
22 / 02	39	15,7	7,85	50,00	0,53	0,67	17,83	0,96	0,70	0,29
22 / 03	47	17,0	8,98	52,82	0,55	0,81	20,90	0,92	0,68	0,22
22 / 04	28	13,8	6,87	49,78	0,48	0,49	12,84	1,00	0,78	0,33
23 / 05	33	17,7	7,82	44,18	0,47	0,41	15,76	0,94	0,53	0,22
29 / 07	43	19,2	9,07	47,24	0,41	0,50	13,27	0,92	0,43	0,20
29 / 08	46	26,0	10,93	42,04	0,44	0,37	20,80	0,54	0,31	0,12
33 / 09	50	24,8	10,07	40,60	0,43	0,43	18,48	0,70	0,29	0,10
44 / 10	33	19,9	6,95	34,92	0,43	0,31	14,99	0,94	0,43	0,10

Tabelle 5.3.4-1: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden;
Matratze – Carital Optima “normal“, Rückenlage 0°, Bereich Thorax

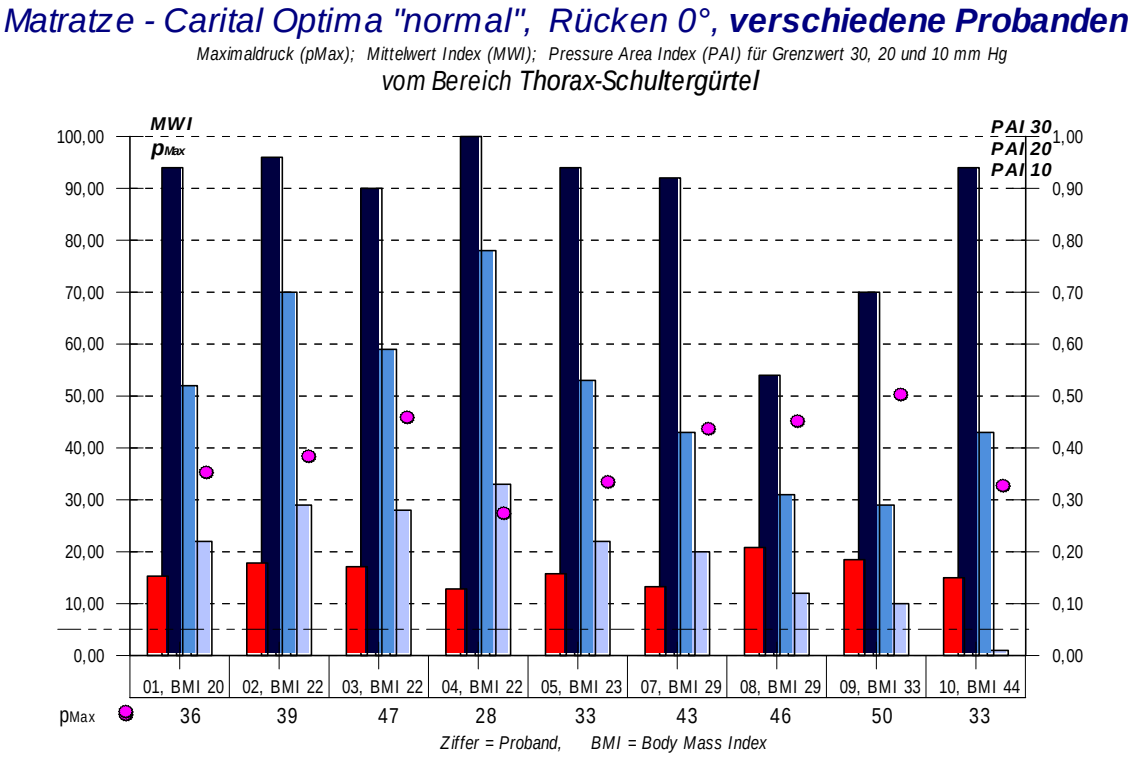


Abbildung 5.3.4-1: Verschiedene Probanden; Matratze – Carital Optima “normal“, Rückenlage 0°,
Bereich Thorax

Bereich: Becken - Hüftgürtel										
BMI / Proband	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
20 / 01	44	25,3	9,88	39,05	0,44	0,33	19,95	0,69	0,25	0,11
22 / 02	64	22,6	10,91	48,27	0,48	0,82	21,22	0,77	0,43	0,17
22 / 03	56	32,0	12,02	37,56	0,39	0,34	20,80	0,36	0,18	0,06
22 / 04	32	19,4	6,46	33,30	0,46	0,25	16,22	0,97	0,47	0,12
23 / 05	45	22,9	11,41	49,83	0,50	0,49	22,90	0,74	0,38	0,14
29 / 07	62	21,7	12,64	58,25	0,51	0,79	22,84	0,78	0,49	0,18
29 / 08	63	29,2	11,62	39,79	0,57	0,61	39,33	0,58	0,20	0,03
33 / 09	44	23,6	8,85	37,50	0,47	0,38	21,34	0,77	0,27	0,09
44 / 10	50	26,9	9,72	36,13	0,46	0,38	23,29	0,61	0,23	0,06

Tabelle 5.3.4-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden;
Matratze – Carital Optima "normal", Rückenlage 0°, Bereich Becken

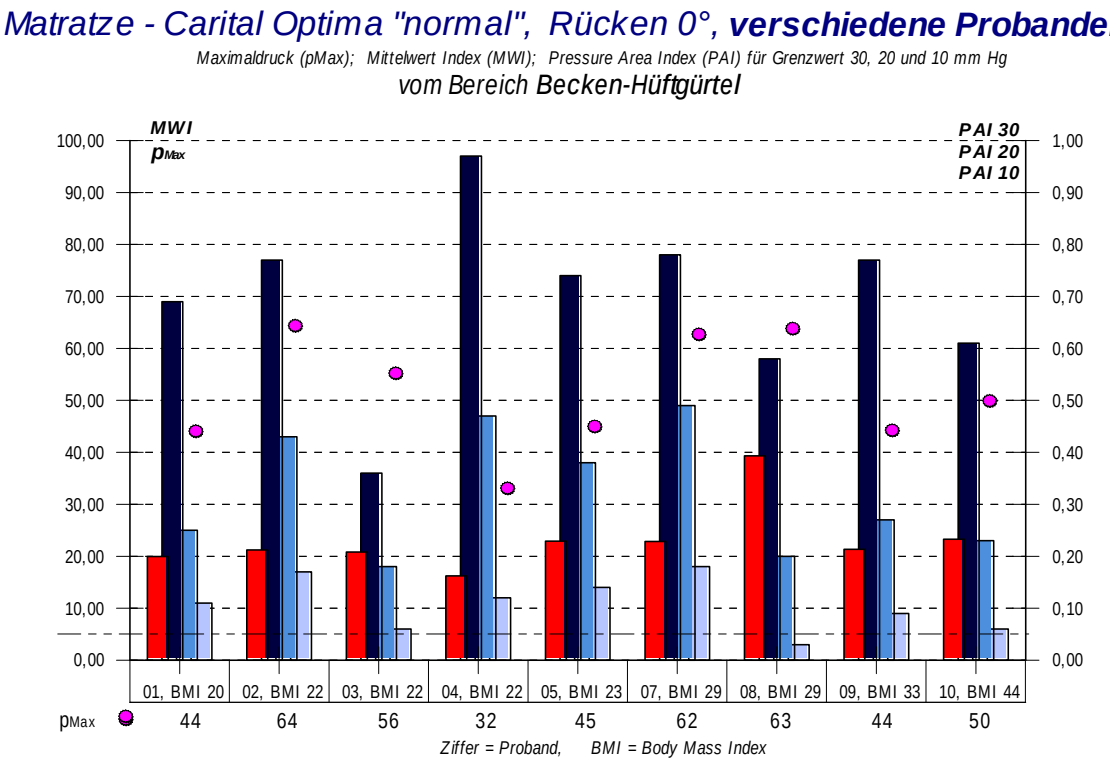


Abbildung 5.3.4-2: Verschiedene Probanden; Matratze – Carital Optima "normal", Rückenlage 0°,
Bereich Becken

5.3.5 Verschiedene Probanden:
Matratze – Carital Optima “Therapie“, Rückenlage 0°

Bereich: Thorax - Schultergürtel										
BMI / Proband	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
20 / 01	32	15,8	7,22	45,70	0,46	0,48	13,22	0,97	0,68	0,21
22 / 02	46	13,7	7,92	57,81	0,53	0,90	15,49	0,96	0,82	0,35
22 / 03	40	18,3	7,32	40,00	0,49	0,58	17,32	0,93	0,58	0,13
22 / 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23 / 05	35	14,6	8,23	56,37	0,51	0,64	15,06	0,97	0,76	0,28
29 / 07	34	17,1	7,43	43,45	0,45	0,45	13,89	0,95	0,65	0,16
29 / 08	62	30,9	11,96	38,71	0,48	0,52	28,50	0,48	0,20	0,06
33 / 09	57	31,6	12,05	38,13	0,42	0,33	23,09	0,36	0,19	0,08
44 / 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 5.3.5-1: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden;
Matratze – Carital Optima “Therapie“, Rückenlage 0°, Bereich Thorax

Matratze - Carital Optima "Therapie", Rücken 0°, ***verschiedene Probanden***

Maximaldruck (pMax); Mittelwert Index (MWI); Pressure Area Index (PAI) für Grenzwert 30, 20 und 10 mm Hg

vom Bereich Thorax-Schultergürtel

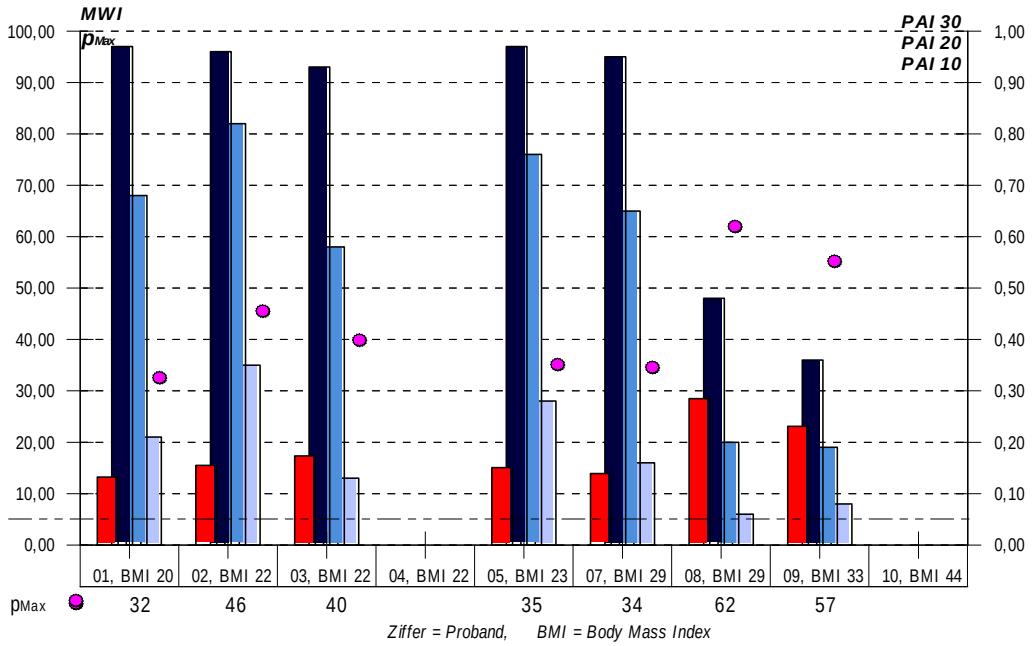


Abbildung 5.3.5-1: Verschiedene Probanden; Matratze – Carital Optima “Therapie“, Rückenlage 0°, Bereich Thorax

Bereich: Becken - Hüftgürtel										
BMI / Proband	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
20 / 01	48	22,0	9,36	42,55	0,47	0,59	19,51	0,82	0,42	0,10
22 / 02	57	18,4	10,71	58,21	0,60	0,82	27,36	0,85	0,63	0,21
22 / 03	53	25,9	12,05	46,53	0,48	0,48	23,67	0,59	0,32	0,12
22 / 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23 / 05	47	19,8	10,22	51,62	0,52	0,67	21,10	0,83	0,52	0,22
29 / 07	63	21,1	13,28	62,94	0,56	0,78	26,90	0,77	0,55	0,24
29 / 08	53	25,2	10,28	40,79	0,50	0,54	25,20	0,72	0,28	0,11
33 / 09	54	28,9	10,91	37,75	0,45	0,39	23,55	0,48	0,20	0,07
44 / 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 5.3.5-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Matratze – Carital Optima "Therapie", Rückenlage 0°, Bereich Becken

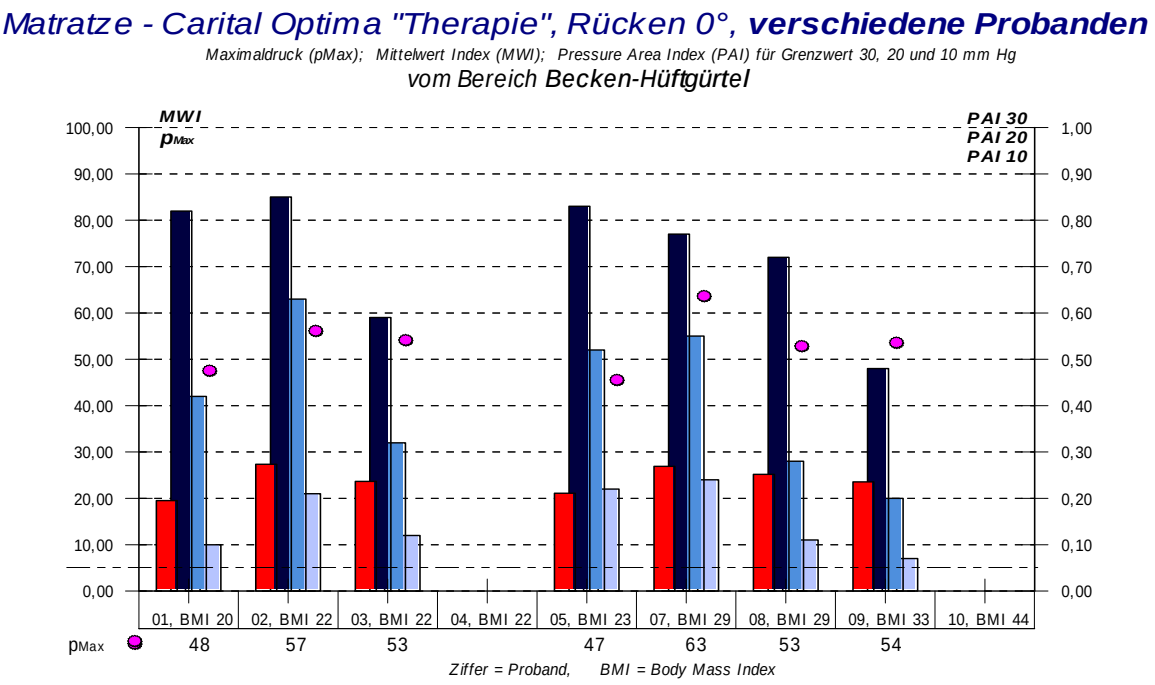


Abbildung 5.3.5-2: Verschiedene Probanden; Matratze – Carital Optima "Therapie", Rückenlage 0°, Bereich Becken

5.3.6 Verschiedene Probanden:
Luftkissenbett KCI TheraPulse, Rückenlage 0°

Bereich: Thorax - Schultergürtel										
BMI / Proband	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
20 / 01	31	6,5	4,81	74,00	0,59	0,95	9,44	0,99	0,99	0,80
22 / 02	39	14,0	6,81	48,64	0,48	0,86	12,76	0,97	0,88	0,25
22 / 03	44	18,7	8,82	47,17	0,49	0,68	18,16	0,91	0,61	0,21
22 / 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23 / 05	26	11,0	5,59	50,82	0,51	0,67	11,52	1,00	0,92	0,44
29 / 07	30	16,0	7,11	44,44	0,45	0,39	13,25	0,99	0,71	0,18
29 / 08	43	19,4	7,63	39,33	0,55	0,64	23,53	0,92	0,61	0,12
33 / 09	41	25,3	7,97	31,50	0,44	0,21	19,68	0,74	0,21	0,08
44 / 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 5.3.6-11: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Luftkissenbett KCI TheraPulse, Rückenlage 0°, Bereich Thorax

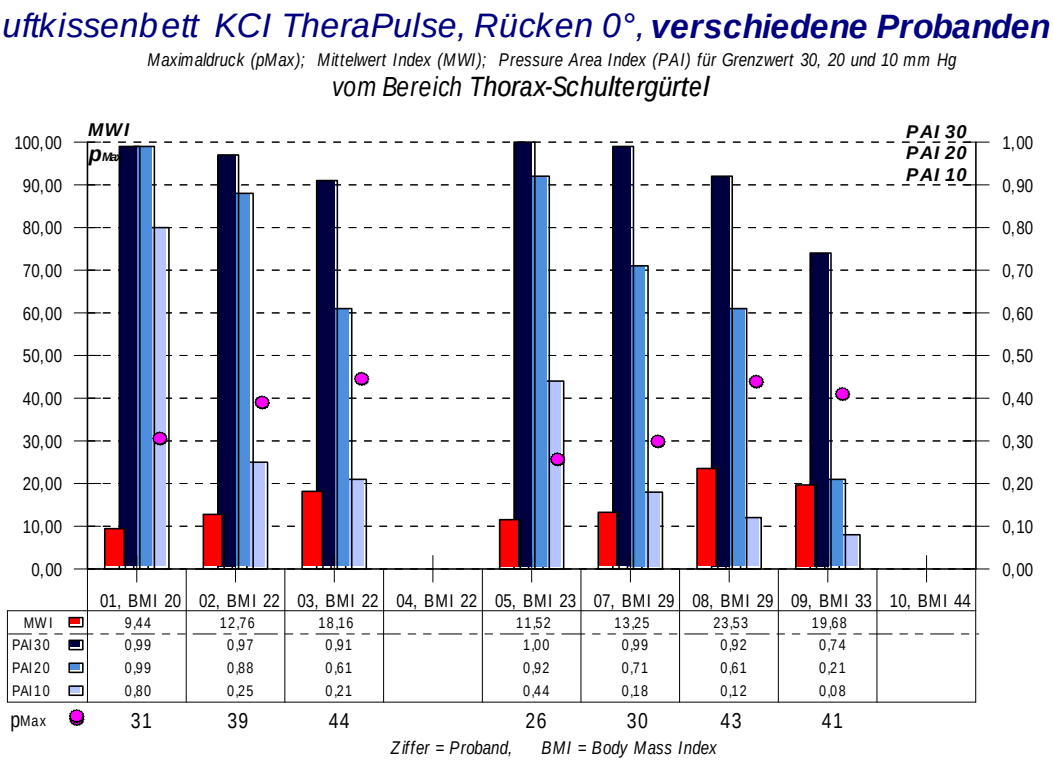


Abbildung 5.3.6-1: Verschiedene Probanden; Luftkissenbett KCI TheraPulse, Rückenlage 0°, Bereich Thorax

Bereich: Becken - Hüftgürtel										
BMI / Proband	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
20 / 01	49	18,7	12,14	64,92	0,55	0,69	22,77	0,80	0,58	0,33
22 / 02	40	16,3	11,21	68,77	0,55	0,64	19,88	0,84	0,64	0,36
22 / 03	52	30,9	11,61	37,57	0,48	0,35	29,05	0,48	0,24	0,02
22 / 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23 / 05	47	18,6	11,05	59,41	0,48	0,66	17,12	0,85	0,54	0,29
29 / 07	56	22,0	13,88	63,09	0,54	0,69	26,29	0,71	0,47	0,24
29 / 08	52	27,1	12,38	45,68	0,48	0,46	24,54	0,55	0,31	0,16
33 / 09	75	32,5	13,48	41,48	0,55	0,69	39,19	0,47	0,15	0,07
44 / 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 5.3.6-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Luftkissenbett KCI TheraPulse, Rückenlage 0°, Bereich Becken

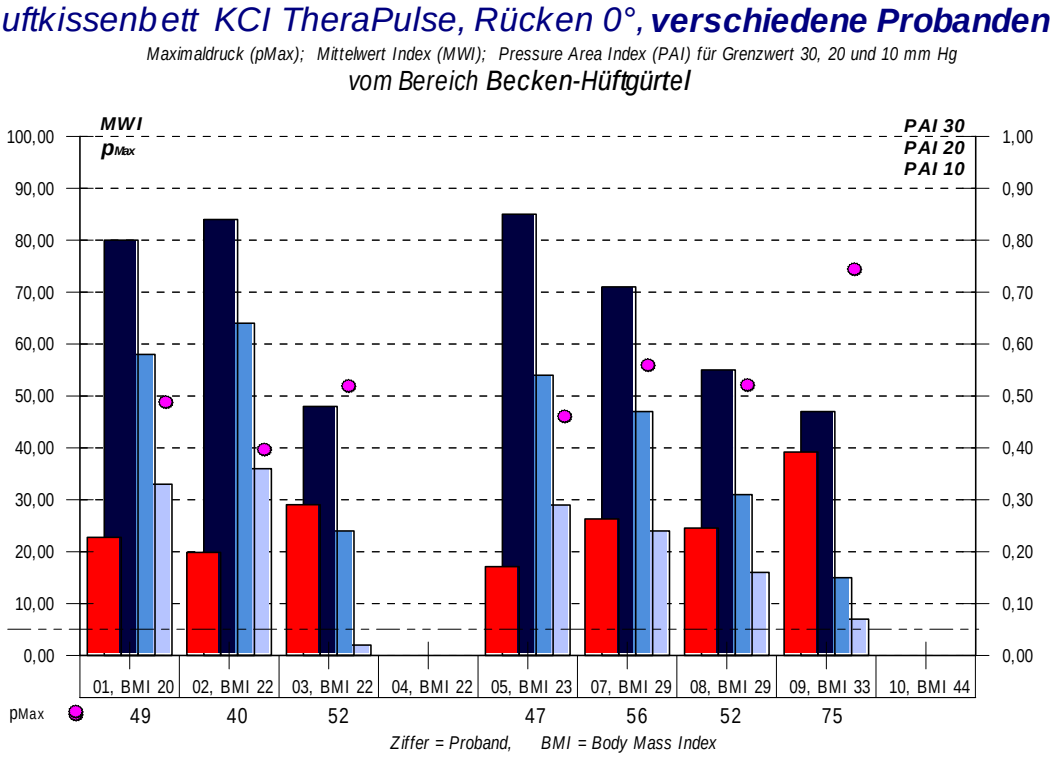


Abbildung 5.3.6-2: Verschiedene Probanden; Luftkissenbett KCI TheraPulse, Rückenlage 0°, Bereich Becken

5.4 Auswirkung der Atmung

Matratze_ Lage_Rückenteil	maximale Ein- /Aus-atmung	p_{Max}	MW	SD	VK	BWI	HWI	MWI	PAI (p30)	PAI (p20)	PAI (p10)
Bereich: Thorax - Schultergürtel											
04_00_00	Ein	51	23,0	11,89	51,70	0,46	0,52	19,84	0,74	0,40	0,18
04_00_00	Aus	63	28,1	15,9	56,58	0,52	0,57	30,54	0,54	0,40	0,14
04_00_45	Ein	58	14,3	9,22	64,48	0,57	0,97	18,93	0,97	0,81	0,33
04_00_45	Aus	64	21,3	12,79	60,05	0,51	0,83	22,39	0,78	0,49	0,26
04_30_00	Ein	31	14,7	6,61	44,97	0,53	0,57	16,88	0,98	0,83	0,24
04_30_00	Aus	55	25,8	12,64	48,99	0,49	0,52	24,97	0,66	0,31	0,16
04_90_00	Ein	69	37,5	18,46	49,23	0,43	0,35	28,38	0,32	0,25	0,12
04_90_00	Aus	81	42,7	21,78	51,01	0,42	0,33	30,66	0,30	0,21	0,12
Bereich: Becken - Hüftgürtel											
04_00_00	Ein	57	25,1	12,87	51,27	0,54	0,63	30,00	0,68	0,34	0,18
04_00_00	Aus	58	25,2	13,02	51,67	0,53	0,63	28,80	0,64	0,37	0,18
04_00_45	Ein	100 x2	35,6	25,12	70,56	0,59	0,75	51,96	0,49	0,33	0,15
04_00_45	Aus	100 x2	36	25,51	70,86	0,59	0,74	52,11	0,48	0,34	0,15
04_30_00	Ein	74	34,2	20,8	60,82	0,47	0,54	30,60	0,43	0,29	0,18
04_30_00	Aus	76	37,1	20,77	55,98	0,47	0,47	33,19	0,42	0,25	0,13
04_90_00	Ein	100 x4	48,2	31,14	64,61	0,57	0,57	63,69	0,35	0,23	0,12
04_90_00	Aus	100 x4	50,5	31,31	62,00	0,55	0,55	62,69	0,31	0,20	0,12

Tabelle 5.4-1: Statistische Auswertung der Auswirkung der Atmung

Es ist deutlich feststellbar, dass sich während des Messverlaufes im Gegensatz zum Beckenbereich die Messparameter im Thoraxbereich ständig etwas auf und ab bewegen. Dies kann wohl der Brustkorbbewegung durch die Atmung zugeordnet werden. Eine bewusste starke Ein- und Ausatmung wirkt sich recht deutlich auf den Auflagedruck aus.

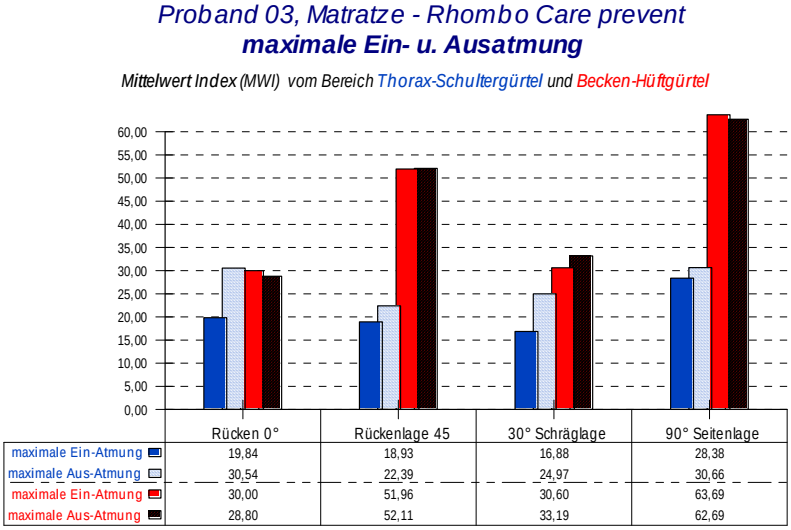


Abbildung 5.4-1: Auswirkung der Atmung

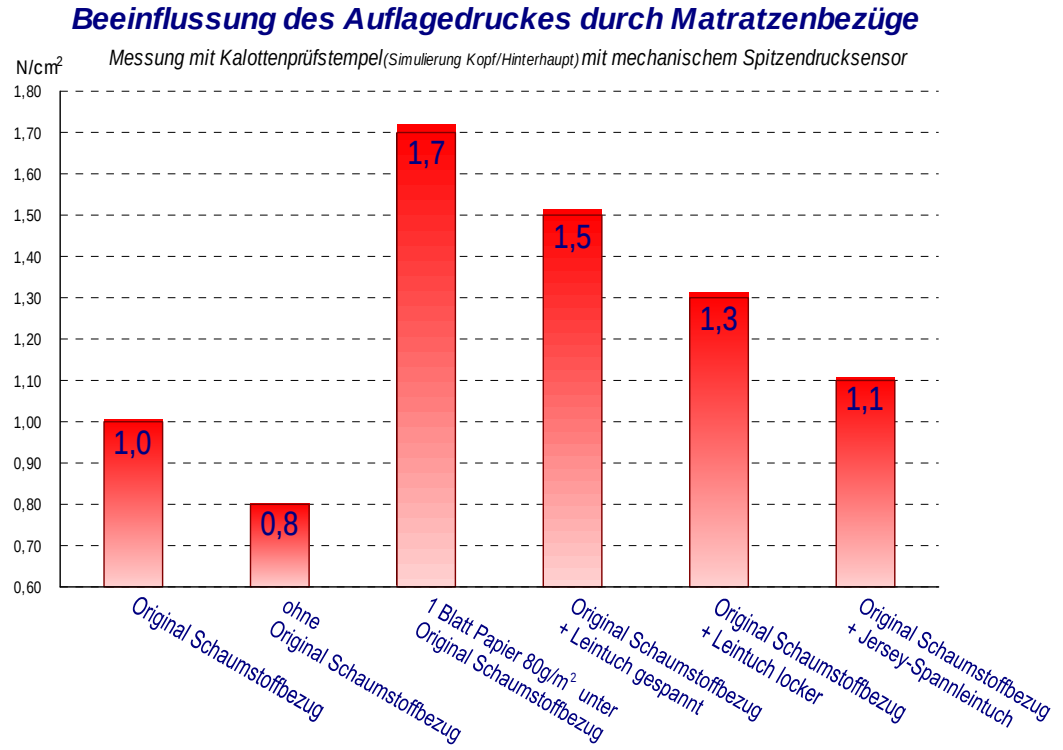
6 Ergebnisse der Spitzendruckmessungen

Die Messungen wurden an einer Rhombo Care® prevent Matratze durchgeführt. Die Positionierung des Kalottenprüfstempels erfolgte jeweils im Matratzenzentrum.

Original Schaumstoffbezug

ohne Original Schaumstoffbezug

1 Blatt Papier 80g/m² unter Original Schaumstoffbezug



Original-Schaumstoffbezug und Leintuch gespannt

Original-Schaumstoffbezug und Leintuch locker

Original-Schaumstoffbezug und Jersey-Spannleintuch

Abbildung 6-1: Beeinflussung des Auflagedruckes durch Matratzenbezüge

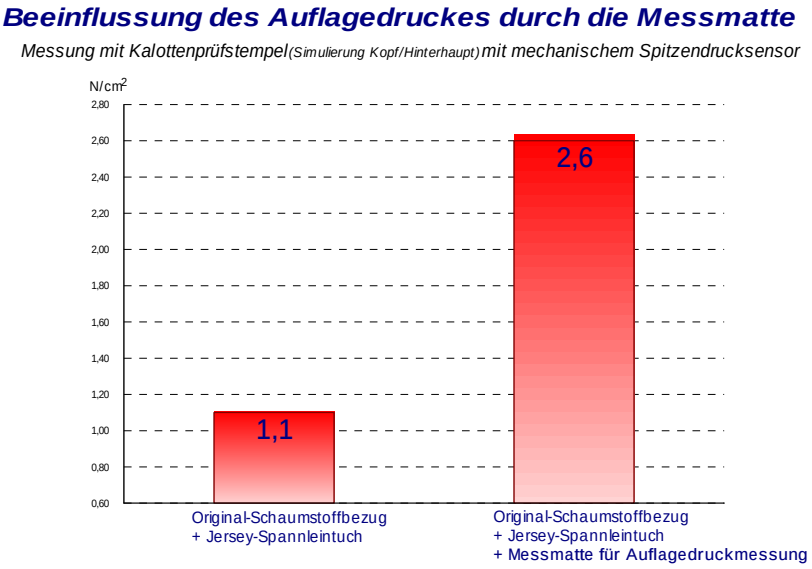


Abbildung 6-2: Beeinflussung des Auflagedruckes durch die Messmatte

Bezogen auf die Situation "Original-Schaumstoffbezug" (= *Original-Matratzenbezug der Rhombo Care® prevent Matratze*) konnten folgende Auswirkungen festgestellt werden:

mit Original-Schaumstoffbezug	1,0 N/cm²	
ohne Original-Schaumstoffbezug	0,8 N/cm²	- 20 %
1 Blatt Papier 80g/m² unter Original-Schaumstoffbezug	1,7 N/cm²	+ 70 %
Original-Schaumstoffbezug und Leintuch gespannt	1,5 N/cm²	+ 50 %
Original-Schaumstoffbezug und Leintuch locker darüber gelegt	1,3 N/cm²	+ 30 %
Original-Schaumstoffbezug und Jersey-Spannleintuch	1,1 N/cm²	+ 10 %
Original-Schaumstoffbezug und Messmatte für Auflagedruckmessung	2,6 N/cm²	+ 260 %

Tabelle 6-1: Spitzendruckmessung Matratzenbezüge

7 Erkenntnisse und Empfehlungen

7.1 Statistische Kennwerte

Aus der Auswertung der durchgeführten Messungen kristallisierten sich für die Praxis drei relevante Kenngrößen heraus:

- **Maximaldruck** *(p_{MAX})*
- **Mittelwert Index** *(MWI)*
- **Pressure Area Index** *(PAI),* mit den Grenzwerten 10, 20 und 30 mmHg (p_{Grenz}; z.B. p_{10}, p_{20}, p_{30})

Mit dem p_{MAX} wird der höchste gemessene Druckwert dargestellt.

Der *MWI* berücksichtigt als Quotient die Sensorenanzahl mit Messwert > MW (= Mittelwert) durch die Sensorenanzahl mit Messwert < MW und auch direkt den Mittelwert.

Der *PAI* - p_{Grenz} gibt den prozentuellen Anteil der getriggerten Sensoren an, die einen kleineren Wert als einen festgelegten Grenzwert aufweisen.

Es gibt keine einheitlichen Standards bezüglich des Studiendesigns und der Messsysteme. Gemessene nummerische Druckwerte können daher nicht mit Messdaten, welche mit einem anderen Messsystem erfasst wurden, verglichen werden. Daher kann nur durch den Vergleich von Messdaten, welche in anderen Studien mit gleichem Studiendesign und gleichem Messmittel gewonnen worden sind, eine Aussage über eine höhere oder geringere Druckbelastung gemacht werden.

Empfehlungen
Wünschenswert wäre es, wenn mit der Software des Messsystems die für eine Ziel führende statistische Auswertung erforderlichen Schritte und Berechnungen direkt möglich wären. Dies sind beispielsweise:

- Auswahl von denjenigen Messsequenzen (von – bis), welche aus der gesamten Messserie für die Auswertung relevant sind, und Durchführung einer Datenverdichtung;
- Definition (Markierung) von mehreren “Regions of Interest“ (ROI);
- zu den bereits üblicherweise vorhandenen statistischen Berechnungen noch die Aufnahme der Kennwerte Mittelwertindex (MWI) und Pressure Area Index (PAI) mit den Grenzwerten 10, 20 und 30 mmHg;
- eine grafische Darstellung der Anzahl der Messwerte mit jeweils gleichem Wert.

7.2 Patientenkonstitution

Dass die Patientenkonstitution eine maßgebliche Auswirkung auf den Auflagedruck hat, konnte deutlich dargestellt werden.

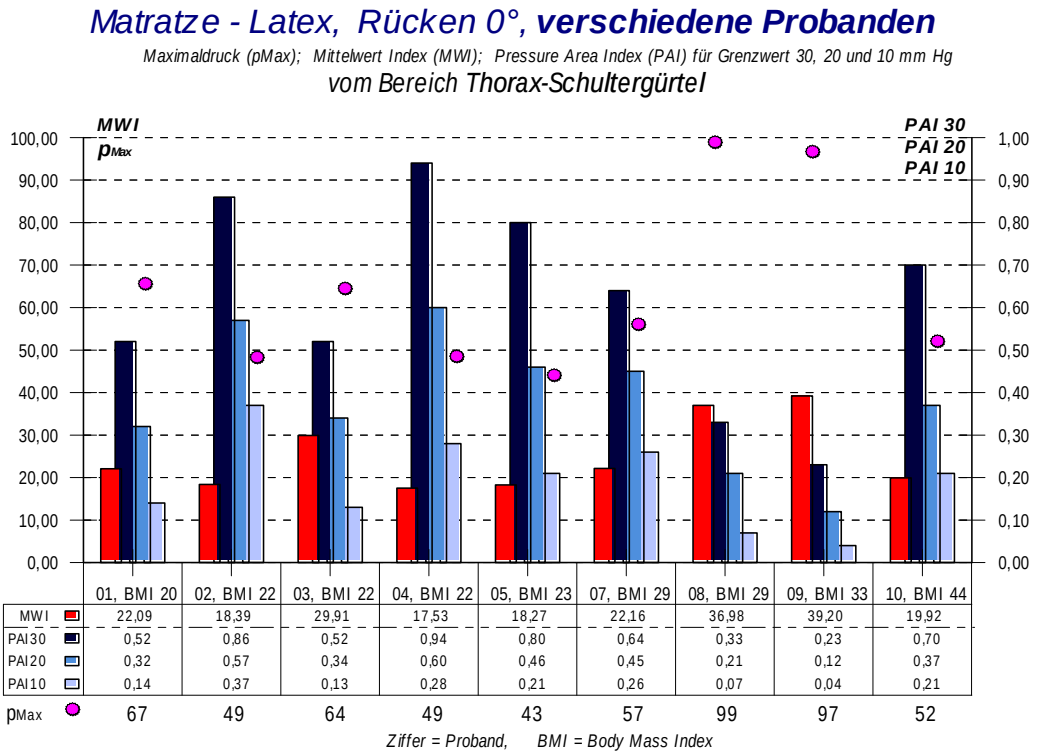


Abbildung 7.2-1: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Probanden; Matratze-Latex, Rückenlage 0°

Das Auflagemuster auf einer Unterlage ist nicht bei jedem Menschen gleich. Beeinflussende Faktoren wie beispielsweise die Wirbelsäule (Gibbus, Skoliose etc.) und das Becken (Neigung, Kippung etc.) spielen dabei eine sehr große Rolle. Somit ergeben sich individuelle Unterschiede bei der Druckverteilung des Körpergewichtes.

Bei Körperregionen, an denen zwischen Haut und Knochen kaum schützende – polsternde – Gewebeanteile vorhanden sind, kommt es beim Kontakt mit einer Auflagefläche zu teils sehr hohen lokalen Druckeinwirkungen. Typische Bereiche dafür sind z.B. die Regionen Kreuzbein, Sitzbein, Trochanter, Fersenbein, Außenknöchel etc.
Ein kachektischer Mensch hat zwar ein geringes Körpergewicht, aber auch viele Körperstellen mit wenig Gewebeschutz zwischen Knochen und Haut. So verteilt sich das geringe Körpergewicht auf den hervor stehenden Knochenanteil, was teils eine sehr hohe punktuelle Druckbelastung bewirkt. Ein adipöser Mensch hat hingegen zwar ein hohes Körpergewicht, jedoch auch eine viel höhere Körperkontaktfläche und kaum hervor stehende

Knochenbereiche. Dadurch kommt es großteils auch zu einer gleichmäßigeren Auflagedruckverteilung.

Zwischen den Bereichen Thorax-Schultergürtel und Becken-Hüftgürtel ist ein deutlicher Unterschied in der Auflagedruckbelastung fest zu stellen. Im Beckenbereich sind die Druckwerte deutlich höher als im Thoraxbereich und können je nach Lagerungsposition mehr als das Doppelte betragen.

Ohne bewusste Körperbewegung bleibt während der Liegezeit im Beckenbereich der Auflagedruck fast unverändert, hingegen ist im Thoraxbereich durch die Brustkorbbewegungen bei der Atmung ein dynamischer Druckverlauf gegeben.

Empfehlungen

Da es zur Dekubitusrisikoeinschätzung nicht "das" Assessmentinstrument gibt, trifft der Leitsatz von Braden *„Nicht die Skalen beugen dem Dekubitus vor, sondern die Pflegenden."* (Lubatsch, 2004, 117) sehr gut die Situation.

Es sollte bei immobilen Patienten eine Inspektion der Haut mit einem fachkritischen Auge erfolgen, und zwar am Beginn oder bei Änderung des Patientenzustandes in kürzeren Zeitintervallen, welche aber in der Folge ausgedehnt werden können. Was unter "kürzer" zu verstehen ist, ist wiederum sehr individuell; dies kann unter Umständen auch viertel- oder halbstündlich bedeuten.

Body Mass Index

Die Vermutung, dass eventuell der Body Mass Index eine Aussage über das Druckbelastungsrisiko erlauben könnte, hat sich nicht bestätigt.

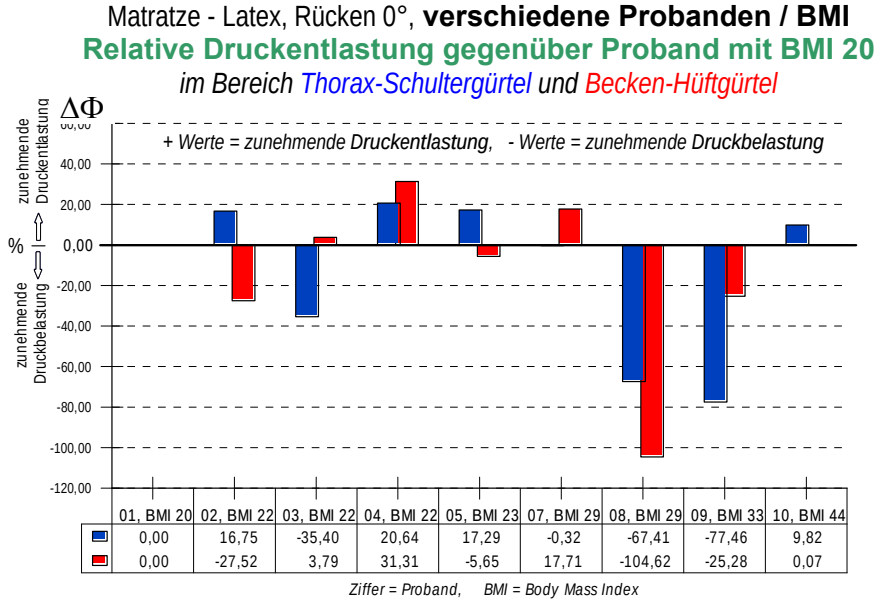


Abbildung 7.2-2: Relative Druckentlastung; verschiedene Probanden, BMI, Rückenlage 0°

Matratze - Rhombo Care® prevent, Rücken 0°, **verschiedene Probanden / BMI**

Relative Druckentlastung gegenüber Proband mit BMI 20

im Bereich Thorax-Schultergürtel und Becken-Hüftgürtel

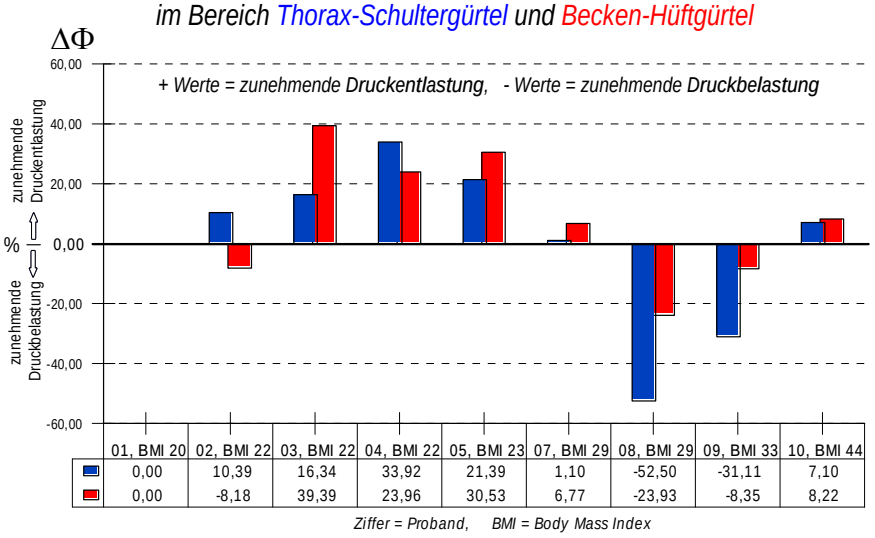
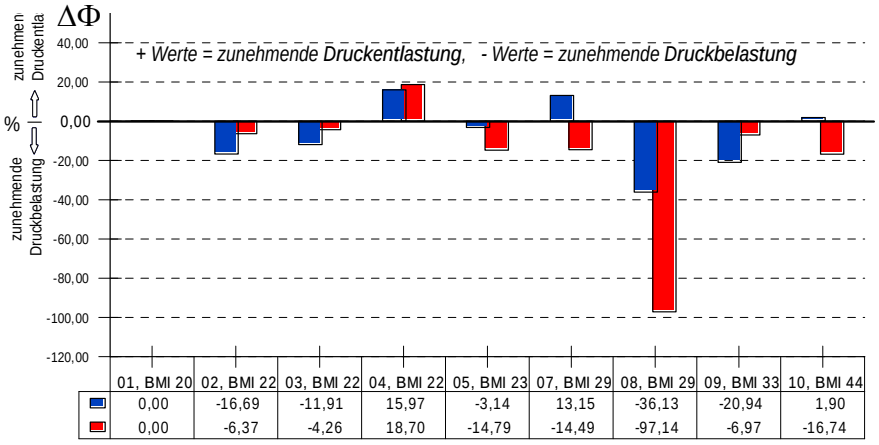


Abbildung 7.2-3: Relative Druckentlastung; verschiedne Probanden, BMI, verschiedene Matratzen; Rückenlage 0°

Matratze – Carital Optima_normal, Rücken 0°, **verschiedene Probanden / BMI**

Relative Druckentlastung gegenüber Proband mit BMI 20

im Bereich Thorax-Schultergürtel und Becken-Hüftgürtel



Beim Proband 08 muss demnach die deutliche Zunahme der Druckbelastung eine andere Ursache haben *(Querschnittgelähmter Proband; andere Körperproportionsverteilung als mögliche Ursache ?)*.

7.3 Patientenlagerungspositionen

Die verschiedenen Patientenlagerungspositionen haben eine sehr große Auswirkung auf den Auflagedruck. Dabei ist die Dimension der Auswirkung im Bereich Thorax-Schultergürtel eine ganz andere als im Bereich Becken-Hüftgürtel. Gegenüber der Lagerposition “Rücken 0°“ ist bei der Position “Rücken 45°“ sehr eindrucksvoll die Zunahme der Druckbelastung im Bereich Becken-Hüftgürtel und die Abnahme der Druckbelastung im Bereich Thorax-Schultergürtel zu sehen. In der “90° Seitenlage“ kommt es zu einer äußerst hohen Zunahme der Druckbelastung im Bereich Becken-Hüftgürtel sowie zu einer weniger ausgeprägten Zunahme im Bereich Thorax-Schultergürtel. Die “30° Schräglage“ bewirkt im Bereich Becken-Hüftgürtel gegenüber der Position “Rücken 0°“ immer eine Erhöhung der Druckbelastung, welche aber nie so ausgeprägt ist wie bei der “90° Seitenlage“.

Auf die Ausprägung der Unterschiede hat aber auch das verwendete Matratzensystem einen Einfluss.

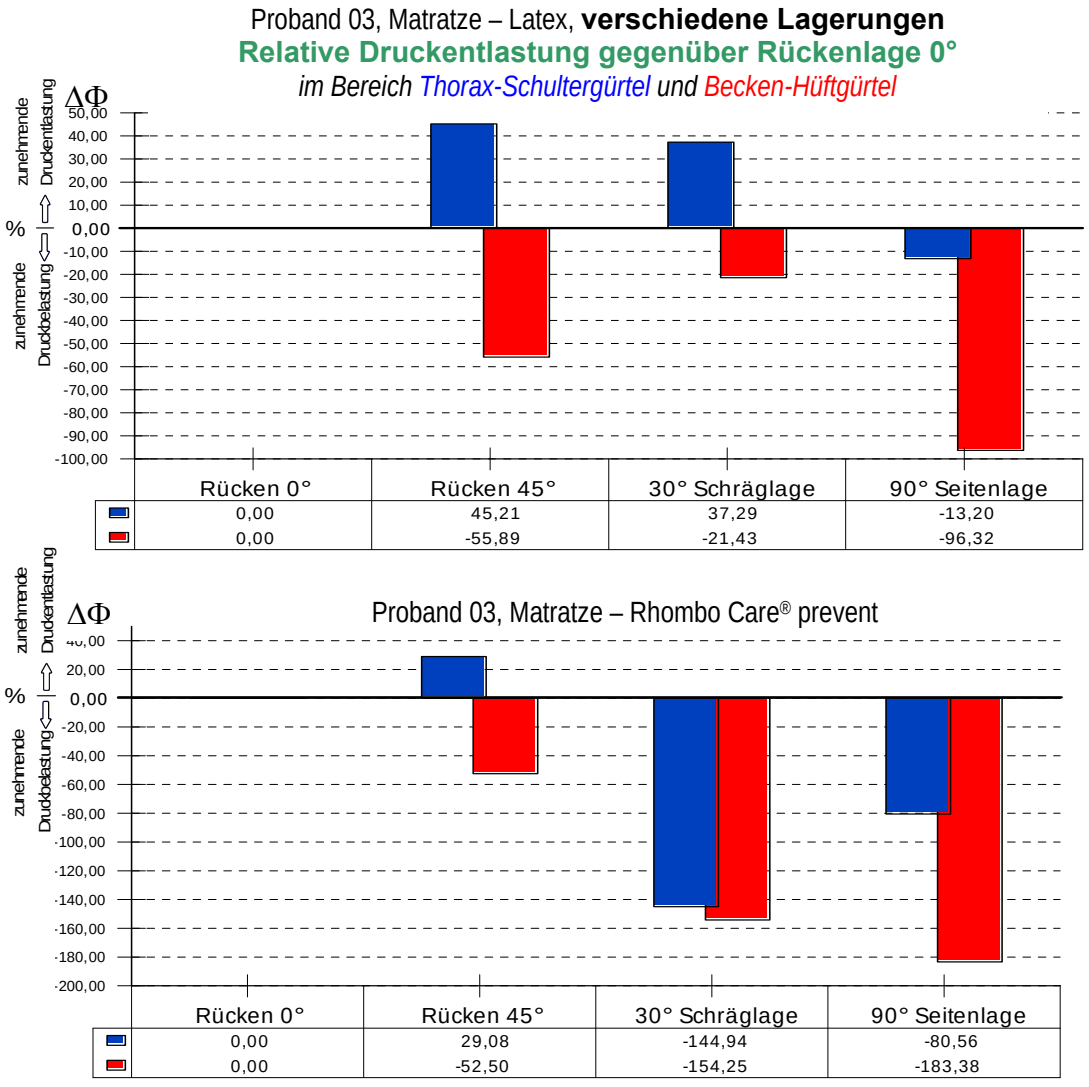


Abbildung 7.3.-1: Relative Druckentlastung; verschiedene Lagerungen, BMI, verschiedene Matratzen; Rückenlage 0°

Empfehlungen

- Bei der Position “Rücken 45°“ ist zu bedenken, dass es im Beckenbereich zu einer Erhöhung der Druckbelastung kommt. Eine vermehrte Sichtkontrolle der Hautregionen ist erforderlich.
- Die “90° Seitenlage“ sollte wegen der enormen Steigerung der Druckbelastung – speziell punktuelle Extremdruckbelastungen im Bereich des Trochanter major – nicht mehr als “Standardlagerung“ angewandt werden. Falls aus medizinischer Notwendigkeit diese Lagerungsposition aber eingenommen werden muss, sind Hautkontrollen in kurzen Zeitintervallen unumgänglich.
- Für die erforderlichen Lagerungswechsel bietet sich die “30° Schräglage“ an. Der Lagewechselturnus könnte sein: 30° Schräglage auf linker Seite – Rückenlage – 30° Schräglage auf rechter Seite – Rückenlage – usw.

7.4 Matratzensysteme

Die verschiedenen Matratzensysteme haben eine sehr große Auswirkung auf den Auflagedruck. Dabei ist die Dimension der Auswirkung im Bereich Thorax-Schultergürtel in Abhängigkeit von der eingesetzten Matratze eine ganz andere als im Bereich Becken-Hüftgürtel.

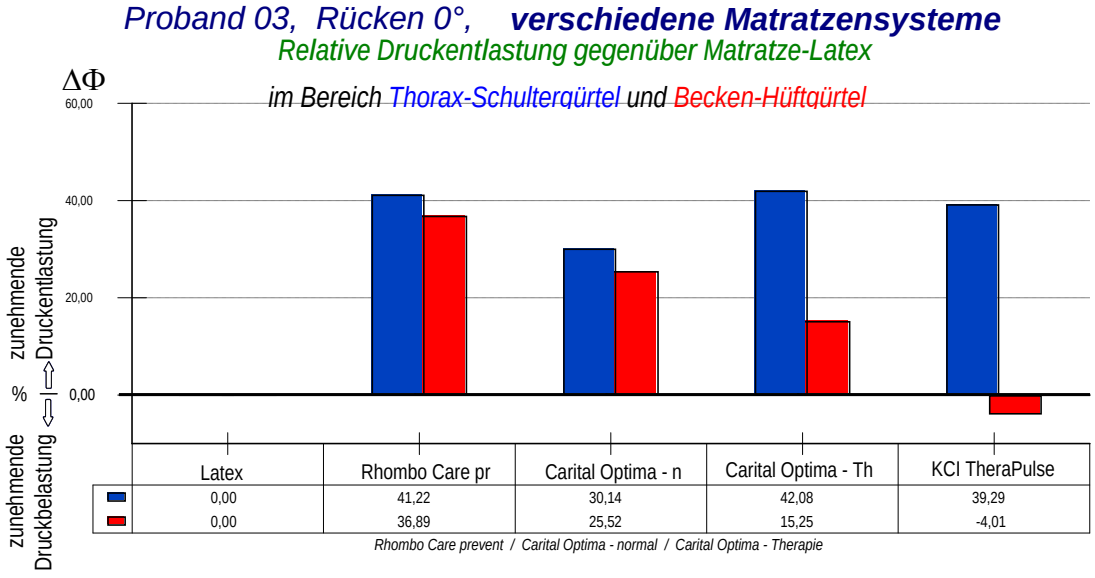


Abbildung: 7.4-1 Relative Druckentlastung; Verschiedene Matratzensystem

So ist beispielsweise gegenüber der Latex Matratze bei der Matratze Rhombo Care® prevent eine im Thorax- und Beckenbereich fast gleich hohe Druckentlastung feststellbar. Hingegen bewirkt das Luftkissenbett KCI

TheraPulse in diesem Fall im Thoraxbereich wohl eine annähernd gleiche Druckentlastung wie die Matratze Rhombo Care® prevent, im Beckenbereich hingegen sogar gegenüber der Latex Matratze eine leichte Zunahme der Druckbelastung.

Die Ausprägung der Unterschiede ist aber auch noch stark von der Lagerungsposition des Probanden abhängig. So bewirkt beispielsweise hier die Lagerung mit um 45° erhöhtem Rückenteil beim Luftkissenbett KCI TheraPulse sowohl im Thorax- als auch im Beckenbereich gegenüber der Latex Matratze eine Druckerhöhung.

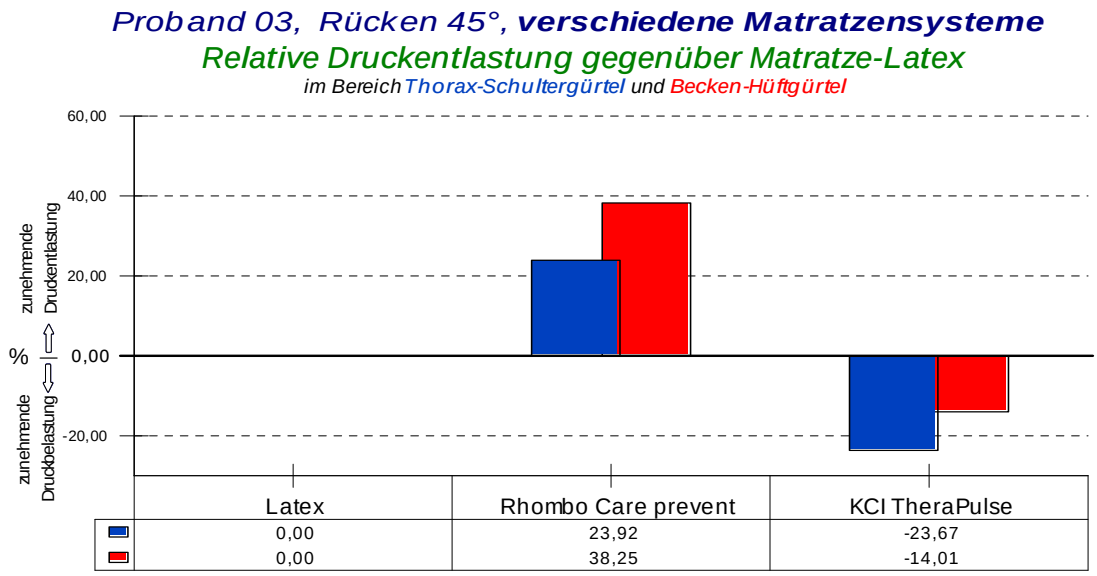


Abbildung: 7.4-2: Relative Druckentlastung; Verschiedene Matratzensysteme

Matratzen Alterung

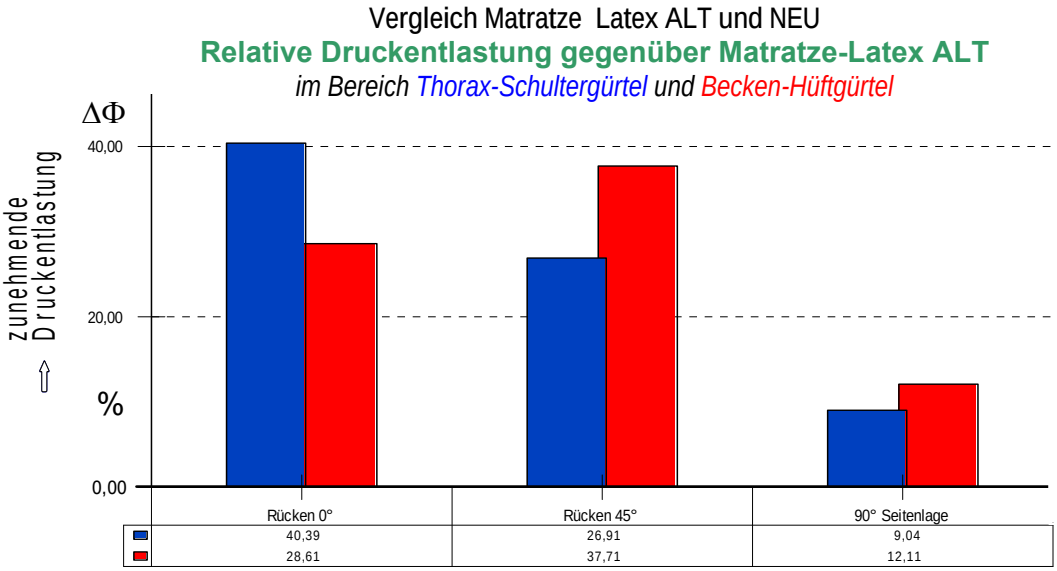


Abbildung: 7.4-2 Relative Druckentlastung; Matratze alt - neu

Bei Schaumstoff- und Latexmatratzen verändert sich im Laufe der Zeit die Stauchfestigkeit und Elastizität. Man kann hier auch von einer "Matratzen-Alterung" sprechen. Die Auswirkung in der Praxis ist eine Reduzierung der Druckentlastungseigenschaften. Das Ausmaß dieses nicht erwünschten Effektes ist von mehreren Einflussfaktoren wie beispielsweise von häufiger Einwirkung hoher Temperaturen oder Desinfektionsmittel, häufiger Nutzung – was ja im Krankenhaus der Normalfall ist – oder von lang anhaltenden großen Druckbelastungen (mitunter konzentriert auf kleinere Areale) abhängig. Aber auch ohne Nutzung reduziert sich über Jahre hinweg der Druckentlastungseffekt.

Empfehlungen

- Es ist sicherlich sinnvoll, ein überschaubares Sortiment an verschiedenen Matratzensystemen zu verwenden.
- Im Rehabilitationszentrum Häring haben wir schon über mehrere Jahre ein 4-Stufenkonzept in Anwendung, welches sich bis jetzt auch bewährt hat. Als Standardmatratze verwenden wir eine Stiftlatexmatratze mit einer Höhe von 12 cm. Bei einem bestehenden Dekubitusrisiko setzen wir eine Weichlagerungs-Schaumstoffmatratze ein – Rhombo Care® prevent. Bei einem bereits bestehenden Dekubitus verwenden wir die Luftzellenmatratze Carital Optima. Nur bei speziellen Dekubitussituationen bzw. postoperativ kommt ein Luftkissenbett zum Einsatz.
- Bei Latex- bzw. Schaumstoffmatratzen sollte unbedingt routinemäßig kontrolliert werden, ob die geforderte Elastizität noch ausreichend gegeben ist. Dies kann mit der flachen Hand und mit leichtem Druck erfolgen. Wichtig dabei ist aber, die gesamte Matratzenfläche zu prüfen. Eine Verminderung der Elastizität und Stauchfestigkeit tritt vorwiegend im Bereich der Hauptbelastungszonen auf. Eine fehlende Kontrolle birgt die große Gefahr einer Scheinsicherheit.

7.5 Matratzenüberzüge

Alles, was zwischen der Matratze und dem Patienten liegt, bewirkt eine Reduzierung des Druckentlastungseffektes der Matratze.
Es ist unsinnig, ein sehr kostspieliges Druckentlastungssystem einzusetzen und dann die Vorteile durch die Auflage verschiedener Materialien zu minimieren oder sogar statt einer Druckreduzierung eine Druckerhöhung zu provozieren. Die Verwendung eines Inkontinenzschutzes reduziert selbstverständlich auch die druckentlastende Wirkung durch die Matratze. Weiters ist beim Inkontinenzschutz (Matratzen-Schutzüberzug) zu beachten,

dass dieser durch das häufige Waschen seine Elastizität verliert und sogar eine gewisse Steifheit erhalten kann. Es kann dadurch ohne Weiteres der gleiche Effekt entstehen wie bei der Messung mit einem Blatt Papier unter dem Original-Matratzenbezug.

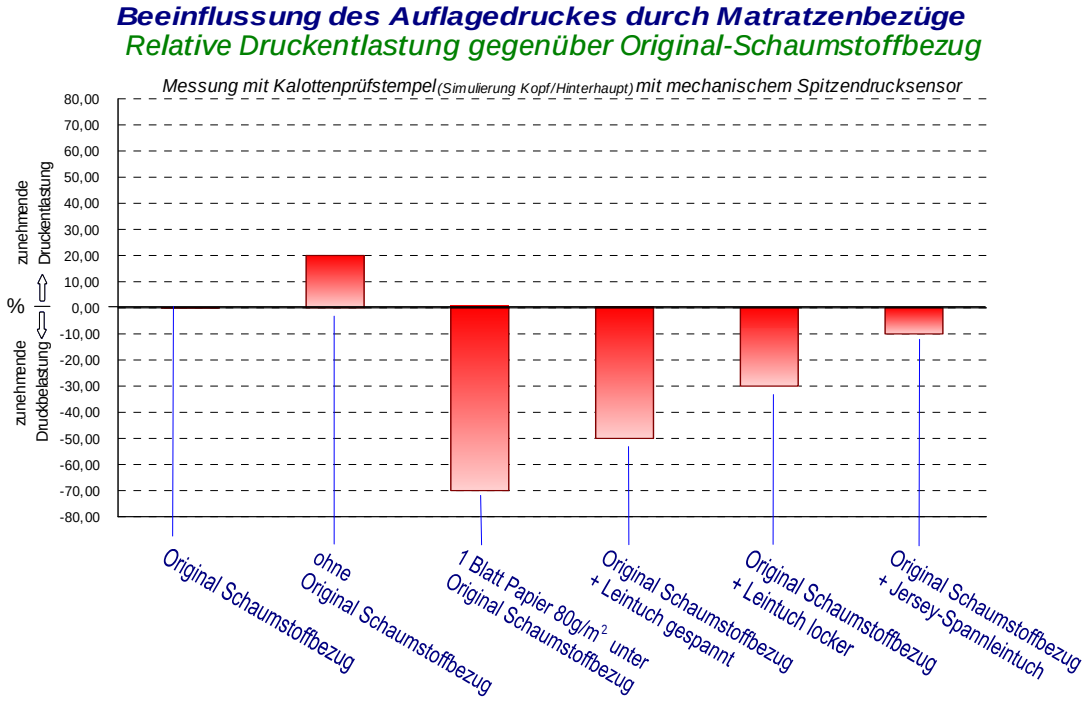


Abbildung 7.5-1.: Beeinflussung des Auflagedruckes durch Matratzenbezüge

Empfehlungen

- Alles, was nicht unbedingt unter den Patienten gelegt werden muss, soll auch nicht dort hin kommen!
- Falls aus pflegerelevanten Gründen Materialien unter den Patienten gelegt werden müssen, ist zu berücksichtigen, dass es zu einer Reduzierung des Druckentlastungseffektes in einem wahrscheinlich nicht bekannten Ausmaß kommt. Die Konsequenz muss eine vermehrte Hautkontrolle sein!
- Kein normal gewebtes Leintuch über die Matratze spannen – nur darüber legen!
- Die Verwendung eines Jersey-Spannleintuches ist empfehlenswert!
- Den Matratzen-Schutzüberzug (Inkontinenzschutz) dahingehend kontrollieren, ob die erforderliche Weichheit noch ausreichend vorhanden ist!

7.6 Auflagedruck – Dekubitus

Bei der Entstehung eines Dekubitus spielen sehr viele Faktoren eine Rolle (Braun, 1997, 43 ff). Der Druck auf das Gewebe ist dann der “letzte ausschlaggebende“ Faktor.

Nach Kosiak (Seiler, 2007, 1-2, 10) entstehen Druckgeschwüre aufgrund eines hohen Auflagedruckes oder bei schlechtem Gesundheitszustand der Patienten bereits aufgrund eines normalen Auflagedruckes, wenn die Druckverweildauer pathologisch verändert ist. Das Produkt von Auflagedruck (p) und Druckverweilzeit (t) ergibt die Druckwirkung (DW), DW = p x t. Übersteigt die Druckwirkung einen gewissen Wert, der je nach dem Allgemeinzustand des Patienten etwas variiert, entsteht ein Druckgeschwür. Gemäß Seiler steigt bei DW-Werten von 1000 und mehr das Dekubitusrisiko schnell an. Hingegen bewirkt eine Druckwirkung von weniger als 800 kaum je ein Druckgeschwür.
Die Druckwirkung lässt sich vermindern, indem entweder der Auflagedruck mittels eines speziellen Matratzensystems reduziert oder die Druckverweilzeit durch Lagewechsel verkürzt wird.

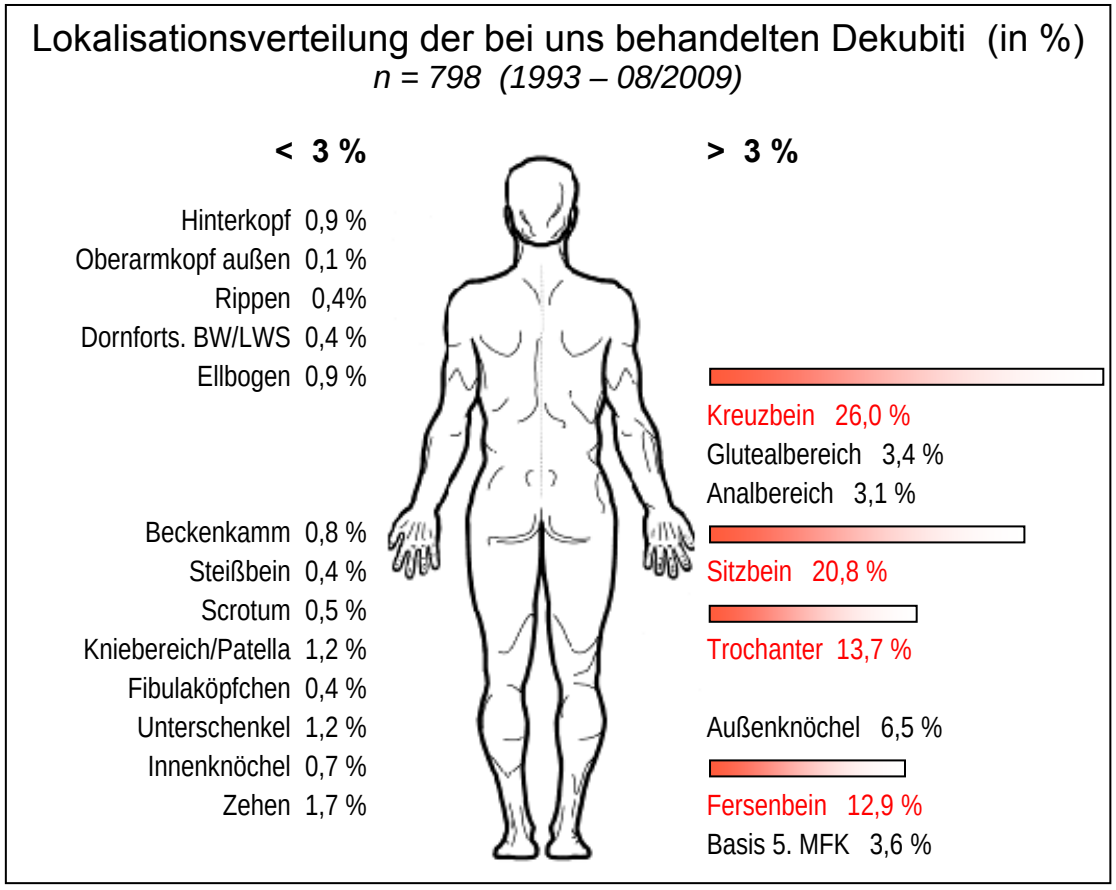


Abbildung 7.6-1: Lokalisationsverteilung der bei uns (im Reha-Zentrum Häring) behandelten Dekubiti

Der Auflagedruck pflanzt sich durch die Haut fort und wirkt in tieferen Hautschichten auf die ernährenden Hautgefäße. Übersteigt der Auflagedruck bei normalen systemischen Verhältnissen 3 bis 4 kPa (22 – 30 mmHg), werden die Blutgefäße komprimiert und der Blutstrom sistiert. Es entsteht ein Blut- und Sauerstoffmangel (Ischämie) des betreffenden Hautareals. Gesunde tolerieren im Allgemeinen eine lokalisierte Hautischämie bis zu 180 Minuten, weil sich das bradytrophe Hautgewebe über einen langsamen Metabolismus ernährt.
Krankhafte systemische Veränderungen führen auch an der Haut zu einer Unterversorgung mit Sauerstoff, zu einer generellen Hautischämie. Deswegen komprimieren bereits kleinere Auflagedrucke, z.B. von 2 bis 3 kPa (15 – 22 mmHg), die ernährenden Gefäße und können so ein Druckgeschwür erzeugen (Seiler, 2007, 2).

Bei allen durchgeführten Messungen war der maximale Auflagedruck p_{Max} im Bereich Thorax-Schultergürtel nur in einem Fall bei 25 mmHg und in sechs Fällen zwischen 26 und 30 mmHg. Im Bereich Becken-Hüftgürtel war überhaupt kein p_{Max} im Bereich ≤ 30 mmHg.

Die p_{Max} Auswertung von 83 Messungen (bei verschiedenen Probanden, Lagerungen und Matratzensystemen), aufgeteilt in Druckbereiche von jeweils 5 mmHg, ergibt die im Diagramm dargestellte prozentuelle Verteilung.

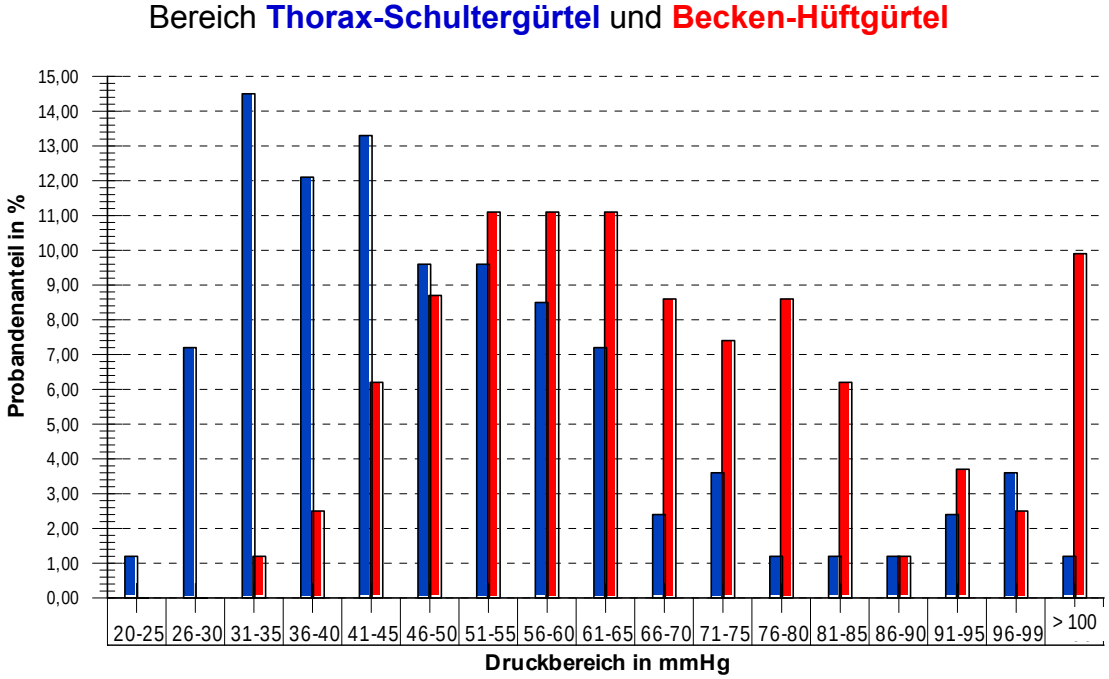


Abbildung 7.6.-2: Maximaldruck; prozentuelle Druckverteilung für die Bereiche Thorax und Becken

Auf die gesamte druckbelastete Körperauflagefläche bezogen, konnten mehrmals Mittelwerte im Bereich um 20 mmHg festgestellt werden. Selbst in so niedrigen Mittelwertbereichen betrug der p_{Max} über 40 mmHg.

Um eine Druckentlastung des Körpergewebes und somit eine ausreichende Blut- und Sauerstoffversorgung des Gewebes zu ermöglichen, ist ein alternierender Lagewechsel des Patienten unbedingt erforderlich. Lediglich mit einem Matratzen- bzw. speziellen Bettsystem ist die erforderliche Druckentlastung in der Praxis höchst selten möglich. Über das erforderliche zeitliche Lagerungsintervall gibt es verschiedenste Angaben. Ein Lagewechsel im Zweistundenrhythmus ist eine weit verbreitete Empfehlung. Da aber selbst diese Zeitspanne in bestimmten Fällen viel zu lang sein kann, ist es empfehlenswert, durch gewissenhafte Hautinspektionen (z.B. auf eine fixierte Hautrötung) für die jeweilige Situation die richtigen Lagerungsintervalle zu ermitteln. Letztendlich ist das Produkt von Auflagedruck (p) und Druckverweilzeit (t) bestimmend. Das heißt: Mit zunehmendem Auflagedruck muss die Verweildauer in einer bestimmten Liegeposition verkürzt werden, und umgekehrt kann bei abnehmendem Auflagedruck die Verweildauer erhöht werden.

Zur Einschätzung des Dekubitusrisikos existieren international 43 verschiedene Skalen. Die Aufnahme von 126 Risikofaktoren, mit denen man der Komplexität gerecht werden könnte, macht das Instrument für die Nutzung im Alltag unbrauchbar (Lubatsch, 2004, 114).

8 Zusammenfassung

Ziel dieser prospektiven, randomisierten Studie war die Ermittlung der Auswirkungen von Patientenkonstitution, Patientenlagerungsposition und verschiedenen Matratzensystemen auf den Auflagedruck am liegenden Patienten.

Aus einer großen Anzahl selbst durchgeführter Auflagedruckmessungen wurde ein ausreichend verwertbares Datenmaterial gewonnen, das es ermöglichte, die Fragestellung der Studie zu beantworten.

Zehn Probanden stellten sich für dieses Projekt zur Verfügung. Sechs davon waren bereits rehabilitierte Querschnittgelähmte, deren Ereignis teils schon sehr viele Jahre zurück lag.
Als Lagerungspositionen wurden vier allgemein typische Positionen ausgewählt, nämlich “Rückenlage mit ganz flachem Oberkörper“, “Rückenlage mit Oberkörper 45° hoch gestellt“, “30° Schräglage“ und “90° Seitenlage“.
Die Matratzensystemauswahl erfolgte nicht aufgrund einer Studie des gesamten Marktangebotes, sondern ausschließlich nur anhand der in unserem Zentrum zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Systeme. In einem Pretest wurden aus den vorhandenen elf verschiedenen Matratzensystemen vier ausgewählt, mit welchen diese Studie durchgeführt wurde.

Als Auflagedruckmesssystem wurde das Messsystem “Force Sensing Array Pressure Mapping“ (FSA) der Firma Verg Incorporation and Vista medical Ltd. eingesetzt, welches leihweise zur Verfügung stand. Die Messmatte deckt einen Erfassungsbereich von 192 x 76 cm ab und ist mit 1024 Messsensoren in einer Matrix von 32 x 32 ausgestattet. Die Sensorfläche beträgt ca. 20 x 57 mm.
Zur Ermittlung eventueller Beeinflussungen des Auflagedruckes durch Matratzenbezüge wurden Messungen mit einem Kalottenprüfstempel mit einem eingebauten Spitzendrucksensor durchgeführt.

Bei der statistischen Auswertung kristallisierten sich aus einer Reihe von Kennwerten drei für die Praxis relevante Kenngrößen heraus: der Maximaldruck (p_{Max}), der Mittelwert Index (MWI) und der Pressure Area Index (PAI).

Die Patientenkonstitution beeinflusst den Auflagedruck maßgeblich. Faktoren wie beispielsweise die Wirbelsäule (Gibbus, Skoliose etc.) und das Becken (Neigung, Kippung etc.) haben eine starke Auswirkung auf das Auflagemuster des Menschen. Ein sehr stark negativ beeinflussender Faktor ist das Vorliegen einer Kachexie; hervor stehende Knochenelemente bewirken teils äußerst hohe Druckwerte. Bei adipösen Menschen ist eine Vergrößerung der Körperoberfläche gegeben, welche auch eine größere Druckverteilungsfläche darstellt. Es hat sich heraus gestellt, dass mit Hilfe des Body Mass Index (BMI) keine Aussage bezüglich eines Druckbelastungsrisikos getroffen werden kann.

Die Patientenlagerungspositionen haben erwartungsgemäß auch eine zum Teil sehr große Auswirkung auf den Auflagedruck. Die Dimension der Auswirkung ist im Bereich Thorax-Schultergürtel eine ganz andere wie im Bereich Becken-Hüftgürtel. Gegenüber der Lagerposition “Rücken 0°“ kommt es bei der Position “Rücken 45°“ zu einer Zunahme der Druckbelastung im Bereich Becken-Hüftgürtel und zu einer Abnahme der Druckbelastung im Bereich Thorax-Schultergürtel. In der “90° Seitenlage“ kommt es zu einer äußerst hohen Zunahme der Druckbelastung im Bereich Becken-Hüftgürtel sowie zu einer weniger ausgeprägten Zunahme im Bereich Thorax-Schultergürtel. Die “90° Seitenlage“ sollte nicht mehr als “Standardlagerung“ Anwendung finden. Die “30° Schräglage“ bewirkt im Bereich Becken-Hüftgürtel gegenüber der Position “Rücken 0°“ immer eine Erhöhung der Druckbelastung, welche aber nie so ausgeprägt ist wie bei der “90° Seitenlage“. Der routinemäßig durchzuführende Lagewechsel des Patienten sollte daher alternierend, im Rhythmus “30° Schräglage“ auf einer Seite – Rückenlage – 30° Schräglage auf der anderen Seite usw., erfolgen.

Die verschiedenen Matratzensysteme haben auch eine bedeutende Auswirkung auf den Auflagedruck, wobei die Dimension der Auswirkung im Bereich Thorax-Schultergürtel in Abhängigkeit von der eingesetzten Matratze eine ganz andere ist als im Bereich Becken-Hüftgürtel. Ein überschaubares Sortiment an verschiedenen Matratzensystemen ist empfehlenswert. Mit der Reduzierung auf nur vier verschiedene Systeme konnten wir sehr gute Erfahrungen machen; Latex Matratze – Weichlagerungsschaumstoffmatratze Rhombo Care® prevent – Luftzellenmatratze Carital Optima - Luftkissenbett. Kein hier untersuchtes Matratzensystem ist in der Lage, den Auflagedruck unter den kapillaren Verschlussdruck zu senken.

Matratzenbezüge und sämtliche Materialien, die unter den Patienten noch auf die Matratze gelegt werden, haben einen großen Einfluss auf den Druckentlastungseffekt der Matratze. Ideal wäre es, als Überzug ein Jersey-Spannleintuch zu verwenden. Bei anderen Webmaterialien sollte das Tuch nicht eingespannt, sondern nur locker darüber gelegt werden. Die sehr häufig verwendeten saugenden Einlagen, Inkontinenzüberzüge etc. bewirken teils eine enorme Reduzierung des Druckentlastungseffektes der Matratze.

Literaturverzeichnis

- Braun, M. (1997): *Anatomische, physiologische und physikalische Aspekte der Dekubitusentstehung*, in: Bienstein, C., et al.: Dekubitus - Die Herausforderung für Pflegende. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, S. 42-70.

- Diesing, P. (2006): *Prüf- und Bewertungsmethoden für Antidekubitus-Systeme*, Dissertation, http://opus.kobv.de/tuberlin/volltexte/2007/1388/pdf/diesing_peter.pdf [18.5.2009]

- Gray, D, et al. (1998): *A study of pressure reducing foam mattress after three years of use*, in: Journal of Tissue Viability, 1998, 8 (3), S. 9-13.

- Gumbinger, T. (1998): *Wirkungsmechanismen von Lagerungssystemen,* in: KCI-MEDISCUS GmbH: Dekubitus – Das Buch zum Seminar*.* KCI-MEDISCUS GmbH, Wien, S. 17-22.

- Kammerlander G. (1998a): *Dekubitus - Entstehung, Pathophysiologie,* in: Kammerlander, G.: Lokaltherapeutische Standards für chronische Hautwunden. Springer-Verlag, Wien, S. 105

- Kammerlander G. (1998b): *Gewebe-Oxygenierung,* in: Kammerlander, G.: Lokaltherapeutische Standards für chronische Hautwunden. Springer-Verlag, Wien, S. 278

- Lubatsch, H. (2004): *Dekubitusmanagement auf der Basis des Nationalen Expertenstandards.* Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Hannover

- Meiners, T. (2000): *Druckverteilungsmessungen bei Rollstuhl- und Sitzkissenanpassung*, in: Med. Orth. Tech., 6/2000. Gentner Verlag, Stuttgart, S. 182-185.

- Neander, K. (1997): *Messsysteme, Reproduzierbarkeit von Auflagedruckmessungen, Auflagedruckmessung kontra Messung der Durchblutungsgrößen*, in: Bienstein, C., et al.: Dekubitus - Die Herausforderung für Pflegende. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, S. 94-98.

- Neander, K., Birkenfeld R. (1993): *Prophylaktische Maßnahmen kritisch beleuchtet*, in: Bienstein, C., et al.: Dekubitus – Prophylaxe und Therapie. DBfK-Verlag, Eschborn, 3, S. 80-95.

- Neander, K., Flohr, H. (1993): *Auflagedruckmessung – Vor- und Nachteile*, in: Bildungsstätte Seesen an der Klinik Schildautal, Qualitätssicherung in der Pflege - Antidekubitusmatratzen im Vergleich*,* Heft 1, Altera-Verlagsges.m.b.H., Bremen, S. 36-40

- Neander, K., Hesse, F. (2001): *Zur Entstehungstheorie des Dekubitus. Neue Erkenntnisse verursachen Unruhe*, in: Orthopädie-Technik, 4/01. Verlag Orthopädie-Technik, Dortmund, S. 270-275.

- Roales-Welsch, S., et al. (2000): *Studie zur Qualitätssicherung in der Prophylaxe und Therapie des Dekubitus durch Auflagedruckmessungen bei Probanden auf verschiedenen Weichlagerungs- und Wechseldrucksystemen*, in: Pflege, 13. Verlag Hans Huber, Bern, S. 297-305

- Schregel, W., et al. (Jahr unbekannt): *Statische und dynamische Antidekubitussysteme bei Intensivpatienten*. Skriptum der Klinik für Anaesthesie und operative Intensivmedizin, Knappschafts-Krankenhaus, Ruhr-Universität Bochum, S. 1-16

- Schröder G. (1997): *Lagerungen zur Dekubitusprophylaxe*, in: Bienstein, C., et al.: Dekubitus - Die Herausforderung für Pflegende. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, S. 105-129.

- Seiler, W. (2007): *Effiziente Dekubitusprophylaxe mittels richtiger Lagerung und optimaler Ernährung*. Manuskript einer Fortbildungsveranstaltung in Basel vom 10.6.2007

- Zöch, G. (1998): *Pathophysiologie, Risikofaktoren und Stadien*, in: KCI-MEDISCUS GmbH: Dekubitus – Das Buch zum Seminar. KCI-MEDISCUS GmbH, Wien, S. 7-12.

Abkürzungsverzeichnis

BWI	Band Width Index
FSA	Force Sensing Array Pressure Mapping *(Auflagedruckmessmatte)*
HWI	Half Width Index
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
MW	arithmetischer Mittelwert
MWI	Mittelwert Index
p	Druck
$\bar{p}$	Mitteldruck, arithmetischer Mittelwert
PAI	Pressure Area Index
p_{Grenz}	Druckgrenzwert
p_{Max}	Maximaldruck
p_{min}	Minimaldruck
ROI	Region of Interest
SD	Standardabweichung
V_K	Variationskoeffizient, Streubreite
$\Delta\Phi$	relative Druckentlastung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.3.1-1: Latex - Matratze 6
Abbildung 2.3.2-1: Schaumstoffmatratze Rhombo Care® prevent 7
Abbildung 2.3.3-1: Carital air-float system® - Carital Optima 7
Abbildung 2.3.4-1: Luftkissenbett KCI TheraPulse 8
Abbildung 3.2.1-1: FSA Messmatte - Sensoren Matrix 11
Abbildung 3.2.2-1: FSA Software 11
Abbildung 3.2.2.1-1: Darstellung als Zahlenwerte 12
Abbildung 3.2.2.1-2: Darstellung in Farbcodierung 12
Abbildung 3.2.2.1-3: Darstellung als Isobare und interpoliert 12
Abbildung 3.2.2.1-4: 3-D Darstellung 12
Abbildung 3.2.2.1-5: Beispiel der statistischen Auswertungsmöglichkeit 12
Abbildung 3.2.3-1: Kalibrierungsvorrichtung 13
Abbildung 3.2.4.1-1: Drift der Messwerte - Statischer Körper 14
Abbildung 3.2.4.1-2: Drift der Messwerte - Mensch 14
Abbildung 3.3-1: Kalottenprüfstempel mit Spitzendrucksensor 15
Abbildung 3.4-1: Messanordnung 16
Abbildung 4.2.1-1: Einflussfaktor Atmung; Isobarendarstellung 17
Abbildung 4.2.1-2: Einflussfaktor Atmung; Diagramm - Zeitverlauf 17
Abbildung 4.2.1-3: Einflussfaktor Atmung; Diagramm - verschiedene Lagerungspositionen 18
Abbildung 4.2.2-1: Datenverdichtung 19
Abbildung 4.2.3-1: Kleinflächige Körperregionen mit einem hohen Auflagedruck 20
Abbildung 4.3-1: Definierte “Regions of Interest“ - ROI 21
Abbildung 4.3-2: In Messmatrix markierte ROI 22
Abbildung 4.4-1: Anzahl getriggerter Sensoren pro Druckwert 23
Abbildung 4.4-2: Vergleichende Darstellung der relevanten Kenngrößen 26
Abbildung 5.1.1-1: Isobaren von verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Latex 28
Abbildung 5.1.1-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Latex 30
Abbildung 5.1.1-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Latex 32
Abbildung 5.1.2-1: Isobaren von verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Rhombo Care® prevent 33

Abbildung 5.1.2-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Rhombo Care® prevent 35
Abbildung 5.1.2-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Rhombo Care® prevent 37
Abbildung 5.1.3-1: Isobaren von verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Luftkissenbett KCI TheraPulse 38
Abbildung 5.1.3-2: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Luftkissenbett KCI TheraPulse 39
Abbildung 5.1.3-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Luftkissenbett KCI TheraPulse 40
Abbildung 5.1.4-1: Isobaren von verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze - Latex 41
Abbildung 5.1.4-2: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze - Latex 42
Abbildung 5.1.4-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze - Latex 43
Abbildung 5.1.5-1: Isobaren von verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze – Rhombo Care® prevent 44
Abbildung 5.1.5-2: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze – Rhombo Care® prevent 45
Abbildung 5.1.5-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze - Rhombo Care® prevent 46
Abbildung 5.1.6-1: Isobaren von verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze - Latex 47
Abbildung 5.1.6-2: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze - Latex 48
Abbildung 5.1.6-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze - Latex 49
Abbildung 5.1.7-1: Isobaren von verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze - Rhombo Care® prevent 50
Abbildung 5.1.7-2: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze - Rhombo Care® prevent 51
Abbildung 5.1.7-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze - Rhombo Care® prevent 52
Abbildung 5.2.1-1: Isobaren von Auflage auf harter Unterlage und Matratze - Latex 53
Abbildung 5.2.1-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei Auflage auf harter Unterlage und Matratze - Latex; Proband 03, ... 53
Abbildung 5.2.1-3: Liegen auf harter Unterlage und Matratze-Latex; HWI, PAI, P_{Max} 54

Abbildung 5.2.2.1-1: Isobaren von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Rückenlage 0° 55

Abbildung 5.2.2.1-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Rückenlage 0° 56

Abbildung 5.2.2.1-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Rückenlage 0° 57

Abbildung 5.2.2.2-1: Isobaren von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Schräglage 30° 59

Abbildung 5.2.2.2-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Schräglage 30° 60

Abbildung 5.2.2.2-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Schräglage 30° 61

Abbildung 5.2.3.1-1: Isobaren von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, Rückenlage 0° 63

Abbildung 5.2.3.1-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, Rückenlage 0° 64

Abbildung 5.2.3.1-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, Rückenlage 0° 65

Abbildung 5.2.3.2-1: Isobaren von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, 30° Schräglage 67

Abbildung 5.2.3.2-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, 30° Schräglage 68

Abbildung 5.2.3.2-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, 30° Schräglage 69

Abbildung 5.2.4-1: Isobaren von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 10, Rückenlage 0° 70

Abbildung 5.2.4-2: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 10, Rückenlage 0° 71

Abbildung 5.2.4-3: MWI, PAI, p_{Max} bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 10, Rückenlage 0° 72

Abbildung 5.2.5-1: Vergleich Latex-Matratze alt – neu 73

Abbildung 5.2.5-2: Vergleich Latex-Matratze alt – neu; Diagramm 74

Abbildung 5.2.6-1: Matratze mit und ohne Matratzenbezug und Leintuch 75

Abbildung 5.2.7-1: Luftkissenbett – Einstellung des Kammerdruckes 76

Abbildung 5.3.1-1: Auf harter Unterlage, Rücken 0° 77

Abbildung 5.3.2-1: Verschiedene Probanden; Matratze - Latex, Rückenlage 0°, Bereich Thorax 78

Abbildung 5.3.2-2: Verschiedene Probanden; Matratze - Latex, Rückenlage 0°, Bereich Becken 79

Abbildung 5.3.3-1: Verschiedene Probanden; Matratze - Rhombo Care® prevent, Rückenlage 0°, Bereich Thorax 80
Abbildung 5.3.3-2: Verschiedene Probanden; Matratze - Rhombo Care® prevent, Rückenlage 0°, Bereich Becken..... 81
Abbildung 5.3.4-1: Verschiedene Probanden; Matratze - Carital Optima “normal“, Rückenlage 0°, Bereich Thorax 82
Abbildung 5.3.4-2: Verschiedene Probanden; Matratze - Carital Optima “normal“, Rückenlage 0°, Bereich Becken..... 83
Abbildung 5.3.5-1: Verschiedene Probanden; Matratze - Carital Optima “Therapie“, Rückenlage 0°, Bereich Thorax 84
Abbildung 5.3.5-2: Verschiedene Probanden; Matratze - Carital Optima “Therapie“, Rückenlage 0°, Bereich Becken..... 85
Abbildung 5.3.6-1: Verschiedene Probanden; Luftkissenbett KCI TheraPulse, Rückenlage 0°, Bereich Thorax 86
Abbildung 5.3.6-2: Verschiedene Probanden; Luftkissenbett KCI TheraPulse, Rückenlage 0°, Bereich Becken..... 87
Abbildung 5.4-1: Auswirkung der Atmung 88
Abbildung 6-1: Beeinflussung des Auflagedruckes durch Matratzenbezüge 89
Abbildung 6-2: Beeinflussung des Auflagedruckes durch Messmatte 90
Abbildung 7.2-1: MWI, PAI, pMax bei verschiedenen Probanden; Matratze-Latex, Rückenlage 0°..... 92
Abbildung 7.2-2: Relative Druckentlastung; verschiedene Probanden, BMI, Rückenlage 0°, verschiedene Matratzen..... 93
Abbildung 7.3-1: Relative Druckentlastung; verschiedene Patientgenlagerungs-positionen, Rückenlage 0°, BMI, verschiedene Matratzen 95
Abbildung 7.4-1: Relative Druckentlastung; Verschiedene Matratzensysteme..... 96
Abbildung 7.4-1: Relative Druckentlastung; Matratze alt – neu 97
Abbildung 7.5-1: Beeinflussung des Auflagedruckes durch Matratzenbezüge 99
Abbildung 7.6.-1: Lokalisationsverteilung der bei uns behandelten Dekubiti 100
Abbildung 7.6.-2: Maximaldruck; prozentuelle Druckverteilung für Bereich Thorax und Becken. 101

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1-1: Angaben zu den Probanden 5
Tabelle 4.4-1: Berechnungsformel einiger Kennwerte 24
Tabelle 4.4-2: Auswertungsbeispiele mit verschiedenen Kennwerten 25
Tabelle 5.1.1-1: Verdichtete Mittelwerte bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze-Latex..... 29
Tabelle 5.1.1-2: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Latex..... 31
Tabelle 5.1.1-3: Statistische Auswertungen von verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Latex..... 31
Tabelle 5.1.2-1: Verdichtete Mittelwerte bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Rhombo Care® prevent..... 34
Tabelle 5.1.2-2: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Rhombo Care® prevent..... 36
Tabelle 5.1.2-3: Statistische Auswertungen von verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Matratze - Rhombo Care® prevent..... 36
Tabelle 5.1.3-1: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Luftkissenbett KCI TheraPulse 38
Tabelle 5.1.3-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Lagerungen; Proband 03, Luftkissenbett KCI TheraPulse 39
Tabelle 5.1.4-1: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze - Latex..... 41
Tabelle 5.1.4-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze - Latex..... 42
Tabelle 5.1.5-1: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze - Rhombo Care® prevent..... 44
Tabelle 5.1.5-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Lagerungen; Proband 04, Matratze - Rhombo Care® prevent..... 45
Tabelle 5.1.6-1: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze - Latex..... 47
Tabelle 5.1.6-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze - Latex..... 48
Tabelle 5.1.7-1: Anzahl der Messwerte mit gleichem Wert bei verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze - Rhombo Care® prevent..... 50
Tabelle 5.1.7-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Lagerungen; Proband 10, Matratze - Rhombo Care® prevent..... 51
Tabelle 5.2.1-1: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren sowie statistische Auswertungen bei Auflage auf harter Unterlage und Matratze - Latex; Proband 03 54
Tabelle 5.2.2.1-1: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Rückenlage 0°..... 55
Tabelle 5.2.2.1-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Rückenlage 0°..... 57

Tabelle 5.2.2.1-1: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Schräglage 30° 59
Tabelle 5.2.2.2-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 03, Schräglage 30° 61
Tabelle 5.2.3.1-1: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, Rückenlage 0° 63
Tabelle 5.2.3.1-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, Rückenlage 0° 65
Tabelle 5.2.3.2-1: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, 30° Schräglage 67
Tabelle 5.2.3.2-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 07, 30° Schräglage 68
Tabelle 5.2.4-1: Gemessene Druckwerte und Anzahl der Messsensoren bei verschiedenen Matratzensystemen; Proband 10, Rückenlage 0° 70
Tabelle 5.2.4-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Matratzensystemen; Proband 10, Rückenlage 0° 71
Tabelle 5.2.6-1: Statistische Auswertungen von Matratze mit und ohne Matratzenbezug und Leintuch 75
Tabelle 5.2.7-1: Statistische Auswertungen von Luftkissenbett – Einstellung des Kammerdruckes 76
Tabelle 5.3.2-1: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Matratze - Latex, Rückenlage 0°, Bereich Thorax 78
Tabelle 5.3.2-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Matratze - Latex, Rückenlage 0°, Bereich Becken 79
Tabelle 5.3.3-1: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Matratze - Rhombo Care® prevent, Rückenlage 0°, Bereich Thorax 80
Tabelle 5.3.3-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Matratze - Rhombo Care® prevent, Rückenlage 0°, Bereich Becken 81
Tabelle 5.3.4-1: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Matratze - Carital Optima “normal“, Rückenlage 0°, Bereich Thorax 82
Tabelle 5.3.4-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Matratze - Carital Optima “normal“, Rückenlage 0°, Bereich Becken 83
Tabelle 5.3.5-1: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Matratze - Carital Optima “Therapie“, Rückenlage 0°, Bereich Thorax 84
Tabelle 5.3.5-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Matratze - Carital Optima “Therapie“, Rückenlage 0°, Bereich Becken ... 85
Tabelle 5.3.6-1: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Luftkissenbett KCI TheraPulse, Rückenlage 0°, Bereich Thorax 86
Tabelle 5.3.6-2: Statistische Auswertungen von verschiedenen Probanden; Luftkissenbett KCI TheraPulse, Rückenlage 0°, Bereich Becken 87
Tabelle 5.4-1: Statistische Auswertung der Auswirkung der Atmung 88
Tabelle 6-1: Spitzendruckmessungen von Matratzenbezügen 90

Anhang

Die Menge der in Verbindung mit dieser Studie angefallenen Beilagen sind derart umfangreich, dass sie hier im Anhang nicht beigefügt werden können.