



**ERGONOMIE  
INSTITUT  
MÜNCHEN**

Dr. Heidinger,  
Dr. Jaspert &  
Dr. Hocke GmbH

dormiente GmbH  
Am Zimmerplatz 3  
D-35452 Heuchelheim

30.05.2016

**Ergonomische Untersuchungen zu den biomechanischen und mikroklimatischen  
Eigenschaften der Matratze `Natural Classic Mediform`**

**U n t e r s u c h u n g s b e r i c h t**

**ELK/19-2/2016**

- 0. Zusammenfassung**
- 1. Prüfprodukt**
- 2. Biomechanische und mikroklimatische Untersuchungsmethoden**
  - 2.1 Untersuchung der Einfachen elastischen Eigenschaften  
(Feder-, Biege-, Punktlastizität)
  - 2.2 Untersuchung der Kombinierten elastischen Eigenschaften  
(Schulterzonenwirkung, Körperzonenstützung)
  - 2.3 Mikroklimatische Untersuchungen  
(Wärmeisolation, Feuchteableitung)
- 3. Prüfergebnisse**
  - 3.1 Einfache elastische Eigenschaften
  - 3.2 Kombinierte elastische Eigenschaften
  - 3.3 Mikroklimatische Eigenschaften
- 4. Anhang - Ergonomisches Bewertungsschema**

Dr. Florian Heidinger

**Ergonomie Institut München  
Dr. Heidinger, Dr. Jaspert &  
Dr. Hocke GmbH**

**EIM - Büro und Labor**  
Holzkirchen - Warngau  
Birkerfeld 15  
D - 83627 Warngau

**Fon +49 (0)8024 - 47 53 84**  
**Fax +49 (0)8024 - 47 53 85**

**email** mail@eim-online.de  
**internet** www.eim-online.de

**Geschäftsführung**  
Dr. Florian Heidinger  
AG München HRB-Nr. 129846  
USt-Id DE 206360692

**HypoVereinsbank**  
SWIFT (BIC):  
HYVEDEMMXXX  
IBAN:  
DE30 7002 0270 0046 9557 49

## 0. Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht beinhaltet biomechanische und mikroklimatische Funktionsprüfungen an der **Matratze 'Natural Classic Mediform' im Härtegrad H2 - Fa. dormiente GmbH.**

Eine **Produktbeschreibung** der untersuchten Matratze findet sich in **Kapitel 1.**

Als **Prüfmethoden** wurden standardisierte Verfahren zur Untersuchung der elastischen und mikroklimatischen Funktionseigenschaften angewandt; diese speziellen Prüfansätze sind methodisch an den Gegebenheiten des liegenden Menschen orientiert und ermöglichen deshalb eine realitätsnahe Bewertung; die zugehörigen Verfahrensbeschreibungen finden sich in **Kapitel 2.**

Die erhobenen **Untersuchungsergebnisse** sind in **Tabelle 0-1** zusammengefasst; eine detaillierte Ergebnisdarstellung findet sich in **Kapitel 3.**

Zur **Bewertung** der Untersuchungsergebnisse gilt:

- Bei den Funktionen `Federelastizität` und `Wärmeverhalten` handelt es sich in der Regel um **beschreibende** Kenngrößen, eine Bewertung wird folglich nicht vorgenommen.  
Abweichungen von diesem Grundsatz – beispielsweise infolge einer ungünstigen federelastischen Abstimmung der einzelnen Matratzenzonen – werden besonders begründet.
- Bei den übrigen Kenngrößen wird eine **Bewertung** anhand eines 5-stufigen **Notenschemas** vorgenommen (vgl. Anhang - Ergonomisches Bewertungsschema).

Bei der Bildung der Gesamtbewertung (Noten) werden **Gewichtungsfaktoren** entsprechend der Wertigkeit des jeweiligen Einzelparameters angewandt:

Berechnung der erreichten Note zu den `**Biomechanischen Funktionseigenschaften**`:

`Biegeelastizität`:	Gewichtungsfaktor: 1
`Punktelastizität`:	Gewichtungsfaktor: 3
`Schulterzonenwirkung`:	Gewichtungsfaktor: 3
`Körperzonenstützung`:	Gewichtungsfaktor: 3

Berechnung der Gesamtnote zu den `**Ergonomischen Funktionseigenschaften**`:

`Biomechanische Funktionseigenschaften`:	Gewichtungsfaktor: 3
`Mikroklimatische Funktionseigenschaften`:	Gewichtungsfaktor: 1

Um den Einfluss des **Bezuges** erfassen zu können, wurden die **biomechanisch-elastischen** Funktionsprüfungen sowohl am **kompletten Matratzenaufbau mit Bezug** als auch am **Matratzenkern solo ohne Bezug** durchgeführt. Die sog. Kombinierten elastischen Eigenschaften `Schulterzonenwirkung` und `Körperzonenstützung` erfolgten in Verbindung mit einem **Standard-Lattenrost.**

Die **mikroklimatischen** Untersuchungen wurden am **kompletten Matratzenaufbau mit Bezug** vorgenommen.

Tab.0-1: **Matratze 'Natural Classic Mediform' – H2**

Übersicht zur ergonomischen Funktionsbewertung anhand der biomechanischen und mikroklimatischen Untersuchungsparameter - Ergebnisse der Messungen mit Bezug.

<b>Gesamtbewertung (Noten)</b>				
<b>Matratze 'Natural Classic Mediform'</b>	<b>Biomechanik</b>			<b>2,2</b> (2,2 / 2,2 / 2,3)*
	Federelastizität (Härte)	<b>mittelhart</b>	<b>2,2</b> (2,2 / 2,1 / 2,2)*	
	Biegeelastizität	<b>2,5</b>		
	Punktelastizität	<b>2,0</b>		
	Schulterzonenwirkung	<b>2,0</b> (2,0 / 1,9 / 2,1)*		
	Körperzonenstützung	<b>2,4</b> (2,5 / 2,3 / 2,4)*		
	<b>Mikroklima</b>			
	Feuchteableitung	<b>2,4</b>		
	Wärmeisolation	<b>mittel (35,9°C)</b>		

\*: Einzelbewertungen für die 3 simulierten Personengruppen klein/leicht, mittelgroß/mittelschwer und groß/schwer

**Zuordnung der Noten:**

bis 1,5: `sehr gut` / 1,6 bis 2,5: `gut` / 2,6 bis 3,5: `befriedigend` / 3,6 bis 4,5 `ausreichend` / ab 4,6: `ungenügend`

**Zusammenfassende ergonomische Bewertung**

Die untersuchte Matratze 'Natural Classic Mediform' verfügt über **elastische Funktionseigenschaften** im Bereich eines `guten` **Bewertungsniveaus**.

Im **Mittel** der 3 simulierten Personengruppen ergibt sich dementsprechend ebenfalls eine Bewertung der **elastischen Funktionseigenschaften** auf `gutem` **Bewertungsniveau (Mittelnote 2,2)**.

Nur tendenziell ergibt sich ein funktioneller Eignungsschwerpunkt für mittelgroße/mittelschwere Personen (Note 2,1) auf `gutem` Bewertungsniveau. Aber auch die Bewertungen für kleine/leichte Personen (Note 2,2) und große/schwere Personen (Note 2,2) liegen im Bewertungsbereich `gut`.

Die **mikroklimatischen Funktionsprüfungen** weisen für die untersuchte Matratze eine `mittlere` **Wärmeisolation** sowie **feuchteableitende Eigenschaften** auf `gutem` **Bewertungsniveau (Note 2,4)** aus.

**Insgesamt** verfügt damit die untersuchte Matratze 'Natural Classic Mediform' über **ergonomisch-funktionelle Eigenschaften** im Bereich eines `guten` **Bewertungsniveaus (Gesamtnote 2,2)**.

## 1. Prüfprodukt

Die in den nachfolgenden Kapiteln beschriebenen Untersuchungen wurden an folgendem Prüfprodukt durchgeführt:

**Matratze 'Natural Classic Mediform' – Härtegrad H2** (90 cm x 200 cm):

**Naturlatexmatratze (100%)** ohne Zonierung der Liegefläche:

- **Kernhöhe** ohne Bezug ca. 16 cm;
- **Gesamthöhe** mit Bezug ca. 19 cm;

### **Matratzenbezug**

- Doppeltuch-Bezug, Verbundgewebe (75% kbA Baumwolle, 22% Viskose, 3% Kapok) versteppt mit 750g/m<sup>2</sup> kbT Schurwolle; Rechtecksteppung;
- 4-seitig umlaufender Reißverschluss;
- je 2 Griffe an den Längsseiten.

Die Matratze '*Natural Classic Mediform*' wurde am 28.04.2016 angeliefert, die Untersuchungen wurden in KW 20 und KW 21/2016 durchgeführt.

Die erhobenen Untersuchungsergebnisse haben nur für den geprüften Produkttyp Geltung.

## 2. Biomechanische und mikroklimatische Untersuchungsmethoden

Die Liegequalität auf einem Bettsystem wird aus ergonomischer Sicht in erster Linie von dessen **biomechanischen** und **mikroklimatischen** Eigenschaften geprägt.

Aus **biomechanischer** Sicht steht bei der Funktionsprüfung von Liegesystemen die Qualität der **Wirbelsäulenlagerung** in Rücken- und Seitenlage sowie die **druckentlastende Wirkung** an der Kontaktfläche Mensch/Unterlage im Vordergrund.

Die **mikroklimatischen** Eigenschaften des Liegesystemaufbaus bestimmen als weiteres ergonomisches Funktionskriterium die **Temperatur-** und **Feuchteentwicklung** in der Betthöhle.

Generell gilt:

- die **biomechanischen** Eigenschaften des Liegesystems werden von der Kombination Matratze, Unterfederung und Kopfkissen bestimmt;
- die **mikroklimatischen** Eigenschaften eines Liegesystems werden zwar hauptsächlich von den wärme- und feuchteableitenden Eigenschaften der Zudecke bestimmt, trotzdem gilt für Matratzen, dass ein Wärme- und insbesondere Feuchtestau vermieden werden muss.

Prinzipiell bestehen **unterschiedliche Ansatzrichtungen**, die funktionellen Eigenschaften eines Liegesystems zu erfassen und zu bewerten:

- humanphysiologische Messungen mit Versuchspersonen,
- technisch-physikalische Messungen,
- Kombinierte Verfahren.

**Humanphysiologische Messungen** am liegenden Menschen stellen eine unabdingbare Voraussetzung dar für die Beurteilung der Liegeeigenschaften aus wissenschaftlicher Sicht.

Für systematische Untersuchungen an Matratzen- bzw. Rahmenaufbauten sind derartige Messungen mit Versuchspersonen jedoch problematisch, weil ein statistisch aussagefähiges Untersuchungsergebnis aufgrund der bei humanphysiologischen Messungen üblichen individuellen Streuungen (Körpergröße, Körpermasse, Körperbautyp, individuelles thermoregulatorisches Verhalten) einen entsprechend großen Untersuchungsaufwand zur Ergebnisabsicherung voraussetzt und zudem in aller Regel keine direkten Empfehlungen für den Hersteller in Hinblick auf den Produktaufbau ableitbar sind.

**Technisch-physikalische Messungen**, beispielsweise die Bestimmung der Federkennlinien oder die Stauchhärtenprüfung nach DIN/EN/ISO-Standard, liefern dagegen exakte, jederzeit nachvollziehbare Materialkenndaten. Allerdings besteht bei diesen genormten Prüfverfahren der Nachteil, dass sich die zugehörigen Messergebnisse nur äußerst bedingt auf die Situation eines liegenden Menschen übertragen lassen.

Aus den beschriebenen Gründen kommen bei den hier angewandten Untersuchungen sog. **Kombinierte Verfahren** zum Einsatz, die einerseits technisch-standardisiert, andererseits aber hinsichtlich der Prüfmethodik am liegenden Menschen orientiert sind. Diese speziell entwickelten Prüfverfahren verbinden die Vorzüge der humanphysiologischen und der technisch-physikalischen Untersuchungsansätze und ermöglichen eine transparente, nachvollziehbare Bewertung der ergonomischen Funktionseigenschaften von Matratzen und Unterfederungen.

## 2.1 Untersuchung der Einfachen elastischen Eigenschaften (Feder-, Biege-, Punkt elastizität)

Die **Federelastizität** (vgl. Abb.1a) kennzeichnet das Verhalten einer **Matratze**, sich eher **größeren Übertragungsflächen** anzupassen (Becken, Rücken) und damit stützend zu wirken. Durch eine, dem Benutzergewicht angepasste Federelastizität ('Härte') soll eine physiologische Wirbelsäulenkontur - durch Einsinkung in die Matratze - sichergestellt werden. Die federelastische Abstimmung kann dabei in den einzelnen Liege zonen unterschiedlich sein (Mehrzonenmatratzen), wobei in erster Linie die Schulterzone für eine verbesserte Einsinkung der Schulterpartie in Seitenlage etwas weicher abgestimmt sein kann (vgl. Kap. 3.1).

Die **federelastischen** Eigenschaften von **Unterfederungen** sollen prinzipiell so ausgelegt sein, dass sich in Grundeinstellung, also ohne Nutzung einer Härte einstellung der Leisten oder Stützelemente, eine gleichmäßige Härteabstimmung in Längsrichtung mit allenfalls etwas weicherer Auslegung der Schulterzone ergibt. Um ausgehend von dieser Härtegrundeinstellung eine individuelle Anpassung vornehmen zu können, sind entsprechende Härte einstellmöglichkeiten in den verschiedenen Liege zonen sinnvoll.

Die **Biegeelastizität** (vgl. Abb.1b) beschreibt die Eigenschaft einer Matratze, sich der individuellen **Wirbelsäulenkontur anzupassen** und zudem eine **von der Unterfederung ausgehende, individuelle Körper zonen stützung** auf den Menschen zu übertragen.

Ferner ist die Biegeelastizität der Matratzen dann wesentlich, wenn diese in Verbindung mit einem Sitzrahmen eingesetzt werden, also ausgeprägt flexibles Matratzenverhalten gefordert ist.

Die **Punkt elastizität** (vgl. Abb.1c) beschreibt die Fähigkeit einer Matratzen, sich auch **kleinen Übertragungsflächen** (bspw. Ferse, Hinterkopf) **anzupassen** und nur unmittelbar im belasteten Bereich elastisch zu reagieren. Dadurch können sich punktelastische Matratzen stärker an die Oberflächenkonturen des Menschen anpassen, die lastübertragende Fläche steigt und es entstehen niedrigere Kontaktflächendrücke mit geringerer Gewebebelastung.

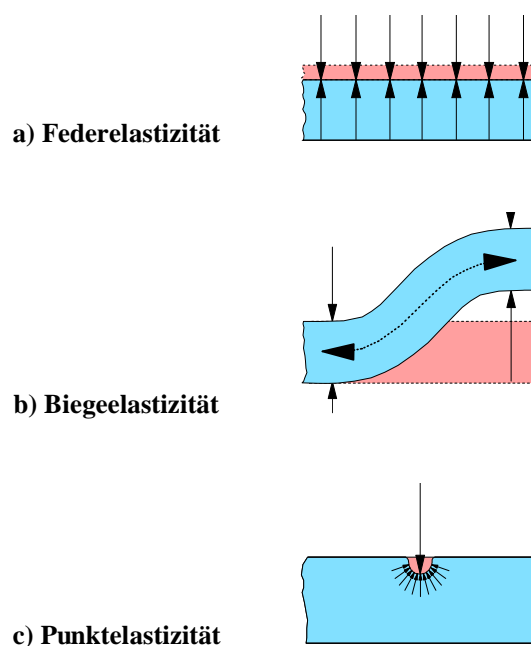


Abb.1: Schematische Darstellung der Einfachen elastischen Eigenschaften von Matratzen

Zur Bewertung der Einfachen elastischen Eigenschaften werden folgende Messungen mit einem Spezialprüfstand durchgeführt (vgl. Abb.2):

- Zur Beurteilung der **federelastischen** Eigenschaften von **Matratzen** werden Federkennlinien (Kraft-Weg-Diagramme) in Anlehnung an DIN/EN/ISO-Standard\* bestimmt. Dieses Verfahren liefert physikalisch-technische Kennwerte der Matratzen-Federelastizität ('Härte'). Die Messungen werden unter Verwendung eines kreisrunden, ebenen Prüfstempels (Stempeldurchmesser:  $d = 203 \text{ mm}$ ) durchgeführt, wobei die Matratze auf harter Unterlage aufliegt. Bei **Unterfederungen** wird zur Untersuchung der federelastischen Eigenschaften in den verschiedenen Liegezonen ein rechteckiger, gewölbter Prüfstempel ( $400 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ ,  $r = \text{ca. } 1.000 \text{ cm}$ ) verwendet. Sollten an besonderen Aufbauten alternative Stempel zum Einsatz kommen, dann wird dies ist an entsprechender Stelle dokumentiert.
- Zur Bewertung des **biegeelastischen** Verhaltens von **Matratzen** werden ebenfalls Federkennlinien unter Verwendung eines speziellen Biege-Prüfstempels ermittelt. Eingesetzt wird hierzu ein gewölbter,  $100 \text{ cm}$  breiter Biegestempel, der quer über die gesamte Matratzenbreite im Lenden-/Beckenbereich eingesenkt wird. Die Matratze wird bei dieser Prüfung von oben her belastet und liegt dabei auf einem speziellen, geteilten Unterbau auf.
- Das **punktelastische** Verhalten der **Matratzen** wird mit einem mensch-orientiert geformten, standardisierten Fersen-Prüfstempel erfasst. Bei dieser Funktionsprüfung wird der Kontaktflächendruck an der Matratzenoberfläche ermittelt. Der Fersen-Prüfstempel ist hierzu mit einem Spitzendrucksensor ausgerüstet, der bei Einsinkung den auftretenden Kontaktflächendruck zwischen Prüfstempel und Matratze erfasst. Die Messung erfolgt ebenfalls auf harter Unterlage.

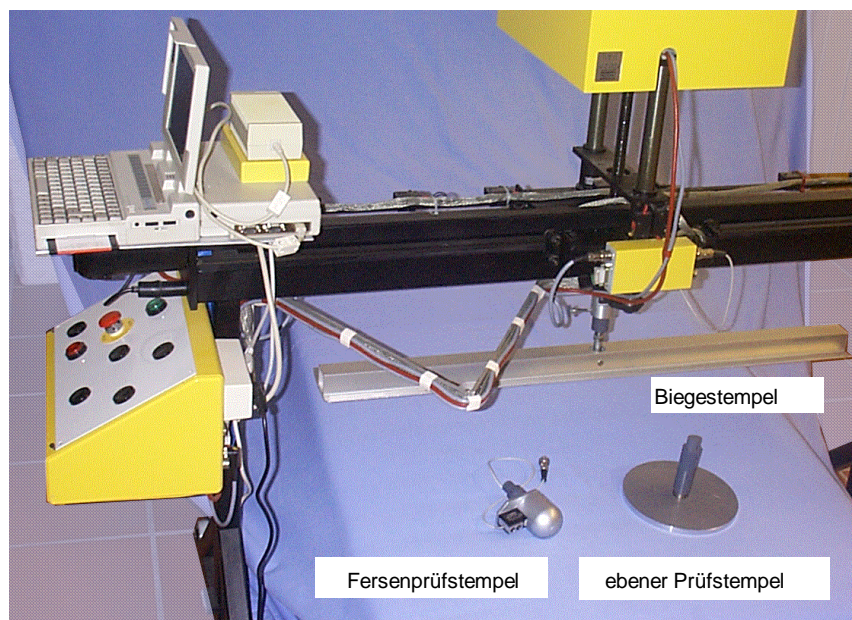


Abb.2: **Spezialprüfstand** zur Untersuchung der Einfachen elastischen Eigenschaften mit den **Prüfstempeln** zur **federelastischen** (ebener Prüfstempel,  $\varnothing = 203 \text{ mm}$ ), **biegeelastischen** (Biegestempel) und **punktelastischen** (Fersenprüfstempel) Funktionsprüfung von Matratzen.

\*: DIN EN ISO 2439 'Eindruckhärte'; DIN EN ISO 3386 'Stauchhärte'; abweichend erfolgt die Auswertung nicht bei einer bestimmten prozentualen Deformation, sondern bei bestimmten Kennkräften (vgl. Kap. 3.1)



## 2.2 Untersuchung der Kombinierten elastischen Eigenschaften (Schulterzonenwirkung, Körperzonenstützung)

Um in **Seitenlage** einen geradlinigen Verlauf der Wirbelsäule zu gewährleisten, ist eine **selektiv wirkende Schulterzone** erforderlich: Damit ein 'Aufbocken' der Schulter verhindert wird, muss die Schulter in Seitenlage vom Liegesystem weich aufgenommen werden und entsprechend tief einsinken können (vgl. Abb.3). Gleichzeitig muss die Schulterzone für die Rückenlage so hart sein, dass hierbei ein zu starkes Einsinken der Schulterpartie vermieden wird.

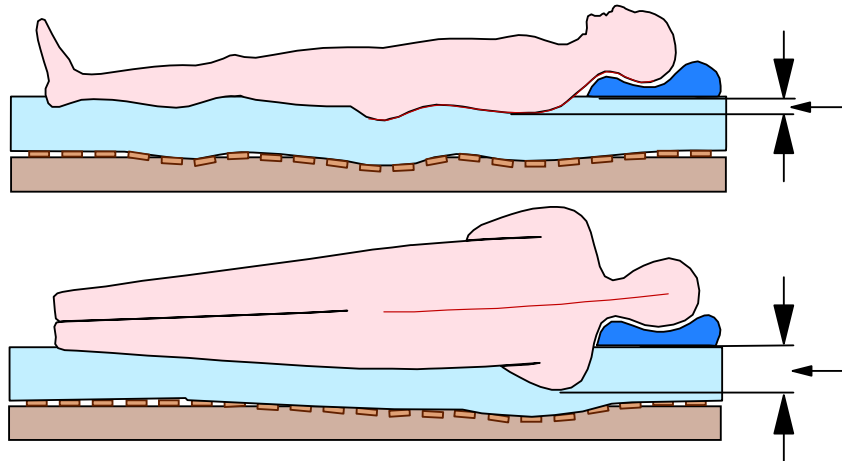


Abb.3: Anforderung an die Einsinkung der Schulterpartie in  
Rückenlage (oben): niedrige Einsinkung  
Seitenlage (unten): hohe Einsinkung

Die **körperzonenstützende Wirkung** in Rückenlage kennzeichnet das Verhalten von Matratze und Unterfederung, die die Wirbelsäulenkontur in Rückenlage zu unterstützen (vgl. Abb.4). Als charakteristisches Maß für die Körperzonenstützung gilt diejenige Kraft, die vom Liegesystem im Bereich der Lendenlordose zur **Stützung der Doppel-S-Form** der Wirbelsäule ausgeübt wird.

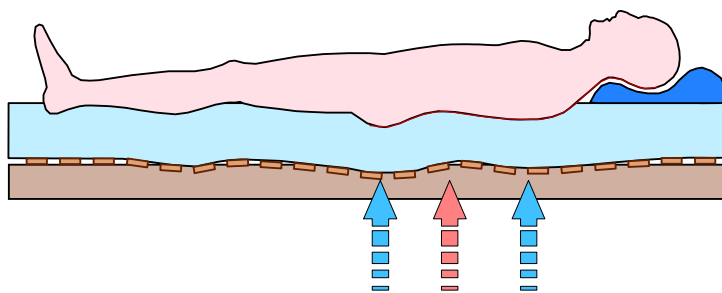


Abb.4: Körperzonenstützung in Rückenlage: Stützung der Wirbelsäule in ihrer natürlichen Doppel-S-Form durch körperareal-angepasste Stützkraft im Becken-, Lenden- und Brustbereich

Die Bewertung der **Schulterzonenwirkung** wird ebenfalls mit dem Spezialprüfstand durchgeführt, wobei hier zwei verschiedene Einsinksituationen bewertet werden:

- die Einsinkung der **Schulter/Rückenpartie** in die Matratze/die Unterfederung in **Rückenlage**,
- die Einsinkung der **Schulterpartie** in die Matratze/die Unterfederung in **Seitenlage**.



Um die Einsinkung der menschlichen Übertragungsflächen (Schulter/Rückenpartie in Rückenlage; Schulterpartie in Seitenlage) zu simulieren, werden zwei unterschiedliche Prüfstempel eingesetzt, deren Konturen den zugehörigen menschlichen Übertragungsflächen angenähert sind (vgl. Abb.5):

- **Rückenlagen-Prüfstempel** (400 mm x 200 mm mit abgerundeten Querseiten  $R = 200$  mm und gerundeten Kanten  $r = 10$  mm),
- **Seitenlagen-Prüfstempel** (200 mm x 100 mm mit abgerundeten Querseiten  $R = 100$  mm und gerundeten Kanten  $r = 10$  mm).

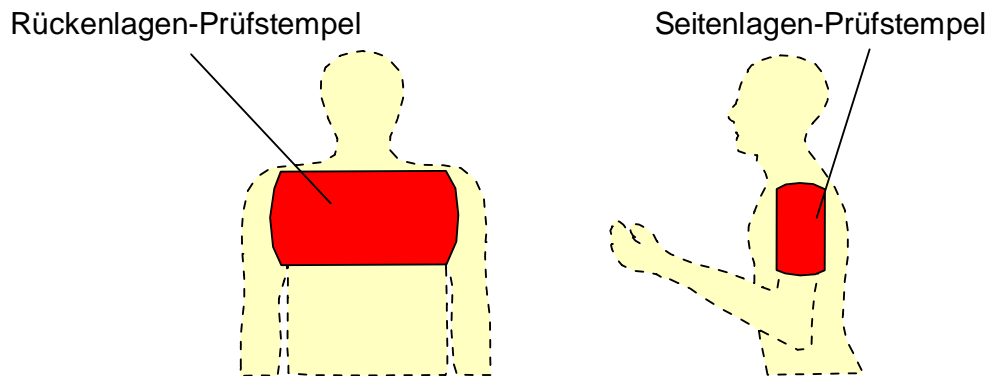


Abb.5: Orientierung der beiden Prüfstempel für Rückenlage (links) und Seitenlage (rechts) an den Übertragungsflächen des liegenden Menschen

Zur Bewertung der Schulterabsenkung wird das zu prüfende Liegesystem jeweils mit beiden Prüfstempeln untersucht. Aus der **Differenz der beiden Messwerte** für die Einsinkungen in Rücken- und Seitenlage lassen sich **Aussagen zur selektiven Wirkung der Schulterabsenkung** treffen. Da die Einsinkung in Rückenlage relativ gering sein soll (Vermeiden von Überbeugung der Halswirbelsäule), die Einsinkung in Seitenlage dagegen groß sein soll (waagerechte Lagerung der Wirbelsäule) gilt grundsätzlich:

Je kleiner die Differenz zwischen beiden Einsink-Messwerten, desto schwächer selektiv wirkt die Schulterabsenkung; je größer die Differenz, desto stärker selektiv wirkt die Schulterabsenkung.

Für die Untersuchung der **Körperzonenstützung in Rückenlage** wird ein spezieller Prüfstempel verwendet, der die menschliche Rückenkontur vom Gesäß bis zum Nacken nachbildet (vgl. Abb.6). Dieser Prüfstempel (**'Körperzonenprüfstempel'**: Länge ca. 600 mm, Breite ca. 250 mm, Lordosenvorwölbungstiefe ca. 25 mm) wird mit Hilfe des Spezialprüfstandes in das Liegesystem (Matratze/Unterfederung) eingesenkt.

Neben der Kraft, die erforderlich ist, den gesamten Prüfstempel in das Liegesystem einzusenken, wird gleichzeitig diejenige **Stützkraft** gemessen, die **im Lendenbereich** vom Liegesystem auf den Prüfstempel (menschlichen Rücken) ausgeübt wird.

Hierzu ist der 'Körperzonenprüfstempel' mit einem Zusatzsensor zur Kraftmessung im Lendenbereich ausgestattet. Die im Lendenbereich auf den menschlichen Körper ausgeübte Kraft drückt die Körperzonenstützung aus - je größer diese resultierende Kraft ist, desto intensiver ist die körperzonenstützende Wirkung des Liegesystems in Rückenlage.

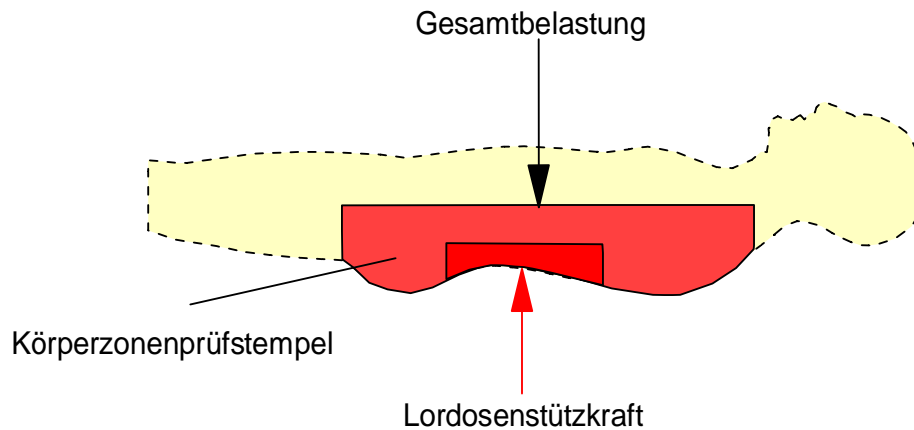


Abb.6: Schematische Darstellung des Körperzonenprüfstempels mit aufgebrachter Gesamtbelastung und resultierender Lordosenstützkraft als Auswerteparameter

Zur Prüfung der **Schulterzonenwirkung** und der **Körperzonenstützung** in Rückenlage werden mit den zugehörigen Spezialprüfstempeln (Rückenlagen- und Seitenlagen- sowie Körperzonen-Prüfstempel) Kennlinien aufgenommen. Um eine **Personengruppen-bezogene Bewertung** des Liegesystems zu erhalten, werden diese Kennlinien bei unterschiedlichen Kennkräften ausgewertet für:

- **kleine/leichte** Personen (5.Perz. Frau),
- **mittelgroße/mittelschwere** Personen (50.Perz. Mann),
- **große/schwere** Personen (95.Perz. Mann).

Um die Kombinierten elastischen Eigenschaften entsprechend einer realen Liegesituation erfassen zu können, werden diese Untersuchungen in Verbindung mit einem **Standard-Lattenrost** mit folgenden Spezifikationen durchgeführt:

Maße des Lattenrostes:	1960 mm x 900 mm
Maße der Federleisten (Standard):	45 mm breit, 8,5 mm dick, 5-fach verleimt
Rastermaß der Federleisten:	80 mm
Maße der Härtenverstellleisten:	38 mm breit, 8,5 mm dick, 5-fach verleimt.

### 2.3 Mikroklimatische Untersuchungen (Wärmeisolation, Feuchteableitung)

Im Rahmen der mikroklimatischen Untersuchungen sollen die **Temperatur- und Feuchteverläufe in der Betthöhle** erfasst werden.

Die zugehörigen Messungen werden mit einem sog. **mikroklimatischen Simulationsmodell**, also einer technisch-standardisierten Methode durchgeführt, die sich an den realen Bedingungen des liegenden Menschen orientiert (vgl. Abb.7a, 7b):

Ein sog. Klima-Dummy gibt Wärme- und Feuchtigkeit in der Weise ab, wie es bei einem liegenden Menschen der Fall ist. Erfasst werden die Temperatur- und Feuchteverläufe in der Betthöhle.

Bei diesen Messungen der mikroklimatischen Matratzeigenschaften wird ein Standard-Deckbett (Deckbett aus silikonisierter Polyester-Hohlfaser mit Inlet aus 80 % Viscose und 20 % Polyamid, Größe 135 cm x 200 cm; Deckbett-Bezug aus 100 % Baumwolle) verwendet.

#### **Versuchsbedingungen:**

Die mikroklimatischen Untersuchungen mit Simulationsmodell werden unter den nachfolgend stichpunktartig zusammengefassten Versuchsbedingungen durchgeführt:

- Prüf-Raumklima: 21°C, 50% rel. Feuchte, Luftbewegung < 0,05 m/s.
- Versuchsdauer: 7 Stunden.
- Versuchswiederholung: Es wird grundsätzlich ein Wiederholungsversuch unter den gleichen Versuchsbedingungen durchgeführt.  
Zeigen die erzielten Messergebnisse eine Abweichung von mehr als 0,3 K bzw. 1%-Punkt rel. Feuchte, dann werden so oft Versuchswiederholungen durchgeführt, bis die Abweichung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Versuchen  $\leq 0,3$  K bzw. 1%-Punkt rel. Feuchte beträgt.

#### **Temperatur- und Feuchte-Messung:**

Die Messung der mikroklimatischen Parameter 'Temperatur' und 'relative Feuchte' im Kontaktbereich Klima-Dummy / Matratze erfolgt mit kombinierten Temperatur- und Feuchtesensoren folgender Spezifikationen:

Einsatzbereich:

Temperaturmessung: +5 bis +50°C; Feuchtemessung: 0 bis 90% r.F.

Genauigkeit bei 23°C:

Temperaturmessung: +/- 1K

Feuchtemessung: +/- 3% r.F. (25 bis 90% r.F.); +/- 4% r.F. (< 25% r.F.)

Reproduzierbarkeit:

Temperaturmessung: < 0,2 K

Feuchtemessung: < 0,6% r.F.

Sensorpositionierung:

- Matratzen-seitig 2 Sensoren,
  - Deckbett-seitig 2 Sensoren,
- jeweils im Rumpfbereich an der Dummy-Oberfläche.



Abb.7a: Klima-Dummy zur mikroklimatischen Untersuchung von Matratzen

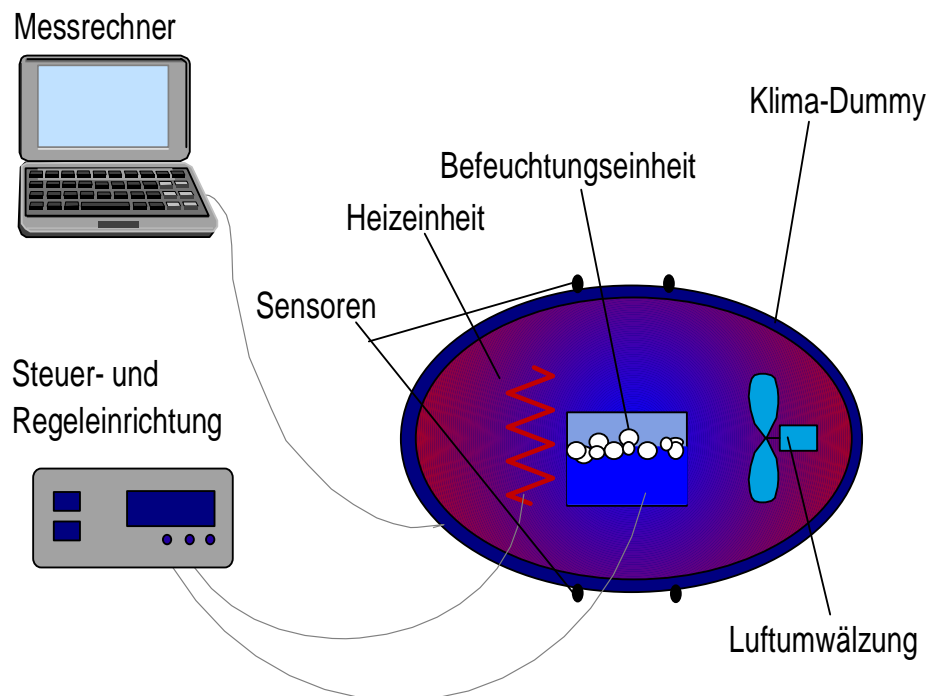


Abb.7b: Schematische Darstellung des thermoregulatorischen Simulationsmodells für mikroklimatische Untersuchungen von Matratzen

### 3. Prüfergebnisse

Bei den hier untersuchten ergonomischen Eigenschaften muss unterschieden werden zwischen Eigenschaften, die einen eher beschreibenden Charakter haben (Federelastizität, Wärmeisolation) und Eigenschaften, die quantitativ bewertbar sind (bspw. Biege- oder Punktelastizität, Feuchteableitung). Bei den letztgenannten Eigenschaften wird eine **5-stufige Notenbewertung** vorgenommen - die zugehörigen Einstufungen finden sich im Anhang (vgl. Kap.4).

Da bekannt ist, dass der **Bezug** einen erheblichen Einfluss auf die elastischen Eigenschaften einer Matratze ausüben kann, werden die elastischen Funktionsprüfungen jeweils am **Matratzenkern solo (ohne Bezug)** sowie am **kompletten Matratzenaufbau (mit Bezug)** durchgeführt.

#### 3.1 Einfache elastische Eigenschaften (Feder-, Biege-, Punktelastizität)

##### • Federelastizität

**Tabelle 1** gibt die **Eindrückwege** ( $s$  in mm) für die Prüfmatratze bei verschiedenen **Eindrückkräften** (100 N, 200 N, 300 N) wieder (**federelastische Prüfung**). Diese Eindrückkräfte entsprechen derjenigen Belastung, die in der realen Liegesituation je nach Körperareal und individuellen Bedingungen (Körpergröße, Körpermasse) auf das Liegesystem ausgeübt werden: Je niedriger der Eindrückweg bei einer bestimmten Eindrückkraft ist, desto härter ist die Matratze, je größer der Eindrückweg desto weicher. Wie bereits erwähnt ist die Federhärte eine beschreibende Größe, die keiner quantitativen Bewertung unterzogen wird. Grundsätzlich gilt für die körperzonengerechte Gestaltung einer Matratze, dass die **relativen Zonenhärten** und die **geometrische Zoneneinteilung** etwa folgendermaßen beschaffen sein sollten (Kopf-Fuss-wendbare Matratzen):

- **Schulterzone** (ca. 25/30 cm - 60 cm von der Matratzenoberkante): ca. 85% - 90% rel. Härte;
- **Lendenzone** (ca. 60 cm – 80 cm von der Matratzenoberkante): 100% rel. Härte;
- **Beckenzone** (ca. 80 cm – 120 cm von der Matratzenoberkante): ca. 95% - 105% rel. Härte.

##### • Biegeelastizität

In **Tabelle 2** sind die **Biegewege** ( $b$  in mm) bei festgelegten **Biegekräften** (50 N, 100 N, 150 N) ausgewiesen sowie die zugehörige Bewertung (**biegeelastische Prüfung**). Grundsätzlich gilt: Je größer der Biegeweg bei einer bestimmten aufgebrauchten Biegekraft ist, desto biegeelastischer reagiert die Matratze.

##### • Punktelastizität

**Tabelle 3** weist die **Spitzendruckwerte** ( $P_{\max}$  in N/cm<sup>2</sup>) aus, die an der Ferse unter Belastung (14 N) auftreten sowie die zugehörigen Bewertungsnoten (**punktelastische Prüfung**). Die Belastung von 14 N entspricht derjenigen Kraft, die eine mittelgroße, mittelschwere Person als anteilige Körpergewichtskraft des Fußes über die Ferse auf die Matratze überträgt. Generell gilt: Je niedriger die gemessenen Druckwerte sind, desto punktelastischer reagiert die Matratzenoberfläche.

## Prüfinhalt Federelastizität

Tab. 1: Bestimmung der **Federelastizität**: Gemessene **Eindrückwege** (s in mm) bei verschiedenen Belastungen sowie daraus berechnete, gemittelte Federkonstante ( $C_{M-203}$  in N/mm), Härte-Einordnung vgl. Anhang; **Matratze 'Natural Classic Mediform'; mit / ohne Bezug**  
 Untersuchung auf harter Unterlage; Prüfstempel: d = 203 mm  
 In Klammern: prozent. Härteänderungen im Schulter- und Beckenbereich bezogen auf den Lendenbereich

Matratze	Messbereich	Eindrückweg s (in mm) bei Eindrückkraft			$C_{M-203}$ (in N/mm)	
		100 N	200 N	300 N		
Natural Classic Mediform	mit Bezug	Schulterber.	29,6	54,3	74,9	3,69 (+1%)
		Lendenber.	29,7	55,1	75,2	3,66
		Beckenber.	30,3	54,4	74,6	3,67 (0%)
		Fersenber.	27,4	51,7	71,2	3,91
		gemittelt				3,73
	ohne Bezug	Schulterber.	26,7	55,2	75,6	3,78 (0%)
		Lendenber.	27,2	55,2	75,2	3,76
		Beckenber.	27,8	55,8	75,0	3,73 (-1%)
		Fersenber.	25,3	52,9	72,4	3,96
		gemittelt				3,81

- Die Matratze '*Natural Classic Mediform*' ist hinsichtlich der federelastischen Härteabstimmung folgendermaßen einzuordnen:
  - **ohne Bezug**: Bereich 'mittelhart'
  - **mit Bezug**: Bereich '**mittelhart**'.
 Am **Kern ohne Bezug** sowie auch am **kompletten Matratzenaufbau mit Bezug** ist praktisch keine Härtezonierung der Liegefläche messbar.
- Der **Bezug** reduziert die Härte geringfügig um ca. 2%.

## Prüfinhalt Biegeelastizität

Tab. 2: Bewertung der **Biegeelastizität**: Gemessene **Biegewege** (b in mm) bei verschiedenen Belastungen sowie zugehörige Bewertung - Abstufung der Bewertung vgl. Anhang;

**Matratze 'Natural Classic Mediform'; mit / ohne Bezug**

Untersuchung auf geteilter Unterlage; Prüfstempel: Biegestempel

Matratze		Biegeweg b in mm bei Biegekraft			Bewertung: Noten
		50 N	100 N	150 N	
<b>Natural Classic Mediform</b>	mit Bezug	7,7	16,4	<b>24,4</b>	<b>2,5</b>
	ohne Bezug	12,5	24,6	33,2	1,5

### Zuordnung der Noten:

bis 1,5: `sehr gut` / 1,6 bis 2,5: `gut` / 2,6 bis 3,5: `befriedigend` / 3,6 bis 4,5: `ausreichend` / ab 4,6: `ungenügend`

- Die **biegeelastischen** Eigenschaften der Matratze '*Natural Classic Mediform*' liegen **ohne Bezug** (Note 1,5) auf noch **`sehr gutem`** Bewertungsniveau und **mit Bezug** (Note 2,5) auf noch **`gutem`** Bewertungsniveau.
- Der **Bezug** schwächt die biegeelastischen Eigenschaften um 1,0 Notenstufen ab.



## Prüfinhalt Punktelastizität

Tab. 3: Bewertung der **Punktelastizität**: Gemessene **Spitzendruckwerte** ( $P_{max}$  in  $N/cm^2$ ) bei einer Belastung mit 14 N sowie zugehörige Bewertung - Abstufung der Bewertung vgl. Anhang;

**Matratze 'Natural Classic Mediform'; mit / ohne Bezug**

Untersuchung auf harter Unterlage; Prüfstempel: Fersenprüfstempel

Matratze		Messbereich	Spitzendruck $P_{max}$ in $N/cm^2$	Bewertung: Noten
Natural Classic Mediform	mit Bezug	Schulterber.	1,29	2,1
		Lendenber.	1,09	1,7
		Beckenber.	1,20	1,9
		Fersenber.	1,43	2,4
				2,0
	ohne Bezug	Schulterber.	0,66	0,8
		Lendenber.	0,73	1,0
		Beckenber.	0,76	1,0
		Fersenber.	0,80	1,1
				1,0

### Zuordnung der Noten:

bis 1,5: `sehr gut` / 1,6 bis 2,5: `gut` / 2,6 bis 3,5: `befriedigend` / 3,6 bis 4,5: `ausreichend` / ab 4,6: `ungenügend`

- Die **punktelastischen** Eigenschaften der Matratze '*Natural Classic Mediform*' liegen **ohne Bezug** (Note 1,0) auf **`sehr gutem`** Bewertungsniveau und **mit Bezug** (Note 2,0) auf **`gutem`** Bewertungsniveau.
- Der **Bezug** schwächt die punktelastischen Eigenschaften um 1,0 Notenstufen ab.

## 3.2 Kombinierte elastische Eigenschaften

### • Schulterzonenwirkung

In **Tabelle 4** ist die **Einsinkung** der Schulterpartie bei den Simulationen 'Rückenlage' und 'Seitenlage' sowie die sich daraus ergebenden **Einsinkdifferenzen** für drei Personengruppen zusammengefasst. Die Personengruppen-bezogenen Kennkräfte für die Belastung der beiden Schulterzonenprüfstempel entsprechen in etwa der Masse der jeweiligen Schulterpartie, nämlich

- **100 N** für **kleine/leichte** Personen (5.Perz. Frau),
- **200 N** für **mittelgroße/mittelschwere** Personen (50.Perz. Mann),
- **250 N** für **große/schwere** Personen (95.Perz. Mann).

Es gilt: Je größer die Einsinkdifferenz zwischen Seitenlagen- und Rückenlagen-Simulation ist, desto besser ist die selektive Schulterzonenwirkung.

### • Körperzonenstützung

**Tabelle 5** gibt die Qualität der **Körperzonenstützung** in Rückenlage - gekennzeichnet durch die **Höhe der Lordosenstützkraft** - bei Simulation der drei Personengruppen wieder.

Die Personengruppen-bezogenen Kennkräfte für die Gesamtbelastung des Körperzonenprüfstempels entsprechen etwa der jeweiligen Oberkörper- sowie anteiligen Extremitätenmasse, nämlich

- **350 N** für **kleine/leichte** Personen (5.Perz. Frau),
- **450 N** für **mittelgroße/mittelschwere** Personen (50.Perz. Mann),
- **500 N** für **große/schwere** Personen (95.Perz. Mann).

Grundsätzlich gilt: Je höher die resultierende Lordosenstützkraft ist, desto besser ist die Körperzonenstützung.

### Prüfinhalt Schulterzonenwirkung

Tab.4: Bewertung der **Schulterzonenwirkung**: Differenzwerte (D in mm) der Einsinkung bei Rückenlagen- (R in mm) und Seitenlagen-Simulation (S in mm) verschiedener Personengruppen sowie zugehörige Bewertung - Abstufung der Bewertung vgl. Anhang;

**Matratze 'Natural Classic Mediform'; mit Bezug (mB) / ohne Bezug (oB)**

Untersuchung auf einem Standard-Lattenrost; Prüfstempel: Rückenlagen-(R) und Seitenlagen-(S) Stempel

Matratze	Schulterzonenwirkung									Mittel	
	5. Perz. Frau			50. Perz. Mann			95. Perz. Mann				
	R	S	D	R	S	D	R	S	D		
<b>Einsinkwerte (in mm)</b>											
<b>Natural Classic Mediform</b>	mB	20,1	47,6	<b>27,5</b>	38,6	76,1	<b>37,5</b>	48,6	93,5	<b>44,9</b>	
	oB	15,8	46,9	<b>31,1</b>	36,7	80,3	<b>43,6</b>	47,8	98,1	<b>50,3</b>	
<b>Bewertung: Noten</b>											
<b>Natural Classic Mediform</b>	mB	<b>2,0</b>			<b>1,9</b>			<b>2,1</b>			<b>2,0</b>
	oB	1,3			1,0			1,5			1,2

**Zuordnung der Noten:**

bis 1,5: `sehr gut` / 1,6 bis 2,5: `gut` / 2,6 bis 3,5: `befriedigend` / 3,6 bis 4,5 `ausreichend` / ab 4,6: `ungenügend`

- Die **Schulterzonenwirkung** der Matratze '*Natural Classic Mediform*' ist im Mittel aller Personengruppen **ohne Bezug** einem `sehr guten` **Bewertungsniveau** (Note 1,2) zuzuordnen. **Mit Bezug** ergibt sich im Mittel ein `gutes` **Bewertungsniveau** (Note 2,0).
- Eine weitergehende Betrachtung der 3 simulierten **Personengruppen** zeigt bei dieser elastischen Funktionsprüfung **mit Bezug** nur einen tendenziellen Eignungsschwerpunkt für **mittelgroße/mittelschwere** (Note 1,9) Personen; aber auch für **kleine/leichte** (Note 2,0) und **große/schwere** (Note 2,1) Personen ergibt sich ein `gutes` Bewertungsniveau.
- Der **Bezug** schwächt die Bewertung der Schulterzonenwirkung um im Mittel 0,8 Notenschritte ab.

## Prüfinhalt Körperzonenstützung

Tab. 5: Bewertung der **Körperzonenstützung** in Rückenlage: Gemessene **Lordosenstützkraft** (F in N) bei Belastungssimulation verschiedener Personengruppen sowie zugehörige Bewertung - Abstufung der Bewertung vgl. Anhang;

### Matratze 'Natural Classic Mediform'; mit / ohne Bezug

Untersuchung auf einem Standard-Lattenrost in unterschiedlicher Einstellung der Leistenhärten im Lendenbereich (**ohne / mit** Lordosenunterstützung) - Prüfstempel: Körperzonenstempel

Matratze		Körperzonenstützung			Mittel
		5. Perz. Frau	50. Perz. Mann	95. Perz. Mann	
<b>Lordosenstützkraft (F in N - ohne / mit Lordosenunterstützung)</b>					
Natural Classic Mediform	mit Bezug	80,5 / 81,6	107,0 / 109,1	121,2 / 122,3	
	ohne Bezug	84,9 / 85,8	112,6 / 115,2	126,7 / 128,3	
<b>Bewertung: Noten (ohne / mit Lordosenunterstützung)</b>					
Natural Classic Mediform	mit Bezug	2,5 / 2,4	2,3 / 2,2	2,4 / 2,3	2,4 / 2,3
	ohne Bezug	2,1 / 2,0	1,8 / 1,6	1,9 / 1,8	1,9 / 1,8

#### Zuordnung der Noten:

bis 1,5: `sehr gut` / 1,6 bis 2,5: `gut` / 2,6 bis 3,5: `befriedigend` / 3,6 bis 4,5 `ausreichend` / ab 4,6: `ungenügend`

- Die **Körperzonenstützung** der Matratze '*Natural Classic Mediform*' ist im Mittel aller Personengruppen **ohne Bezug** einem `guten` **Bewertungsniveau** (Noten 1,9/1,8) zuzuordnen. **Mit Bezug** ergibt sich im Mittel ebenfalls ein `gutes` **Bewertungsniveau** (Noten 2,4/2,3).
- Eine weitergehende Betrachtung der 3 simulierten **Personengruppen** zeigt bei dieser elastischen Funktionsprüfung **mit Bezug** nur einen tendenziellen Eignungsschwerpunkt für **mittelgroße/mittelschwere** (Noten 2,3/2,2) Personen; aber auch für **kleine/leichte** (Noten 2,5/2,4) und **große/schwere** (Noten 2,4/2,3) Personen ergibt sich ein `gutes` Bewertungsniveau.
- Der **Bezug** schwächt die Bewertung der Körperzonenstützung um im Mittel 0,5 Notenschritte ab.

### 3.3 Mikroklimatische Eigenschaften

In den Abbildungen 8 und 9 sind die gemessenen Temperatur- und Feuchteverlaufskurven (Mittelwertskurven aus Versuch I und Versuch II) der untersuchten **Matratze 'Natural Classic Mediform'** ausgewiesen:

- **Abb. 8: Temperaturverlaufskurve,**
- **Abb. 9: Feuchteverlaufskurve.**

**Tabelle 6** weist die zugehörigen mikroklimatischen Kennwerte im Stundenrhythmus ab der dritten Versuchsstunde aus. Ab diesem Zeitpunkt sind die regelungstechnischen / Simulationsgerät-bezogenen und die Prüfmaterial-bedingten Einschwingvorgänge in der Regel abgeschlossen.

Zur zusammenfassenden Ergebnisdarstellung und Bewertung weist **Tabelle 7** die nach 7 Stunden erreichten **Endwerte** der Temperaturen und Feuchtwerte mit zugehöriger **Beschreibung (Thermisches Isolationsverhalten)** sowie **Bewertung (Feuchteableitende Wirkung)** aus.

Die ermittelten **steady-state-Messwerte** für Temperatur und Feuchte (vgl. Tab.6, Tab.7) basieren auf folgenden **Mittelungen**:

- Mittelwertbildung stündlich, jeweils für die beiden matrattenseitig angeordneten Sensoren, jeweils bestimmt aus 5 Einzelmesswerten im Abstand von 1 Minute (Stundenwert),
- Mittelung über 2 matrattenseitige Sensoren (Sensorenmittelwert),
- Mittelung über Versuch I und Versuch II (Versuchsmittelwert).

Da die **thermische Isolationswirkung** einer Matratze eine **beschreibende Größe** ist, wird hier keine Bewertung, sondern eine Ergebnisbeschreibung in folgender Weise vorgenommen:

- **`niedriges`** Isolationsvermögen ( $< 35,8^{\circ}\text{C}$ )
- **`mittleres`** Isolationsvermögen ( $35,8^{\circ}\text{C} - 36,2^{\circ}\text{C}$ )
- **`hohes`** Isolationsvermögen ( $> 36,2^{\circ}\text{C}$ ).

Hinsichtlich der **feuchteableitenden Wirkung** gilt grundsätzlich: Je niedriger die gemessenen Kontaktflächenfeuchten (je besser also die Feuchteableitung), desto günstiger ist die Situation aus mikroklimatischer Sicht. Infolgedessen ist die gemessene Feuchte **bewertbar** (vgl. Anhang).

#### Temperatur in der Betthöhle:

- Die **Matratze 'Natural Classic Mediform'** liegt mit einer nach 7-stündiger Versuchsdauer erreichten **Endtemperatur** von  **$35,9^{\circ}\text{C}$**  im Bereich eines **`mittleren` Wärmeisolationsvermögens**.

#### Feuchte in der Betthöhle:

- Die **Matratze 'Natural Classic Mediform'** verfügt mit einem erreichten **Endfeuchtwert** von  **$54,5\%$  r.F.** über **feuchteableitende Eigenschaften** auf **`gutem` Bewertungsniveau (Note 2,4)**.

### Prüfinhalt Mikroklima

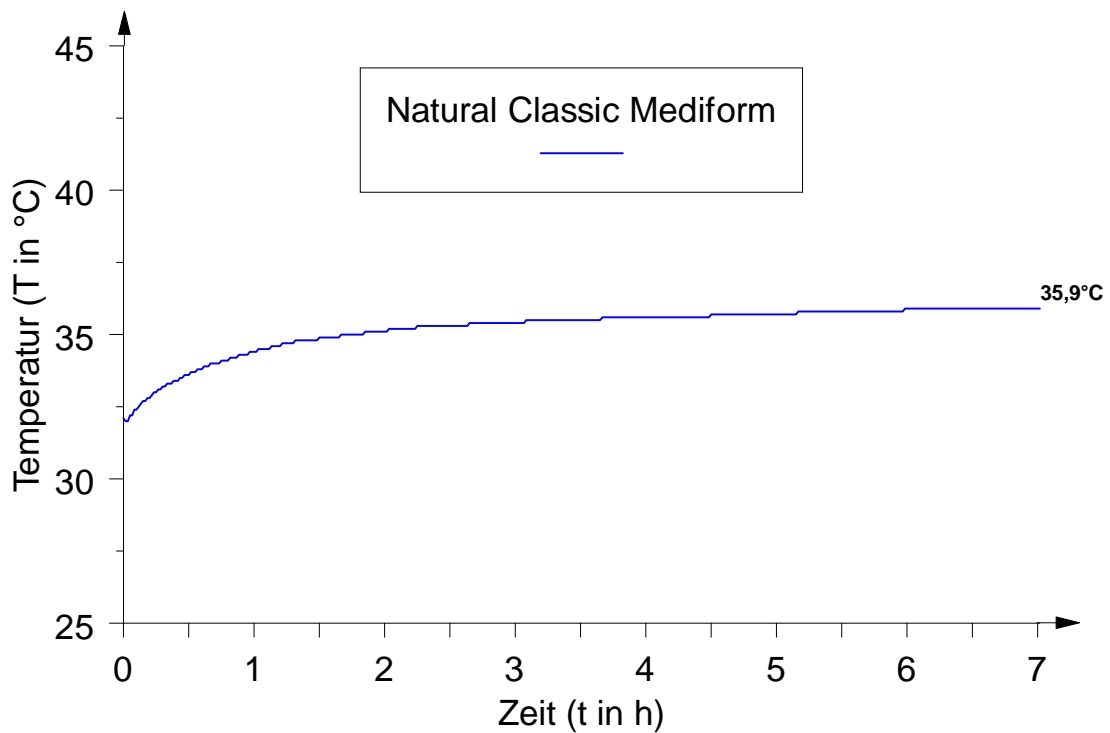


Abb.8: Verlauf der Kontaktflächentemperatur (Mittelwertskurven aus Versuch I und II):  
*Matratze 'Natural Classic Mediform'*

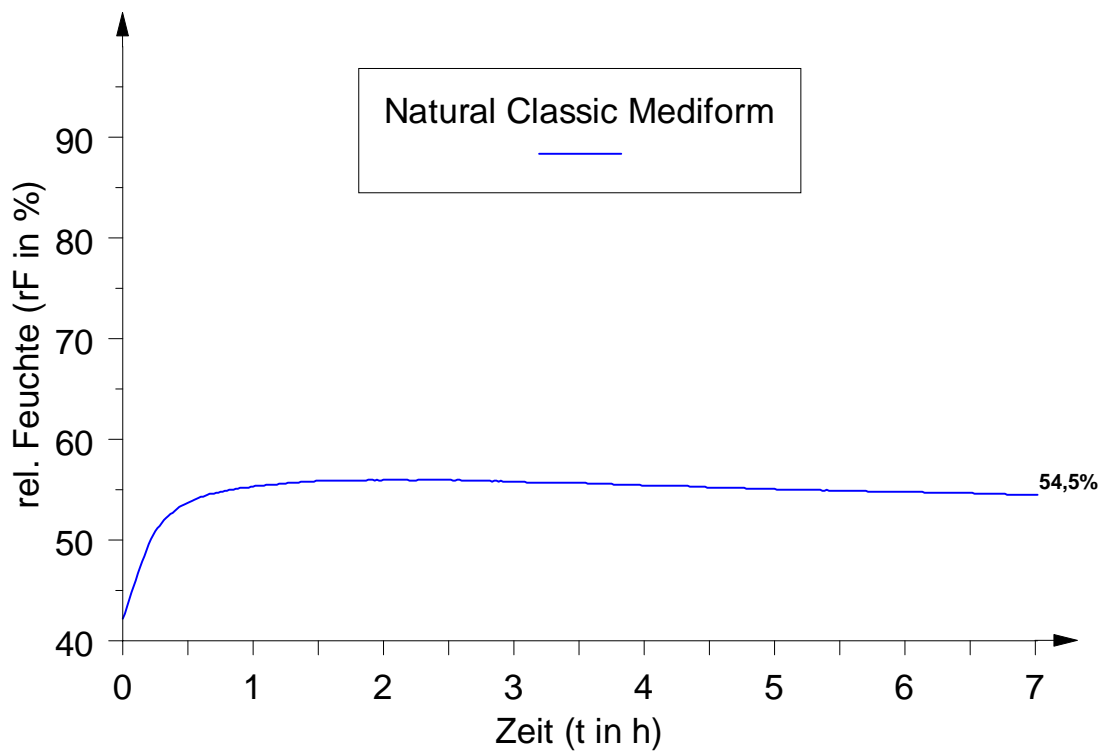


Abb.9: Verlauf der Kontaktflächenfeuchte (Mittelwertskurven aus Versuch I und II):  
*Matratze 'Natural Classic Mediform'*

Tab. 6: **Temperatur- und Feuchtemesswerte** an der Kontaktfläche zwischen Klima-Dummy und untersuchtem Matratzenaufbau zu **verschiedenen Versuchszeitpunkten**.

Messwerte für Versuch I und Versuch II sowie daraus gebildete Mittelwerte.

*Matratze 'Natural Classic Mediform'*

Matratze		Messgröße	Versuchszeitpunkt				
			3h	4h	5h	6h	7h
<i>Natural Classic Mediform</i>	Versuch I	T [°C]	35,5	35,6	35,8	35,9	<b>35,9</b>
		r.F. [%]	55,5	55,3	54,9	54,8	<b>54,4</b>
	Versuch II	T [°C]	35,4	35,6	35,7	35,9	<b>35,9</b>
		r.F. [%]	56,0	55,6	55,1	54,8	<b>54,6</b>
	Mittelwert	T [°C]	<b>35,4</b>	<b>35,6</b>	<b>35,7</b>	<b>35,9</b>	<b><u>35,9</u></b>
		r.F. [%]	<b>55,8</b>	<b>55,4</b>	<b>55,0</b>	<b>54,8</b>	<b><u>54,5</u></b>

Tab. 7: **Temperatur- und Feuchtemesswerte** an der Kontaktfläche zwischen Klima-Dummy und untersuchtem Matratzenaufbau zu **Versuchsende** (7 Stunden).

Mittelwerte aus Versuch I und Versuch II sowie daraus abgeleitete **Beschreibung des Thermischen Isolationsverhaltens und Bewertung der Feuchteableitenden Wirkung**

*Matratze 'Natural Classic Mediform'*

Matratze	T [°C]	Beschreibung - Thermisches Isolationsverhaltens	r.F. [%]	Bewertung - Feuchteableitende Wirkung
<i>Natural Classic Mediform</i>	<b>35,9</b>	<b>'mittel'</b>	<b>54,5</b>	<b>2,4</b>

**Zuordnung der Noten:**

bis 1,5: 'sehr gut' / 1,6 bis 2,5: 'gut' / 2,6 bis 3,5: 'befriedigend' / 3,6 bis 4,5 'ausreichend' / ab 4,6: 'ungenügend'



#### 4. Anhang – Ergonomisches Bewertungsschema

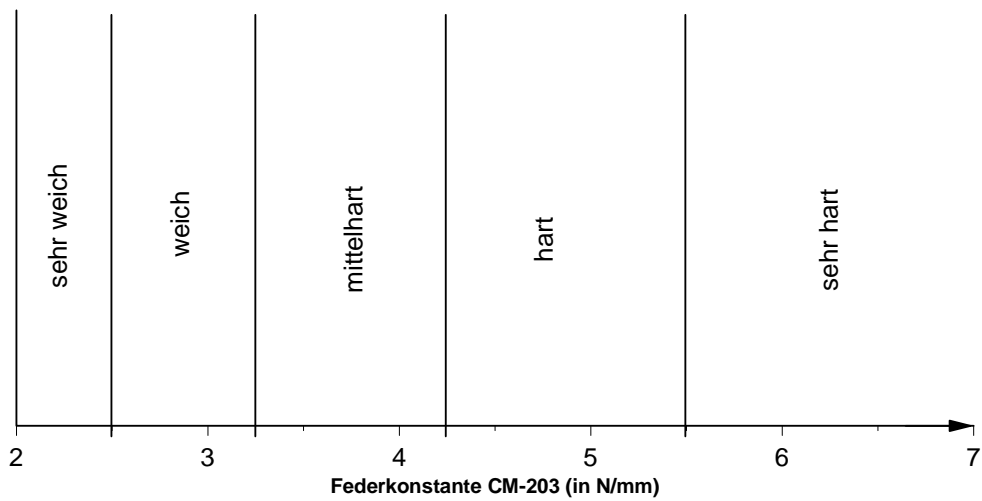


Abb.A1: Beschreibung der **Federelastizität** (Härtegrad) von Matratzen

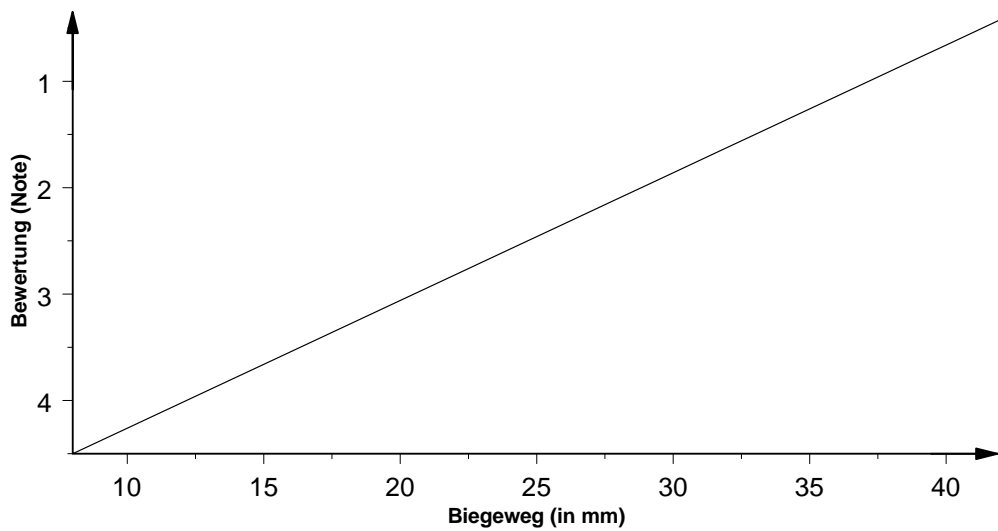


Abb.A2: Bewertungsschema zur Einordnung der **Biegeelastizität** von Matratzen

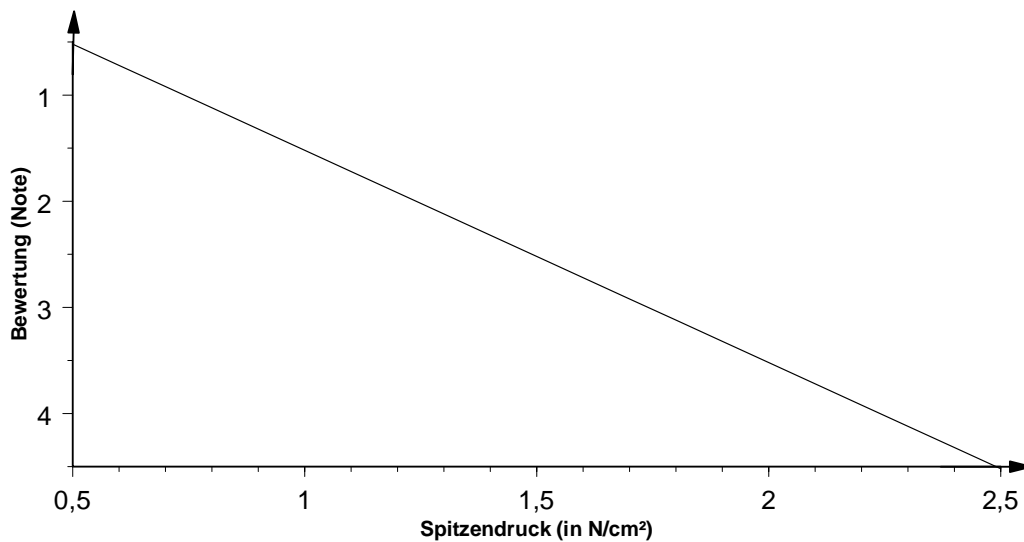


Abb.A3: Bewertungsschema zur Einordnung der **Punktelastizität** von Matratzen

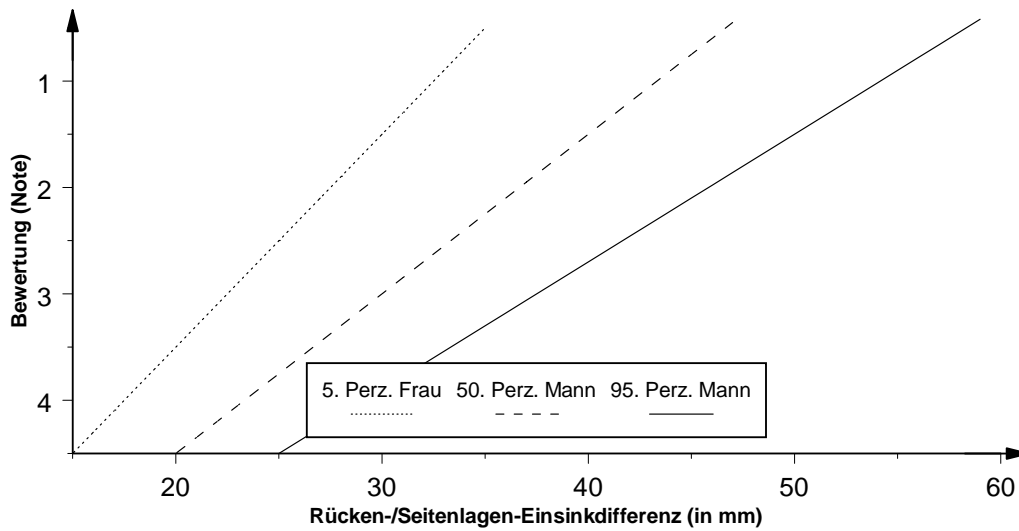


Abb.A4: Bewertungsschema zur Einordnung der **Schulterzonewirkung** von Matratzen-/Rahmensystemen

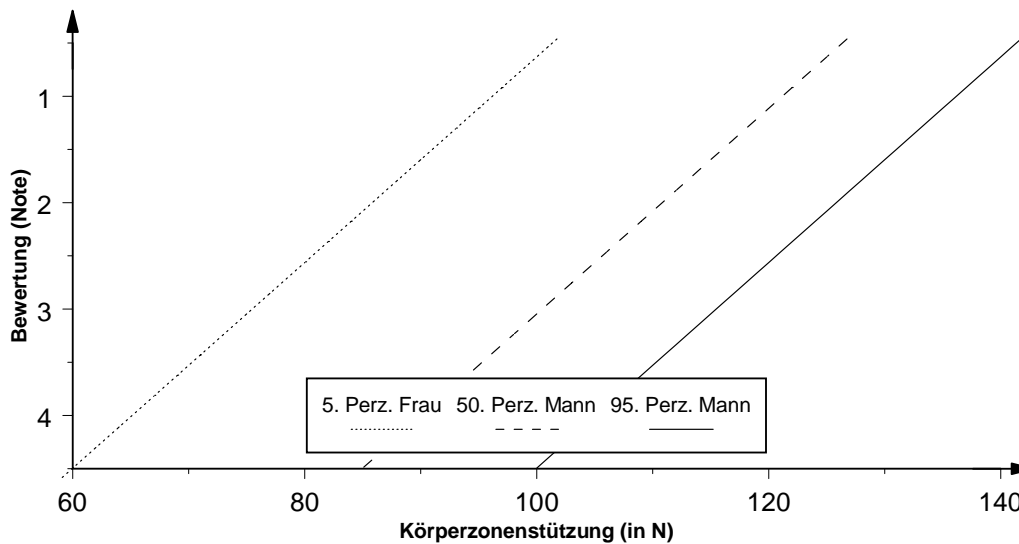


Abb.A5: Bewertungsschema zur Einordnung der **Körperzonenstützung** von Matratzen-/Rahmensystemen

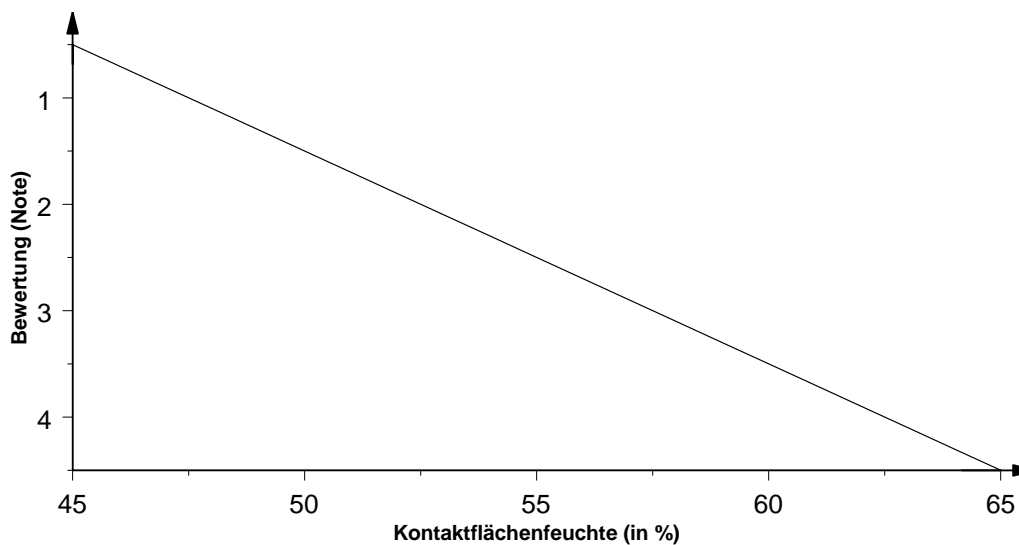


Abb.A6: Bewertungsschema zur Einordnung der **feuchteableitenden Eigenschaften** von Matratzen (Untersuchung mit Klima-Dummy III bei Raumklima 21°C / 50% r.F., Standard-Deckbett)

**Zuordnung der Noten:**

bis 1,5: `sehr gut` / 1,6 bis 2,5: `gut` / 2,6 bis 3,5: `befriedigend` / 3,6 bis 4,5 `ausreichend` / ab 4,6: `ungenügend`