

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Pathologische Beurteilung

**Patient 1: E 13421 / 92**

##### *Rechtes Femur:*

###### *Makroskopische Beurteilung:*

Die Scheiben wurden von proximal nach distal fortlaufend nummeriert.

Scheiben 1-9: Implantat von trabekulärem Knochen umgeben.

Scheiben 10-14: Überwiegend Kompakta in der Umgebung des Implantates.

Scheibe 15: Spitze der Prothese von Trabekeln umgeben.

Im Markraum befinden sich zahlreiche Blasen und ein leicht grüngelbliches, schmutziges Gewebe, als Hinweis auf Fäulnisblasen bei zu später und damit ungenügender Fixierung.

###### *Histologie:*

Scheibe 1: Größter Teil der HA-Beschichtung im Verbund mit Knochen.

Scheibe 3: Ventral ist die Bindung von Knochenbälkchen an die HA-Beschichtung erfolgt, in einem kleineren Abschnitt ist eine Resorptionszone sichtbar, wo Knochen und HA-Beschichtung resorbiert worden sein müssen. Im Übrigen ist die Beschichtung überwiegend in knöchernem Verbund.

Scheibe 8: Verankerung von Knochentrabekeln in der HA-Beschichtung. Einige Areale mit Weichgewebe an der Oberfläche der Beschichtung, die an einigen Stellen lakunär resorbiert ist. Freiliegendes Metall ist nicht erkennbar.

Scheibe 14: wie Scheibe 3.

***Linkes Femur:***

Es wurden 22 Scheiben von proximal nach distal durchnummeriert. Scheiben 1 bis 17 enthielten Prothesenteile.

***Makroskopische Beurteilung:***

Scheiben 1-12: Trabekuläre Abstützung des Implantates.

Scheiben 13-16: Ventral wenig Trabekel, Trabekel in Kontakt zum Metall, medial ebenfalls überwiegend Kompakta in Kontakt mit dem Implantat.

Proximal (Scheiben 1-4) ist die Kompakta 4 mm dick, distal (Scheiben 17-18) 10mm.

Auch hier befinden sich im Markraum zahlreiche Blasen und ein leicht grün-gelbliches schmutziges Gewebe als Hinweis auf Fäulnisblasen durch zu späte und ungenügende Fixierung.

***Histologie:***

Scheibe 1: Der größte Teil der Beschichtung ist von Knochen eingenommen, dieser ist über größere Strecken lediglich als dünne Lamelle, im übrigen in breiter trabekulärer Struktur entwickelt. Ventromedial eine Stelle mit Knochenmark in Kontakt zur HA-Beschichtung, die umschrieben aufgelöst bzw. resorbiert ist. An einer kleinen Stelle kommt es nach Auflösung der HA-Beschichtung zum Kontakt zwischen Weichgewebe und Metall.

Scheibe 3: Überwiegend sehr schmaler Saum von lamellärem Knochen, trabekuläre Abstützung des Knochens auf der HA-Beschichtung.

Scheibe 8: wie Scheibe 3.

Scheibe 16: Medial und lateral befindet sich ein Verbund zwischen kompaktem Knochen und der Beschichtung. Dorsal sind einige Lakunen in der HA-Beschichtung bei Weichgewebe-Kontakt sichtbar.

***Beurteilung:***

Bindung von trabekulärem und kompaktem Knochen an eine oberflächlich mit Hydroxylapatit beschichtete Femurschaftprothese links und rechts 12 bzw. 7 Monate nach Implantation, klinisch bei sofortiger postoperativer Belastung mit einem Körpergewicht von 125 kg.

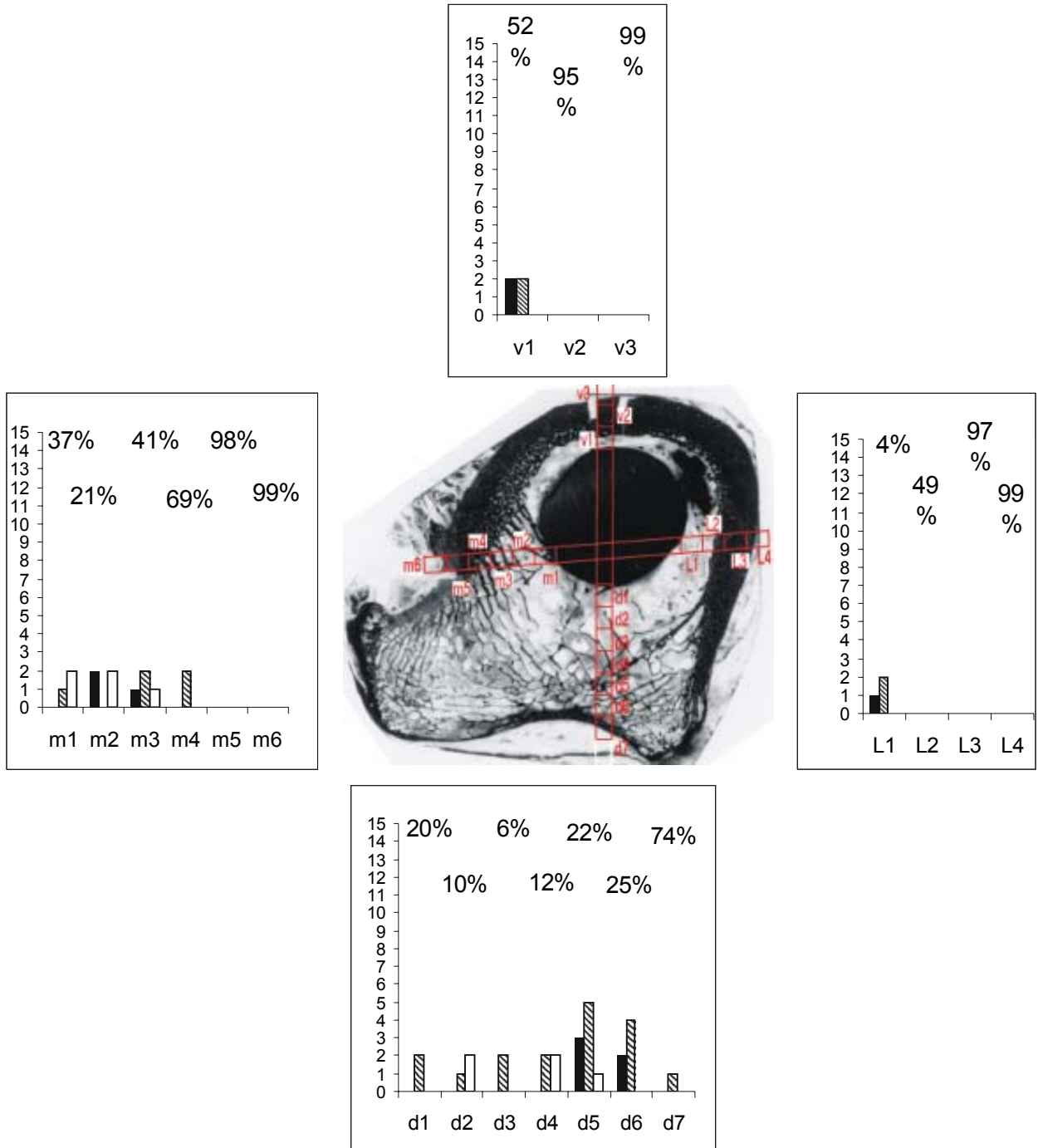
Wesentliche Unterschiede in der Bindung von Knochen an die Beschichtung sind in den verschiedenen Höhen nicht zu sehen. Auch Unterschiede zwischen rechts und links sind nicht überzeugend erkennbar, obwohl rechts die Implantation sieben Monate später erfolgte. Die klinisch postoperativ beobachtete Komplikation mit Blutung und chronischer fistelnder Entzündung auf der rechten Seite, hat sich offensichtlich nicht erkennbar auf die Verankerung des Implantates im Knochen ausgewirkt.





Im folgenden wird eine Abbildung aus unseren Auswertungsprotokollen exemplarisch für jeden Patienten aufgeführt.

In der Mitte des Blattes befindet sich eine Abbildung des implantathaltigen Präparates in der Übersichtsdarstellung. Die Messbereiche wurden rot markiert. In den entsprechenden Diagrammen sind die Werte für die Orientierung der Trabekel und der Anteil der von Knochen eingenommenen Fläche des Präparates eingetragen. Die Messbereiche im ventralen Bereich sind mit v1, v2, u.s.w. markiert. Die Messbereiche im medialen Bereich tragen die Aufschrift m1, m2, u.s.w., die in den lateralen Bereichen l1, l2, u.s.w., und die dorsalen Messbereiche sind mit d1, d2, u.s.w. markiert. Die Balken repräsentieren die Anzahl der vorhandenen Trabekel in dem jeweiligen Messbereich. Die weiß dargestellten Balken zeigen die Anzahl der parallel zu der Prothesenoberfläche orientierten Trabekel. Die gestrichelten Balken zeigen die Anzahl der schräg zu der Prothesenoberfläche verlaufenden Trabekel und die schwarzen Balken zeigen die Anzahl der senkrecht zu der Prothesenoberfläche verlaufenden Trabekel. Über den Balken ist jeweils in Prozent der Anteil des mineralisierten Knochengewebes an der Gesamtfläche des Präparates angegeben. In dem Kortikalisbereich sind nur noch die Angaben über den prozentuellen Anteil des mineralisierten Knochens enthalten. Die Balken fehlen hier, da in diesem Bereich keine Trabekel vorkommen.

**Abb. 22: Beispiel-Datenblatt für Patient 1**

Totale Hüftendoprothese (THP) E 13421 / 92  
Femur links, Scheibe 3



-  Knochen
-  Parallel zu der Prothesenoberfläche verlaufende Trabekel
-  Schräg zu der Prothesenoberfläche verlaufende Trabekel
-  Senkrecht zu der Prothesenoberfläche verlaufende Trabekel

**Patient 2: E 18514 / 94 (RFH )**

***Linkes Femur:***

***Makroskopische Beurteilung:***

Implantat von Zement umgeben. Feste Verankerung des Zements zwischen den Trabekeln.

***Histologie:***

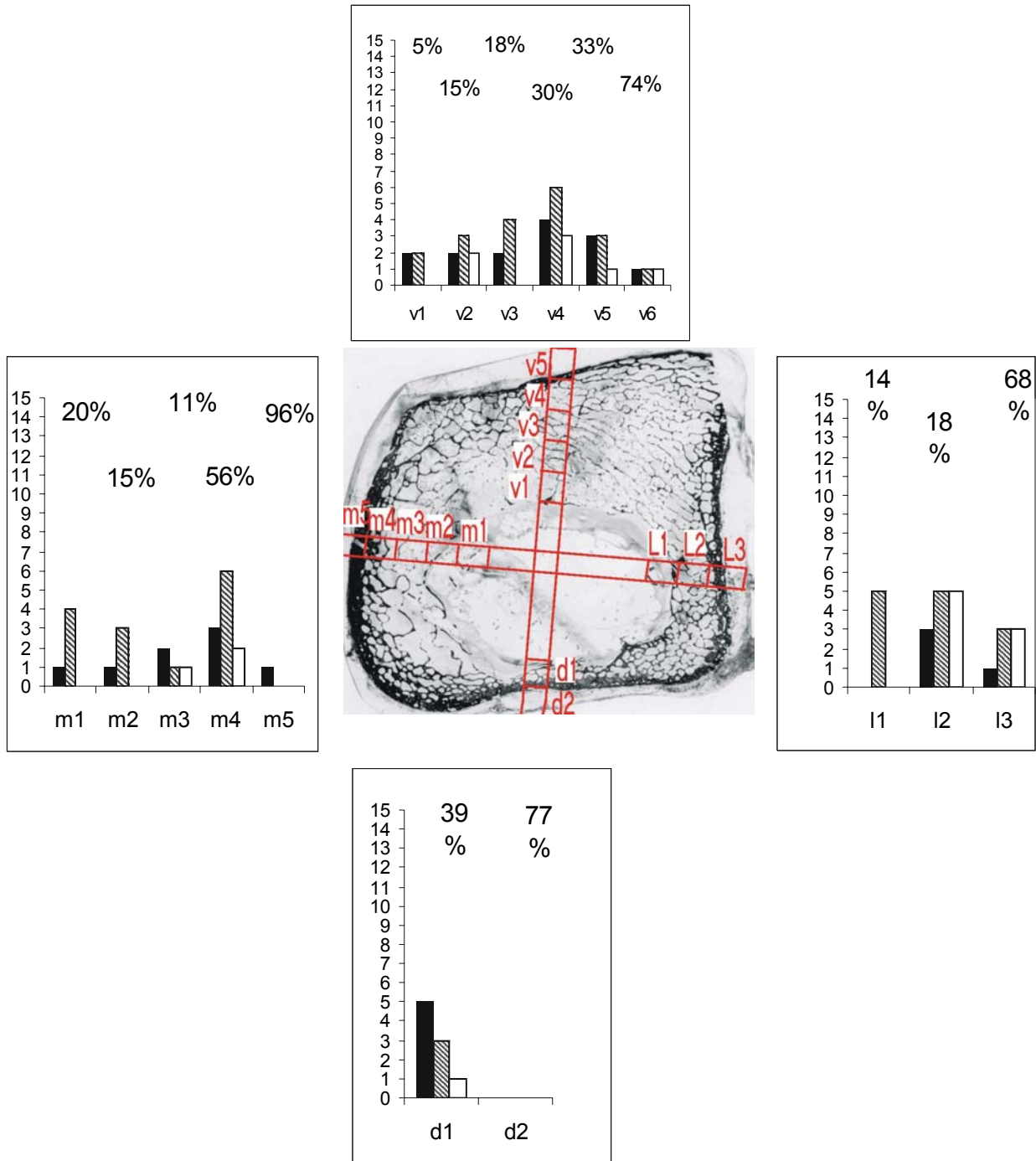
Der größte Teil des Zements hat sich bei der Fixierung gelöst. Block 8 zeigt im dorsalen Bereich engen Kontakt zwischen dem Metall des Implantats und Trabekelwerk. Medial, lateral sowie ventral leerer Raum als Artefakt durch Auflösung des Zementes im ehemaligen Zementbett sichtbar.

***Beurteilung:***

Rarifiziertes Trabekelwerk in allen Schnitten. Verdünnung der Kortikalis bis auf 1 mm in den proximalen Abschnitten und bis 3 mm in den distalen Abschnitten des Femurs.

**Abb. 23: Beispiel-Datenblatt für Patient 2**

Totale Hüftendoprothese (THP) E 18514-94  
Femur links, Scheibe 16-1



**Patient 3: S 32 / 94**

***Linkes Femur:***

***Makroskopische Beurteilung:***

Implantat von Zement umgeben. Blöcke sind markiert mit den Zahlen 9,17 und 25.  
Scheibe 9: Metallquerschnitt dreieckig in Zement eingelassen.

Scheibe 17: wie 9

Scheibe 25: Hier ist der Markraum komplett mit Zement ausgefüllt, Metallanteile sind nicht sichtbar.

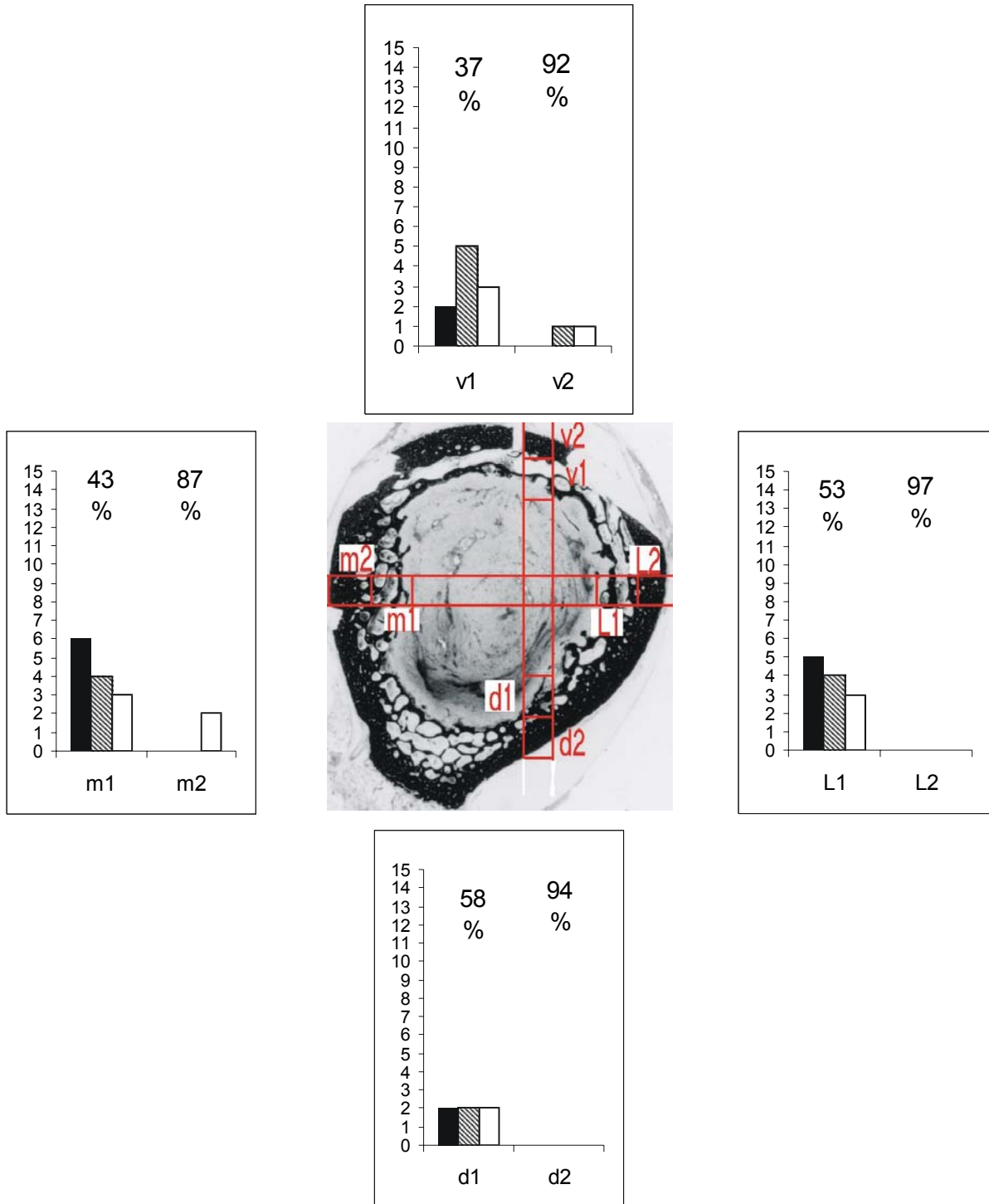
***Histologie:***





In allen Schnitten sind Trabekel im Zement zu erkennen. Der Zement ist randlich zwischen Trabekeln fixiert. Einige Trabekel erscheinen vollständig von Zement umflossen.

***Beurteilung:***

Keine Zeichen einer Lockerung oder Infektion.

Abb. 24: Beispiel-Datenblatt für Patient 3



-  Knochen
-  Parallel zu der Prothesenoberfläche verlaufende Trabekel
-  Schräg zu der Prothesenoberfläche verlaufende Trabekel
-  Senkrecht zu der Prothesenoberfläche verlaufende Trabekel



**Patient 4: S 66-88**

***Rechte Knie-TEP:***

***Histologie:***

Reste von Knochenbälkchen sind im Zement vorhanden. Diese sind zum Teil dekalzifiziert und in Osteoid umgewandelt oder bereits absorbiert und durch Weichgewebe ersetzt worden. In diesem Weichgewebe werden hauptsächlich Makrophagen beobachtet und an Stellen der aktiven Knochenresorption sind Osteoklasten sichtbar. Während diese Zellen im Femurschaft der Knieprothese eher eine Rarität sind, sind sie zahlreich in der Umgebung des tibialen Schafts der Prothese. Im Bereich der Tibia kommen im Weichgewebe neben zahlreichen Makrophagen auch Bruchstücke von Zement vor. Weiterhin ist hier eine Diskontinuität der am Interface vorhandenen Trabekel zu bemerken. Diese Befunde sprechen für eine Lockerung der tibialen Komponente. Die Spongiosa zeigt hier keine direkte Verankerung im Zement.

***Linke Hüft-TEP:***

***Makroskopische Beurteilung:***

Implantat fest knöchern verankert.

***Histologie:***

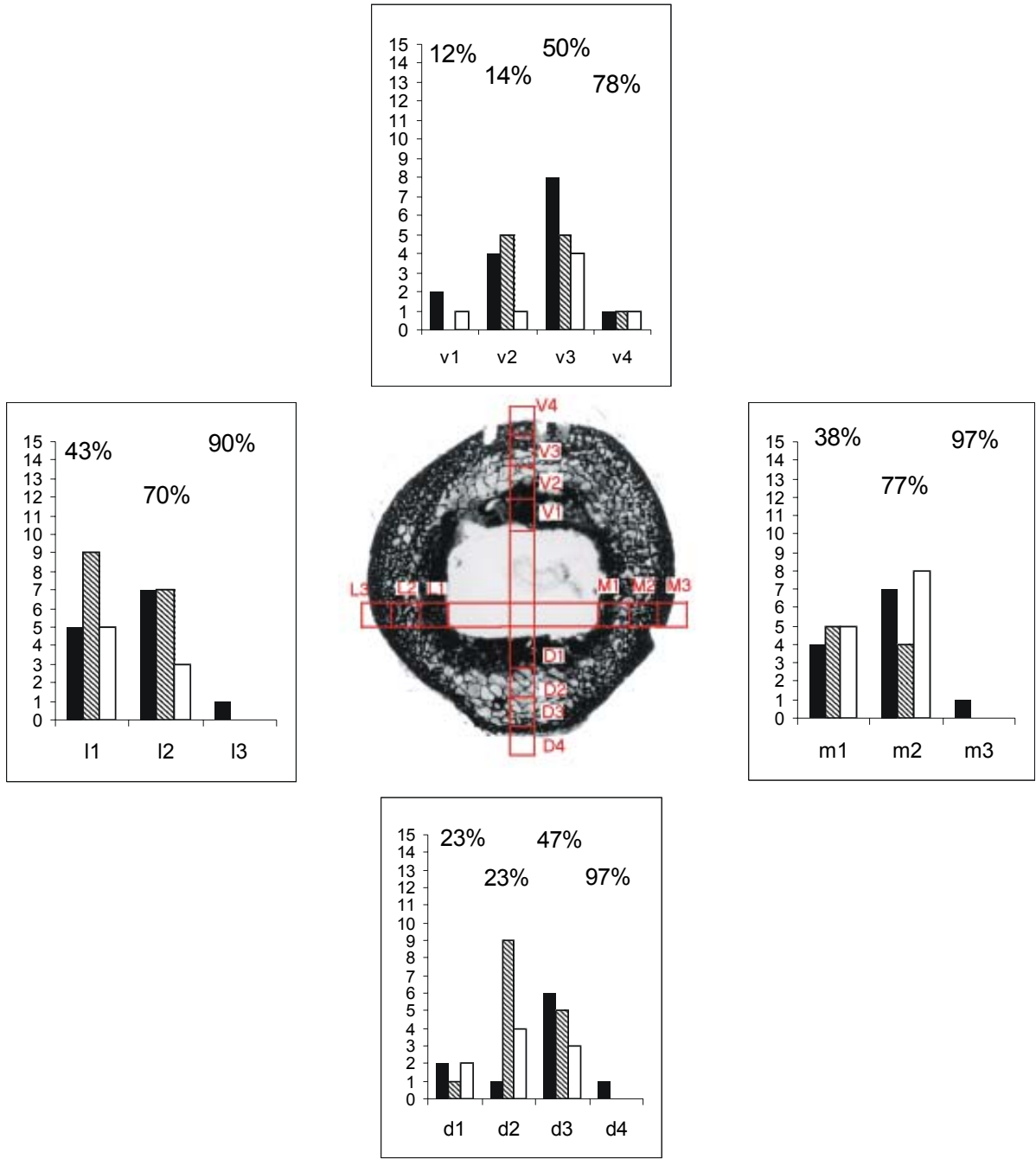
Um den Schaft der Femur-Prothese ist trabekulär Knochen entwickelt. Die Trabekel verlaufen überwiegend schräg auf die Oberfläche der Prothese zu. Insgesamt spricht das Bild für eine gute Funktion der Prothese.

***Rechte Hüft-TEP:***

Am 2. postoperativen Tag sind hier nur traumatisierter Gewebe mit Zellfragmenten und Blutgerinnsel feststellbar.

**Abb. 25: Beispiel Datenblatt für Patient 4**

Totale Hüftendoprothese (THP) S 66-88  
Femur rechts, Scheibe 12



- % Knochen
- Parallel zu der Prothesenoberfläche verlaufende Trabekel
- Schräg zu der Prothesenoberfläche verlaufende Trabekel
- Senkrecht zu der Prothesenoberfläche verlaufende Trabekel

**Patient 5: S 68 / 93**

***Rechtes Femur:***

***Makroskopische Beurteilung:***

Das Implantat hat sich im proximalen Schnitt (Scheibe 1) vom Trabekelwerk gelöst. Das ehemalige Implantatbett an der medialen Seite ist wegen eines Artefaktes lückenhaft.

Scheibe 9 und 17: Zirkulär verdickte kortikale Strukturen, bis zum Implantatbett heranreichend, Metall fehlt.

***Histologie:***

Scheibe 1: Rarefiziertes Trabekelwerk, ausgedünnte Kortikalis bis auf unter 1 mm, teilweise aufgehobene kortikale Struktur im ventralen, lateralen und dorsalen Bereich. Die Grenzzone zum ehemaligen Implantatbett enthält kaum Trabekel.

Scheibe 9: Verdickte Kortikalis im ventralen und lateralen Bereich, ventral bis zum Metall reichend, dorsal rarefiziertes Trabekelwerk, wenig Kontakt zwischen Knochen und Implantat.

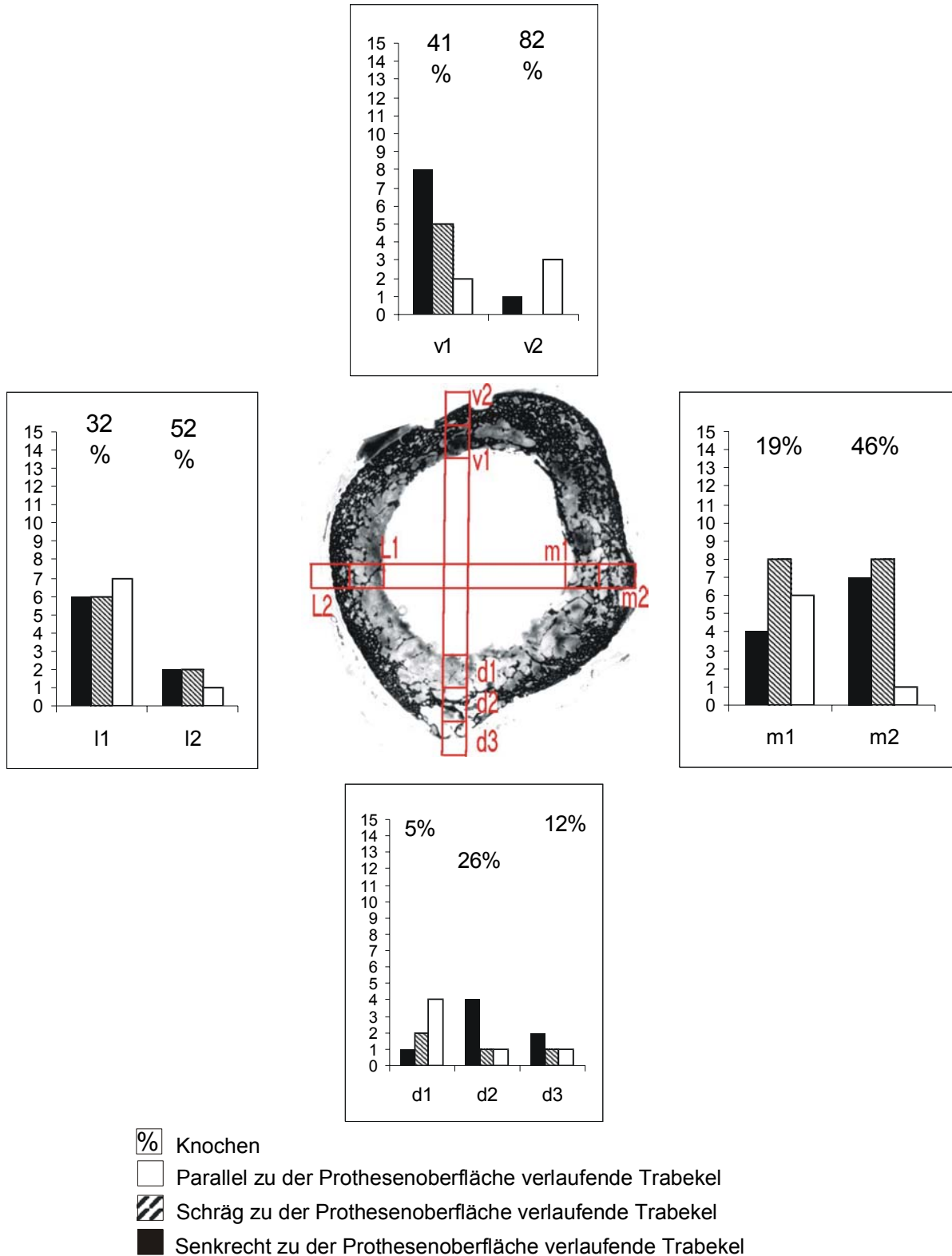
Scheibe 17: Ausgeprägte Verdickung der kortikalen Strukturen, vor allem im ventralen, medialen und lateralen Bereich. Nur noch dorsal sind periimplantär trabekuläre Strukturen dargestellt.

***Beurteilung:***

Es sind Zeichen einer Prothesenlockerung im proximalen Bereich zu erkennen. Kein Hinweis auf Infektion.

**Abb. 26: Beispiel Datenblatt für Patient 5**

Totale Hüftendoprothese (THP) E 68-93  
Femur rechts, Block 9



**Patient 6: E 7671 / 94**

***Linkes Femur:***

***Makroskopischer Befund:***

Amputation im distalen Oberschenkel links, 16 cm Oberschenkelstumpf, 41 cm Unterschenkel.

Präparat anfixiert durch Perfusion. Bei Eröffnung des Kniegelenks entleert sich eine leicht fadenziehende, gelblich-weiße Flüssigkeit. Es zeigt sich eine ausgedehnte, unregelmäßig veränderte Usur im Femur oberhalb der Kniegelenksprothese, im Rand der Usur präexistenter Knochen und offenbar auch reaktiv neugebildeter Knochen. Tibiakomponente mit Bezeichnung 75 mm, Biomet, Femurkomponente mit der Bezeichnung Biomet C/T15113.

***Histologie:***

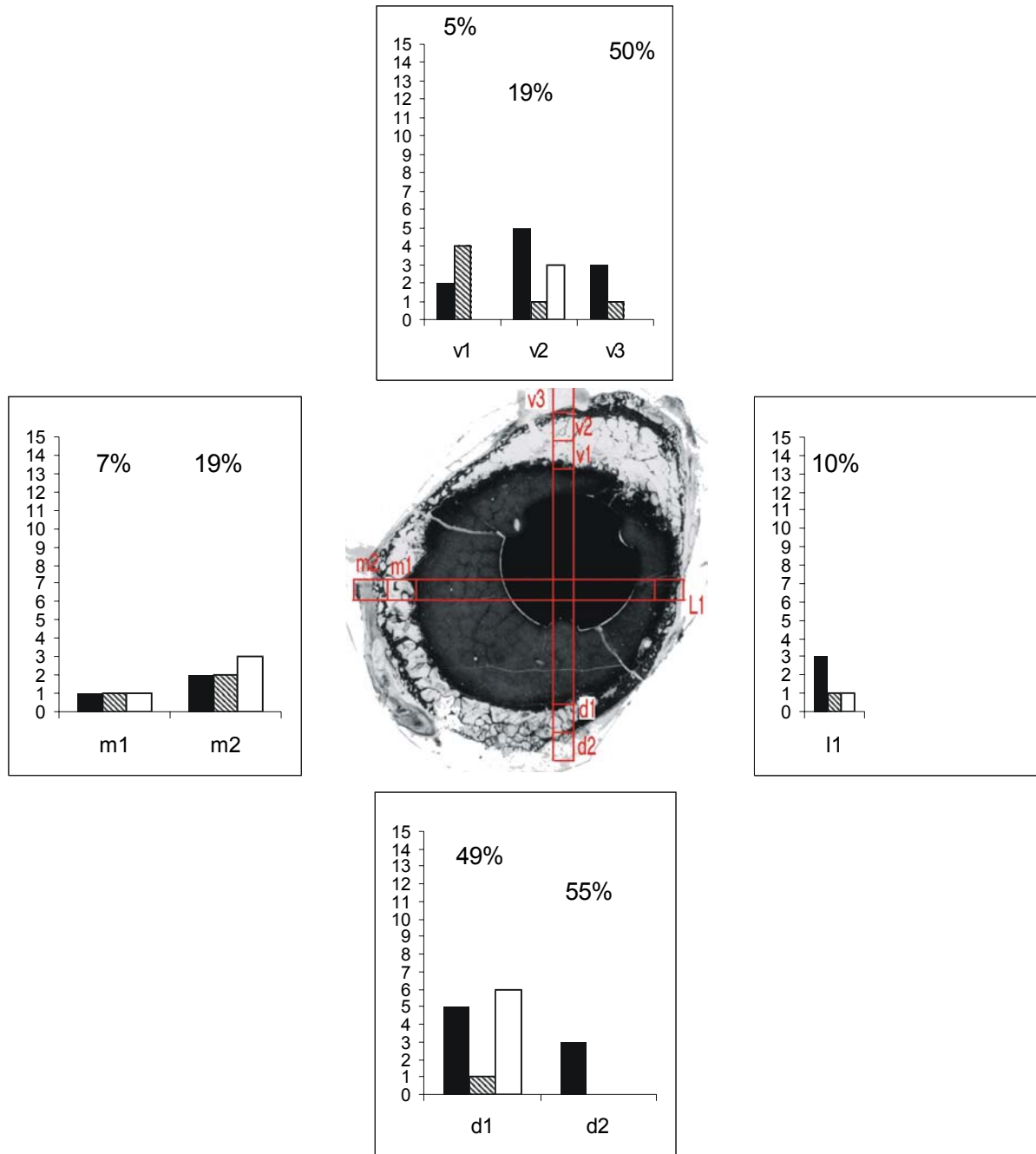
Im Weichgewebe zeigt sich abschnittsweise fortgeschrittene, atrophische Skelettmuskulatur mit interstitiellen Fibrosen und Lipomatose und eine chronische, fibroplastische, teils gering granulierende Reaktion. Abschnittsweise im Rand einer zerklüfteten reaktiven Struktur fibrinoeses und eitriges Exsudat, teilweise mit Riesenzellen vom osteoklastischen oder Fremdkörpertyp. Teile von Organisations- und Granulationsgewebe sind bedeckt von fibrinösem und eitrigem Exsudat. Bei der Gramfärbung sind in einigen Leukozyten und Riesenzellen positiv färbbare, runde Gebilde, wahrscheinlich Kokken, zu erkennen.

***Beurteilung:***

Amputiertes linkes Bein, Abtragung im distalen Femur, Totalendoprothese des Kniegelenkes, chronische, eitrig-osteomyelitische Osteomyelitis im distalen Femur ventral oberhalb der Prothese mit Arrosion der Kortikalis. Schwere chronische, eitrig-synoviale Synovitis des Kniegelenkes und chronischer, eitrig-arthralger Kniegelenkserguss.

**Abb. 27: Beispiel-Datenblatt für Patient 6**

Totale Knieendprothese E 7671 / 94  
Tibia, Block 9



- % Knochen
- Parallel zu der Prothesenoberfläche verlaufende Trabekel
- Schräg zu der Prothesenoberfläche verlaufende Trabekel
- Senkrecht zu der Prothesenoberfläche verlaufende Trabekel

### 3.2. Morphometrische Auswertung

Ausgewertet wurden die Ergebnisse des Knochenanteils des Trabekelwerkes an der Gesamtoberfläche der Präparate sowie der Orientierung der Trabekel.

Insgesamt wurden 29 Präparate aus den mit Hüftendoprothesen bestückten Knochen, 12 Präparate aus den Femuranteilen der mit Knieendoprothesen bestückten Knochen und 5 Präparate aus den Tibiaanteilen der Knieendoprothesehaltigen Knochen ausgewertet. Bei jedem Präparat wurden im Schnitt 20 Messbereiche ausgewertet, so dass insgesamt 495 Messbereiche evaluiert wurden.

Die Ergebnisse wurden nach verschiedenen Kategorien ausgewertet:

- a) Die Ergebnisse wurden nach Lage der Prothesenanteile in den verschiedenen Knochen in drei Gruppen eingeteilt:
  - Totale Hüftendoprothese im Femur (THP),
  - Totale Knieendoprothese, der Anteil im Femur (TKP-Femur)
  - Totale Knieendoprothese, der Anteil in der Tibia (TKP-Tibia)

Die Einflüsse der klinischen Parameter Dauer der Implantation, Infektionsstatus, postoperative Belastung der Prothese, Zementierung der Prothese, Geschlecht der Patienten und die Seite der Implantation (links, rechts) wurden ausgewertet.

- b) Die Ergebnisse wurden unter Berücksichtigung der Lage der Messbereiche bezogen auf die Prothese (Messbereiche ventral, medial, lateral und dorsal der Prothese) eingeteilt und anschließend der Einfluss der klinischen Parameter ausgewertet. Eine Unterteilung nach Art der Prothese, wie oben erwähnt, wurde hierbei nicht vorgenommen.

### **Knochenanteil des Trabekelwerkes an der Gesamtoberfläche der Präparate**

#### **Häufigkeiten**

a) Unterteilung der Ergebnisse nach Implantat:

Implantat	Anzahl der Präparate	Knochenanteil <= 33%	Knochenanteil 34% - 66%	Knochenanteil > 66%	Gesamt
THP	29	37,9%	58,6%	3,4%	100%
TKP-Femur	12	16,7%	58,3%	25,0%	100%
TKP-Tibia	5	20%	80%	0%	100%

Tabelle 9: Häufigkeit der Messbereiche, unterteilt nach Knochenanteil an der Gesamtoberfläche der Präparate

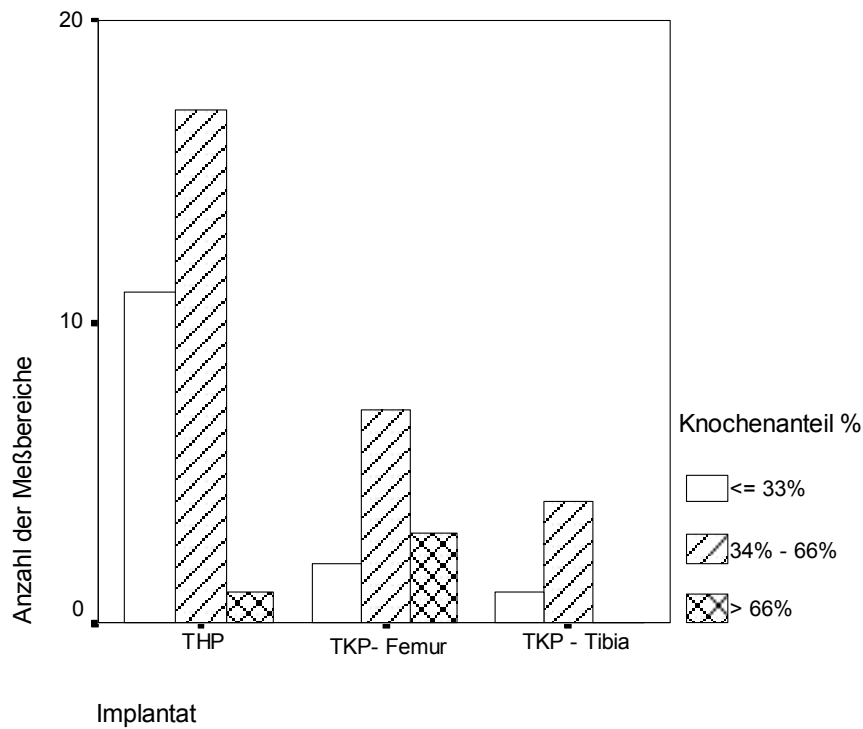


Abb.28: Verteilung der Knochenmenge bei den verschiedenen Implantaten

Die meisten Messbereiche hatten einen Knochenanteil von 34% bis 66%.

*b) Unterteilung der Präparate nach Lage der Messbereiche in Prozent der Gesamtfläche:*

Implantat	Anzahl der Präparate	Knochenanteil ≤ 33%	Knochenanteil 34% - 66%	Knochenanteil > 66%	Gesamt
ventral	41	31,71%	60,98%	7,31%	100%
medial	28	35,71%	64,29%	0%	100%
lateral	34	35,29%	55,88%	8,83%	100%
dorsal	34	29,41%	61,76%	8,83%	100%

Tabelle 10: Verteilung der Knochenmenge, jeweils ventral, medial, lateral und dorsal der Prothese.



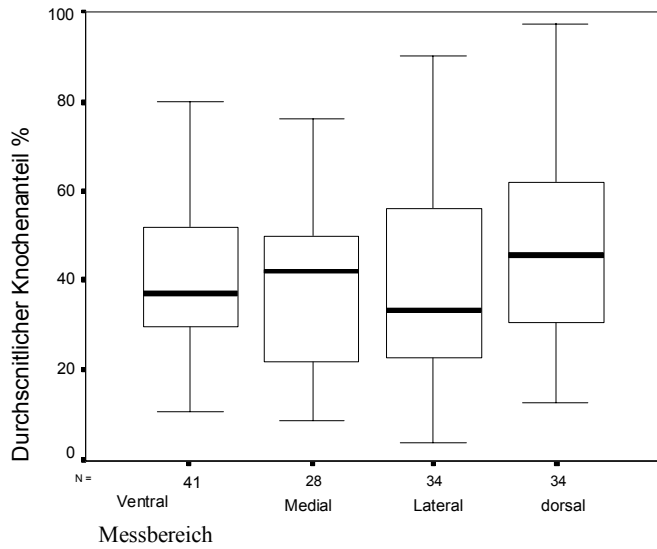


Abb. 29: Verteilung der Knochenmenge, jeweils ventral, medial, lateral und dorsal der Prothese.

**Dauer der Implantation:**

a) Unterteilung der Ergebnisse nach Implantat:

Implantat	Anzahl	Signifikanz „p“ <sup>(*)</sup>	Korrelations-Koeffizient	Ergebnis
THP	15	0,93	-0,026	Kein Zusammenhang
TKP-Femur	12	0,08	0,53	Je länger die postoperative Verweildauer der Prothese in vivo, desto höher war der Knochenanteil.
TKP-Tibia	5	0,31	0,58	Je länger die postoperative Verweildauer der Prothese in vivo, desto höher war der Knochenanteil.

\*) Spearman-Korrelation

Tabelle 11: Postoperative Verweildauer der Prothesen in situ

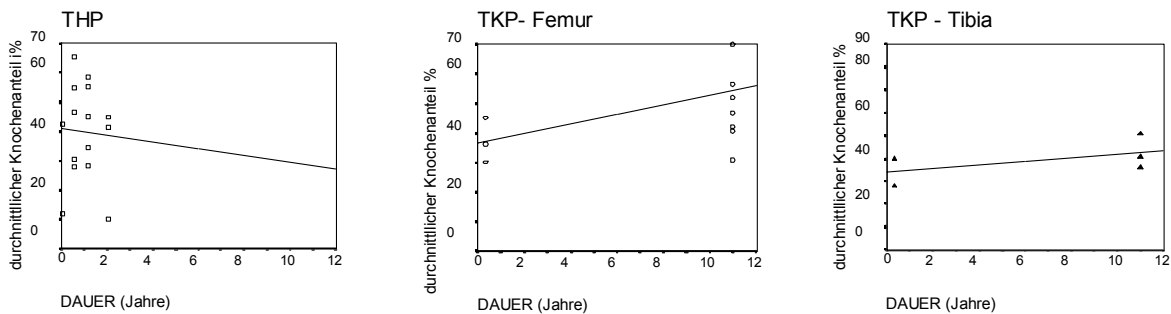


Abb. 30: Postoperative Verweildauer der Prothese in vivo

Bei den Hüftendoprothesen konnte kein Zusammenhang zwischen der Verweildauer der Prothese in vivo und der Knochenmenge um das Implantat festgestellt werden. Bei den Knieendoprothesen war jedoch die Knochenmenge in der Umgebung des Implantates umso größer, je länger die Prothese postoperativ in vivo verblieb. Dabei muss beachtet werden, dass hier kleine Fallzahlen vorlagen, insbesondere bei Tibiaanteilen der Knieprothesen, daher ist die Verallgemeinerung dieser Aussage nicht fundiert.

*b) Unterteilung der Präparate nach Lage der Messbereiche:*

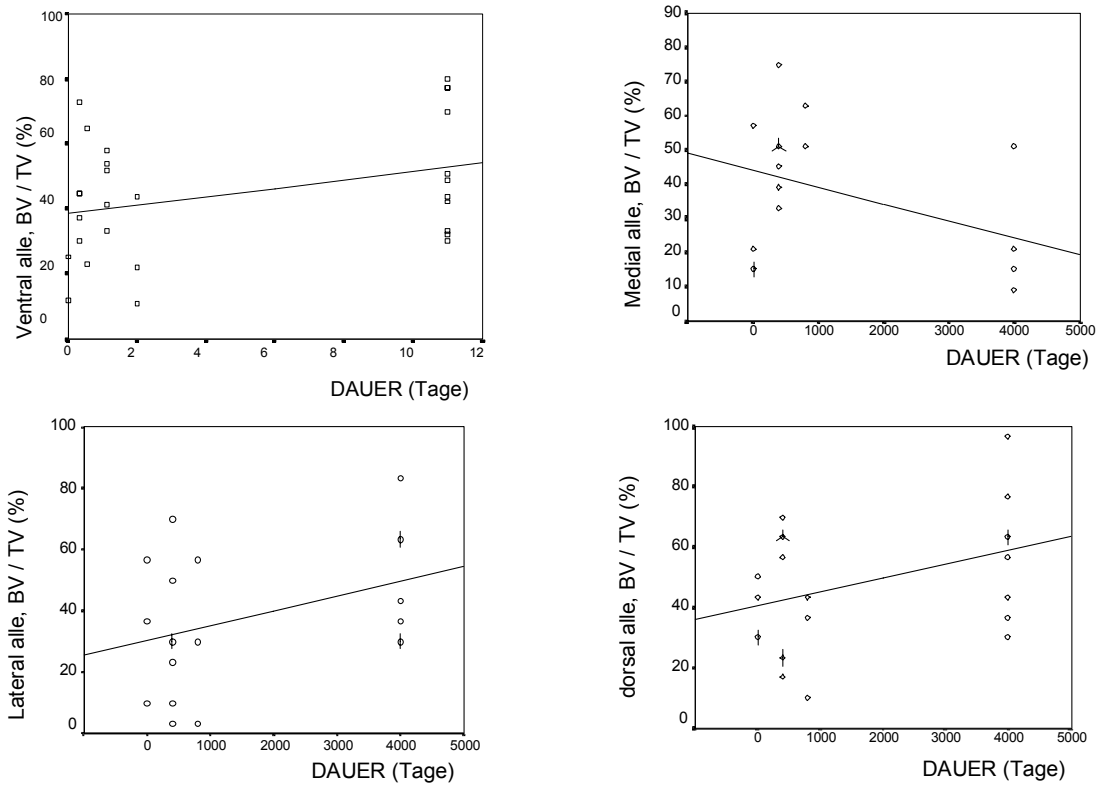


Abb. 31: Abhängigkeit der Knochenmenge von der Implantationsdauer

Zum Zusammenhang zwischen Knochenmenge und Dauer der Liegezeit ist auf Grund des Datenmaterials eine prognostische Aussage nicht möglich. Es lagen lediglich Daten von 0 bis 2 und von 11 Jahren vor.

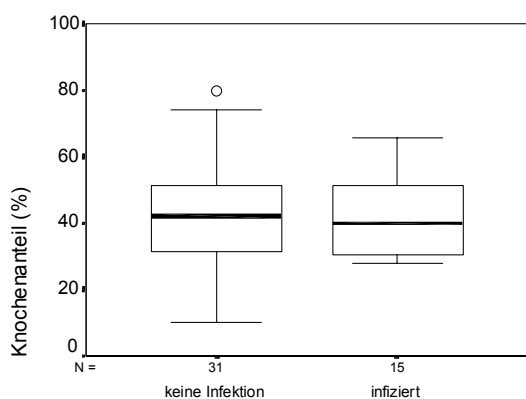
**Infektionsstatus**

a) Unterteilung der Ergebnisse nach Implantat:

	Anzahl infiziert	Anzahl nicht infiziert	Signifikanz „p“ *)	Rangfolge
THP	10	19	0,67 nicht signifikant (n. s.)	nicht-infiziert > infiziert
TKP-Femur	3	9	0,28 n. s.	nicht-infiziert > infiziert
TKP-Tibia	2	3		(nicht-infiziert > infiziert)
Alle Messbereiche	15	31	0,80 n. s.	nicht-infiziert > infiziert

\*) Mann-Whitney-U-Test

Tabelle 12: Abhängigkeit der Knochenmenge von der Infektion der Prothese



Vergleich Infektion vs. Keine Infektion

Abb. 32: Abhängigkeit der Knochenmenge von der Infektion der Prothese

Die Infektion der Prothesen hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Knochenmenge in der Umgebung des Implantates. Für Knieprothesen war auf Grund der kleinen Fallzahl eine separate statistische Aussage nicht sinnvoll.

b) Unterteilung der Präparate nach Lage der Messbereiche:

	Anzahl infiziert	Anzahl nicht infiziert	Signifikanz „p“ *)	Rangfolge
ventral	12	29	0,12 n. s.	Infiziert > nicht infiziert
medial	10	18	0,87 n. s.	nicht-infiziert > infiziert
lateral	9	25	0,17 n. s.	nicht-infiziert > infiziert
dorsal	11	23	0,94 n. s.	Infiziert > nicht infiziert

\*) Mann-Whitney-U-Test

Tabelle 13: Abhängigkeit der Knochenmenge von der Infektion der Prothese

Beim Vergleich von infizierten und nicht-infizierten Prothesen erkennt man bei infizierten Prothesenlagern mehr Knochen in den ventralen und in den dorsalen Bereichen als bei nicht infizierten Prothesen. Bei den nicht-infizierten Prothesen war in den medialen und lateralen Bereichen mehr Knochengewebe aufzufinden, als in den nicht-infizierten Fällen. Diese Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.

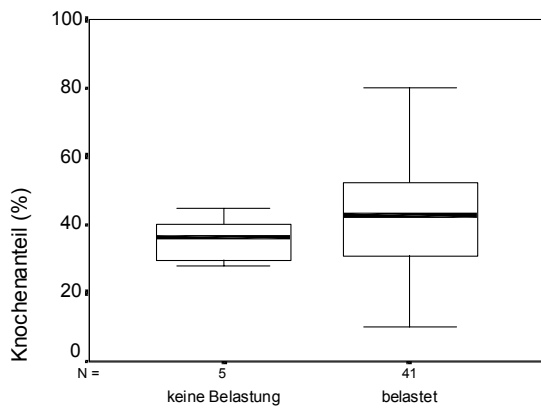
### **Postoperative Belastung der Prothese**

a) Unterteilung der Ergebnisse nach Implantat:

	Anzahl belastet	Anzahl nicht belastet	Signifikanz „p“ *)	Rangfolge
THP	29	0	nicht möglich	Alle belastet.
TKP-Femur	9	3	0,22 n. s.	belastet > nicht belastet
TKP-Tibia	3	2	nicht möglich	(belastet > nicht belastet)
Alle Messbereiche	41	5	0,19 n. s.	belastet > nicht belastet

\*) Mann-Whitney-U-Test

Tabelle 14: Abhängigkeit der Knochenmenge von der postoperativen Belastung der Prothese



Vergleich Belastung vs. Keine Belastung

Abb. 33: Abhängigkeit der Knochenmenge von der postoperativen Belastung der Prothese in allen Messbereichen zusammengefasst.

Es wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen der postoperativen Belastung der Prothese und der Knochenmenge gefunden.

b) Unterteilung der Präparate nach Lage der Messbereiche:

	Anzahl belastet	Anzahl nicht belastet	Signifikanz „p“ *)	Rangfolge
ventral	36	5	0,43 n. s.	nicht-belastet > belastet
medial	25	3	0,04	belastet > nicht-belastet
lateral	32	2	0,17 n. s.	belastet > nicht-belastet
dorsal	31	3	0,65 n. s.	belastet > nicht-belastet

\*) Mann-Whitney-U-Test

Tabelle 15: Abhängigkeit der Knochenmenge von der postoperativen Belastung der Prothese

Vergleicht man die Merkmale der Patientengruppe mit sofortiger postoperativer Belastung mit der nicht-mobilen Gruppe, findet sich prozentual in der ersteren in den medialen, lateralen sowie in den dorsalen Bereichen mehr Knochengewebe als in der letzteren Gruppe. Diese Ergebnisse sind jedoch nicht signifikant.

**Zementierung der Prothese**

a) Unterteilung der Ergebnisse nach Implantat:

	Anzahl zementiert	Anzahl nicht zementiert	Signifikanz „p“ *)	Rangfolge
THP	4	25	0,14 n. s.	Zementiert > nicht zementiert
TKP-Femur	12	0	nicht möglich	Nur zementierte Prothesen.
TKP-Tibia	5	0	nicht möglich	Nur zementierte Prothesen.
Alle Messbereiche	21	25	0,10 n. s.	Zementiert > nicht zementiert

\*) Mann-Whitney-U-Test

Tabelle 16: Abhängigkeit der Knochenmenge von der Zementierung der Prothese

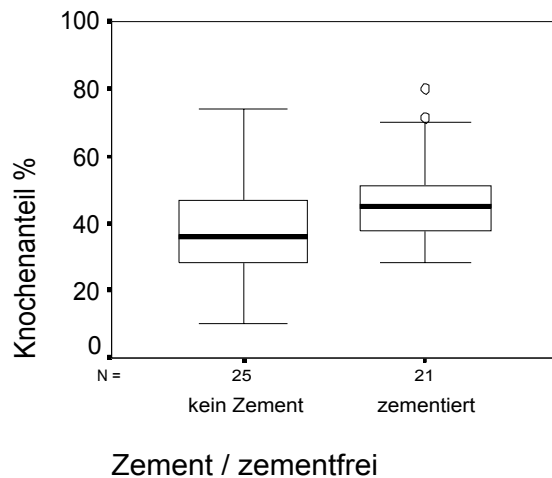


Abb. 34: Abhängigkeit der Knochenmenge von der Zementierung der Prothese

Bei den zementierten Hüftendoprothesen war in der Umgebung des Implantates mehr Knochen vorhanden als bei den nicht zementierten Prothesen. Dieser Zusammenhang war jedoch nicht signifikant. Die Kniendoprothesen waren zementiert.

b) Unterteilung der Präparate nach Lage der Messbereiche:

	Anzahl zementiert	Anzahl nicht zementiert	Signifikanz „p“ *)	Rangfolge
ventral	19	22	0,03	zementiert > nicht zementiert
medial	11	17	0,05	nicht zementiert > zementiert
lateral	13	21	0,04	zementiert > nicht zementiert
dorsal	15	19	0,07	zementiert > nicht zementiert

\*) Mann-Whitney-U-Test

Tabelle 17: Abhängigkeit der Knochenmenge von der Zementierung der Prothese

In den ventralen ( $p=0,03$ ), lateralen ( $p=0,04$ ) und dorsalen ( $p=0,07$ ) Messbereichen waren bei den zementierten Prothesen mehr Knochen vorhanden als bei den nicht zementierten Prothesen. In den medialen ( $p=0,05$ ) Bereichen war dieses Verhältnis umgekehrt.

### **Geschlecht der Patienten**

a) Unterteilung der Ergebnisse nach Implantat:

	Anzahl weiblich	Anzahl männlich	Signifikanz „p“ *)	Rangfolge
THP	30	10	0,77	männlich > weiblich
TKP-Femur	Nur Frauen.		nicht möglich	
TKP-Tibia	Nur Frauen.		nicht möglich	

\*) Mann-Whitney-U-Test

Tabelle 18: Abhängigkeit der Knochenmenge von dem Geschlecht der Patienten.

Bei den Hüftendoprothesen bei Männern war in der Umgebung des Implantates mehr Knochen vorhanden als bei den Frauen. Dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant. Mit Knieendoprothesen waren nur zwei Frauen versorgt.

b) Unterteilung der Präparate nach Lage der Messbereiche:

	Anzahl weiblich	Anzahl männlich	Signifikanz „p“ *)	Rangfolge
ventral	12	7	0,08	männlich > weiblich
medial	8	7	0,60 n. s.	weiblich > männlich
lateral	12	7	0,12 n. s.	weiblich > männlich
dorsal	10	8	0,29 n. s.	männlich > weiblich

\*) Mann-Whitney-U-Test

Tabelle 19: Abhängigkeit der Knochenmenge von dem Geschlecht der Patienten.

Eine signifikant unterschiedliche Verteilung des Knochens in der Umgebung des Implantates in Abhängigkeit von dem Geschlecht der Patienten konnte nicht gefunden werden.

### **Seite der Implantation (links, rechts)**

a) Unterteilung der Ergebnisse nach Implantat:

	Anzahl rechts	Anzahl links	Signifikanz „p“ *)	Rangfolge
THP	17	12	0,10 n. s.	rechts > links
TKP-Femur	9	3	0,21 n. s.	rechts > links
TKP-Tibia	3	2	/	(rechts > links)
Alle Messbereiche	29	17	0,69 n. s.	rechts > links

\*) Mann-Whitney-U-Test

Tabelle 20: Abhängigkeit der Verteilung des Knochens von der Seite der Implantation.

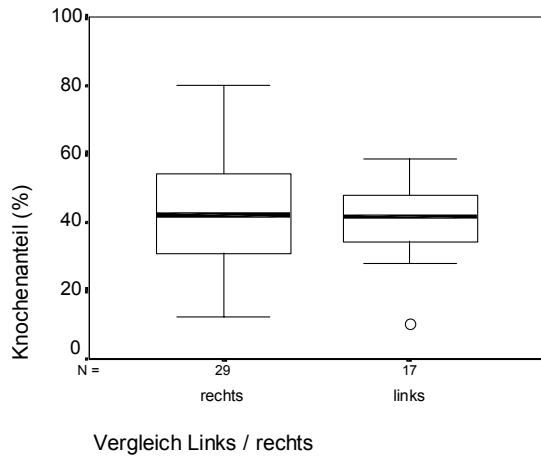


Abb. 35: Abhängigkeit der Verteilung des Knochens von der Seite der Implantation.

Eine signifikante Abhängigkeit der Verteilung des Knochens in der Umgebung der Prothese von der Seite der Implantation konnte nicht gefunden werden.

b) Unterteilung der Präparate nach Lage der Messbereiche:

	Anzahl rechts	Anzahl Links	Signifikanz „p“ *)
ventral	25	16	0,83 n. s.
medial	15	13	0,39 n. s.
lateral	23	11	0,63 n. s.
dorsal	20	14	0,23 n. s.

\*) Mann-Whitney-U-Test

Tabelle 21: Abhängigkeit der Verteilung des Knochens von der Seite der Implantation.

Auch getrennt nach der Lage der Messbereiche zu der Prothese (ventral, medial, lateral und dorsal) konnte keine signifikante Abhängigkeit der Verteilung des Knochens in der Umgebung der Prothese von der Seite der Implantation gefunden werden.

### 3.3. Orientierung der Trabekel

#### Häufigkeiten

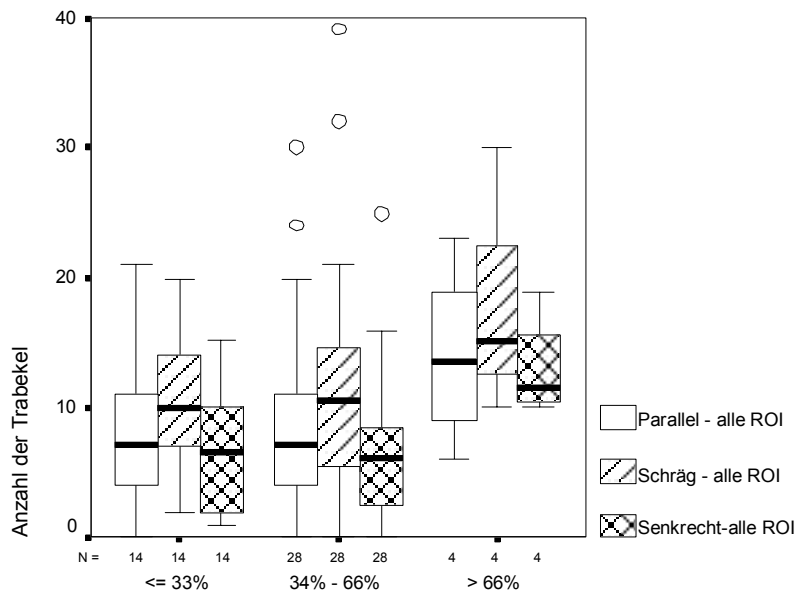
Betrachtet man alle Messbereiche zusammen, so war die bevorzugte Orientierung der Trabekel schräg zu der Prothesenoberfläche. Die zweithäufigste Orientierung der Trabekel war die parallele Verlaufsrichtung und die dritthäufigste Orientierung war die senkrecht zu der Prothesenoberfläche verlaufende Orientierung der Trabekel. Dieser Zusammenhang war signifikant (Friedman-Test,  $p = 0,001$ ).



Knochenanteil an der Gesamtoberfläche	Anzahl	Signifikanz „p“ *)	Bevorzugte Richtung
≤ 33%	15	0,004	Schräg > parallel > senkrecht
34% - 66%	28	0,001	Schräg > parallel > senkrecht
> 66%	4	0,29	Schräg > parallel > senkrecht

\*) Friedman-Test

Tabelle 22: Abhängigkeit der bevorzugten Trabekelrichtung von der vorhandenen Knochenmenge



Knochenanteil an Gesamtoberfläche der Präparate

Abb. 36: Abhängigkeit der bevorzugten Trabekelrichtung von der vorhandenen Knochenmenge

Betrachtet man die bevorzugte Richtung der Trabekel in Abhängigkeit von der Knochenmenge, so war die Anzahl der schräg zu der Prothesenoberfläche verlaufenden Trabekel signifikant höher als die parallel zu der Prothesenoberfläche verlaufenden Trabekel, und die letzt genannten waren signifikant häufiger vertreten, als die senkrecht zu der Prothesenoberfläche verlaufenden Trabekel. Diese Unterschiede waren signifikant bei Knochenanteilen von ≤ 33% und 34%-66%. Bei einem Knochenanteil von > 66% liegen zu wenige Daten vor, um eine sinnvolle statistische Auswertung vorzunehmen.

a) Unterteilung der Ergebnisse nach Implantat:

Implantat	Anzahl	Signifikanz „p“ *)	Ergebnis
THP	29	0,001	Schräg > parallel > senkrecht
TKP-Femur	12	0,01	Schräg > parallel > senkrecht
TKP-Tibia	5	0,62	Schräg > parallel > senkrecht

\*) Friedman-Test

Tabelle 23: Bevorzugte Trabekelrichtung bei verschiedenen Implantaten

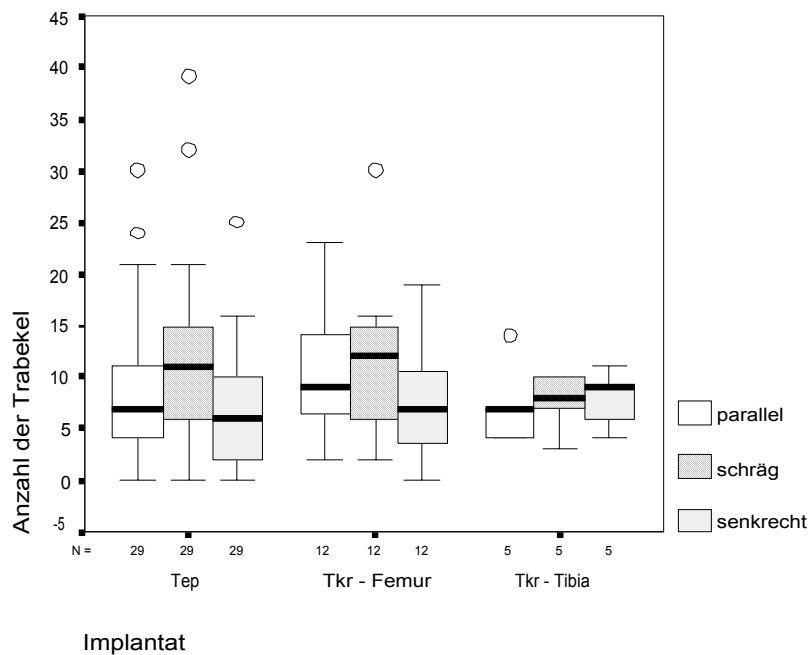


Abb. 37: Bevorzugte Trabekelrichtung bei verschiedenen Implantaten

Sowohl bei den Hüftendoprothesen als auch bei den Knieendoprothesen waren die schräg zu der Prothesenoberfläche orientierten Trabekel signifikant häufiger vorhanden als die parallel verlaufenden, und die parallel orientierten Trabekel waren signifikant häufiger vorhanden als die senkrecht zu der Prothesenoberfläche verlaufenden Trabekel. Für die in die Tibia implantierten Anteile der Knieendoprothesen (TKP-Tibia) sind die Unterschiede nicht signifikant, allerdings liegen hier auch nur wenige Daten vor.

b) Unterteilung der Präparate nach Lage der Messbereiche:

Bereich	Anzahl	Signifikanz „p“ *)	Bevorzugte Richtung
ventral	41	<0,001	schräg > parallel > senkrecht
medial	29	0,006	schräg > parallel > senkrecht
lateral	34	0,02	schräg > parallel > senkrecht
dorsal	34	< 0,001	schräg > parallel > senkrecht

\*) Friedman-Test

Tabelle 24: Bevorzugte Richtung der Trabekel in ventralen, medialen, lateralen und dorsalen Messbereichen

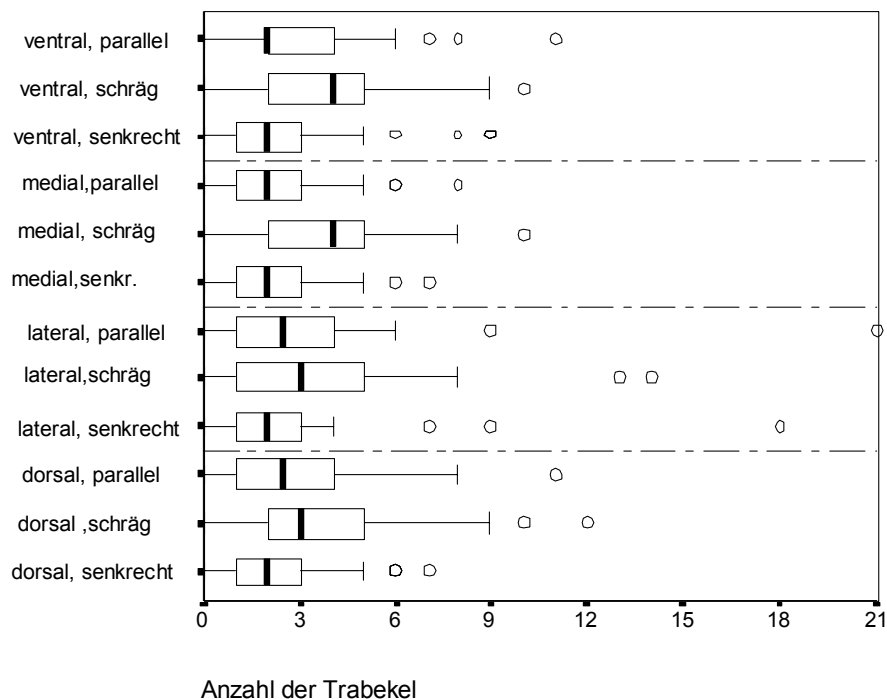


Abb. 38: Bevorzugte Richtung der Trabekel in ventralen, medialen, lateralen und dorsalen Messbereichen

Betrachtet man die bevorzugte Richtung der Trabekel in allen untersuchten Bereichen (ventrale, mediale, laterale und dorsale Umgebung der Implantate) bei allen Präparaten, so war die Anzahl der schräg zu der Prothesenoberfläche verlaufenden Trabekel signifikant höher als die parallel zu der Prothesenoberfläche verlaufenden Trabekel, und die letztgenannten waren signifikant häufiger vertreten, als die senkrecht zu der Prothesenoberfläche verlaufenden Trabekel (vgl. Tabelle 24).

**Verweildauer der Prothese in situ:**

a) Unterteilung der Ergebnisse nach Implantat:

Implantat	n	Orientierung	Signifikanz „p“ *)	Korrelationskoeffizient „r“
THP	29	Parallel	0,12	0,42
		Schräg	0,12	0,27
		Senkrecht	0,42	0,30
TKP-Femur	12	Parallel	0,02	0,67
		Schräg	0,007	0,73
		Senkrecht	0,005	0,75
TKP-Tibia	12	Parallel	0,81	0,15
		Schräg	0,63	0,29
		Senkrecht	0,81	0,15

\*) Spearman-Test

Tabelle 25: Korrelation zwischen der Verweildauer der Prothese und der Orientierung der Trabekel

Je länger die Verweildauer der Prothese in situ war, desto häufiger war die Hauptorientierung „schräg zu der Prothesenoberfläche verlaufende Trabekel“ bei den femoralen Anteilen der Knieprothesen vorhanden ( $r=0,73$ ), bei den Hüftendoprothesen bestand ebenfalls ein positiver, jedoch nicht so deutlicher Zusammenhang ( $r=0,27$ ).

b) Unterteilung der Präparate nach Lage der Messbereiche:

Bereich	n	Test	Signifikanz „p“
ventral	41	Varianzanalyse	0,58 n. s.
medial	29	Varianzanalyse	0,02
lateral	34	Varianzanalyse	0,42 n. s.
dorsal	34	Varianzanalyse	0,69 n. s.

Tabelle 26: Signifikanz „p“ der Abhängigkeit der bevorzugten Trabekelorientierung von der Dauer der Implantation

In ventralen, lateralen und dorsalen Messbereichen bestand kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Orientierung der Trabekel und der Verweildauer der Prothese. In den medialen Messbereichen lag die bevorzugte Orientierung schräg vor. Die zweithäufigste Orientierung war parallel und die dritthäufigste senkrecht. Dieser Zusammenhang war signifikant.

**Infektionsstatus**

a) Unterteilung der Ergebnisse nach Implantat:

	Anzahl infiziert	Anzahl nicht infiziert	Signifikanz „p“ *)	Ergebnis
THP	10	19	Infektion x Orientierung: 0,44	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infiziert: schräg &gt; parallel &gt; senkrecht.</li> <li>• Nicht infiziert: schräg &gt; parallel &gt; senkrecht.</li> <li>• Nicht infiziert &gt; infiziert.</li> </ul>
TKP-Femur	3	9	Infektion x Orientierung: 0,58	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infiziert: parallel &gt; schräg &gt; senkrecht.</li> <li>• Nicht infiziert: schräg &gt; parallel &gt; senkrecht.</li> <li>• infiziert &gt; nicht infiziert.</li> </ul>
TKP-Tibia	2	3	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infiziert: parallel &gt; schräg &gt; senkrecht</li> <li>• Nicht infiziert: senkrecht &gt; schräg &gt; parallel</li> </ul>

\*) Varianzanalyse mit Messwiederholungen

Tabelle 27: Abhängigkeit der Orientierung von Trabekeln von der Infektion des Prothesenlagers.

Bei den Hüftendoprothesen war der Zusammenhang zwischen der Infektion einer Prothese und der bevorzugten Orientierung der Prothese nicht signifikant. Bei den infizierten Prothesen trat die schräge Orientierung am häufigsten auf, gefolgt von parallel und senkrecht verlaufenden Trabekeln. Bei den nicht infizierten Prothesen war die Verteilung ebenso. Die nicht infizierten Prothesen hatten insgesamt mehr Trabekel als die infizierten.

Bei den Femuranteilen war der Zusammenhang zwischen der Infektion einer Prothese und der bevorzugten Orientierung der Prothese nicht signifikant. Bei den infizierten Prothesen war die bevorzugte Orientierung parallel, als zweithäufigste Orientierung traten die schräg verlaufenden Trabekel auf und als dritthäufigste Orientierung die senkrechte Orientierung. Bei den nicht infizierten Prothesen trat die bevorzugte Orientierung schräg häufiger als die parallel verlaufenden Trabekel und häufiger als die senkrecht verlaufenden Trabekel auf.

Bei den Tibiaanteilen der Knieendoprothesen war auf Grund der geringen Fallzahl eine statistische Analyse nicht sinnvoll. Bei den infizierten Prothesen herrschte die bevorzugte Orientierung parallel zu der Prothesenoberfläche verlaufende Trabekel vor, häufiger als die schräg verlaufenden Trabekel und häufiger als die senkrecht verlaufenden Trabekel. Bei den nicht infizierten Prothesen trat die bevorzugte Orientierung senkrecht verlaufende Trabekel,

häufiger als die schräg verlaufenden Trabekel und häufiger als die parallel verlaufenden Trabekel.

*b) Unterteilung der Präparate nach Lage der Messbereiche:*

Bereich	Infektionsstatus	Anzahl	Signifikanz „p“ *)	Bevorzugte Richtung
ventral	infiziert	29	0,009	Schräg > parallel > senkrecht
	nicht infiziert	12	0,005	Schräg > parallel > senkrecht
medial	infiziert	10	0,68 n. s.	Parallel > schräg > senkrecht
	nicht infiziert	19	0,003	Schräg > parallel > senkrecht
lateral	infiziert	9	0,08	parallel > schräg > senkrecht
	nicht infiziert	25	0,02	Schräg > parallel > senkrecht
dorsal	infiziert	11	0,02	Schräg > parallel > senkrecht
	nicht infiziert	23	0,02	Schräg > parallel > senkrecht

\*) Friedman-Test

Tabelle 28: Abhängigkeit der bevorzugten Trabekelorientierung bei der Infektion der Prothese

Mit Ausnahme der medialen und lateralen Messbereiche war bei den infizierten Prothesen die bevorzugte Richtung der Trabekel die schräge Orientierung, die zweithäufigste Richtung war die parallele Orientierung. Die senkrechte Orientierung kam am seltensten vor. Diese Unterschiede waren signifikant.

**postoperative Belastung der Prothese**

a) Unterteilung der Ergebnisse nach Implantat:

	Test	Anzahl belastet	Anzahl nicht belastet	Signifikanz „p“	Ergebnis
THP	Alle belastet			/	
TKP-Femur	Varianz-Analyse	9	3	Belastung x Orientierung 0,58	belastet: schräg > parallel > senkrecht Nicht belastet: parallel > schräg > senkrecht Belastet > nicht belastet
TKP-Tibia		3	2	/	belastet: senkrecht > schräg > parallel nicht belastet: parallel > schräg > senkrecht Belastet hat mehr schräge und senkrechte Trabekel als nicht belastet.

Tabelle 29: Abhängigkeit der Orientierung der Trabekel von der Belastung

Die Hüftendoprothesen waren alle belastet, daher erübrigt sich eine statistische Analyse.

Bei den Femuranteilen der Knieendoprothesen war der Einfluss der Belastung einer Prothese auf die bevorzugte Orientierung der Trabekel nicht signifikant. Bei den belasteten Prothesen trat die bevorzugte Orientierung schräg am häufigsten auf, am zweithäufigsten trat die parallele Verlaufsrichtung und am dritthäufigsten die senkrechte Orientierung auf. Bei den nicht belasteten Prothesen waren die Trabekel bevorzugt parallel orientiert, häufiger als die schräg und häufiger als die senkrecht verlaufenden Trabekel.

Bei den Tibiaanteilen der Knieendoprothesen war auf Grund der kleinen Fallzahl eine statistische Analyse nicht sinnvoll. Bei den belasteten Prothesen trat die bevorzugte senkrechte Orientierung auf, häufiger als die schräge und häufiger als die parallele Orientierung. Bei den nicht belasteten Prothesen trat die bevorzugte Orientierung parallel auf, häufiger als die schräge und häufiger als die senkrechte Verlaufsrichtung der Trabekel. Belastete Knochen hatten mehr schräge und senkrechte Trabekel als die nicht belasteten.

*b) Unterteilung der Präparate nach Lage der Messbereiche:*

Bereich	Belastungs- Status	Anzahl	Signifikanz „p“ *)	Bevorzugte Richtung
ventral	belastet	36	0,001	Schräg > parallel > senkrecht
	nicht belastet	5	0,07	Schräg > parallel > senkrecht
medial	belastet	26	0,003	Schräg > parallel > senkrecht
	nicht belastet	3	0,87 n. s.	Schräg > parallel > senkrecht
lateral	belastet	32	0,02	Schräg > parallel > senkrecht
	nicht belastet	2	0,14 n. s.	parallel > schräg = senkrecht
dorsal	belastet	31	< 0,001	Schräg > parallel > senkrecht
	nicht belastet	3	0,91 n. s.	Schräg > parallel > senkrecht

\*) Friedman-Test

Tabelle 30: Abhängigkeit der bevorzugten Trabekelorientierung von der postoperativen Belastung der Prothese

Mit Ausnahme der lateralen Messbereiche bei den nicht belasteten Prothesen war bei den nicht belasteten Prothesen die bevorzugte Richtung der Trabekel die schräge Orientierung, die zweithäufigste Richtung war die parallele Orientierung. Wegen der kleinen Fallzahl bei den lateralen Messbereichen der nicht belasteten Prothesen ist hier eine Aussage nicht möglich.



### Zementierung der Prothese

a) Unterteilung der Ergebnisse nach Implantat:

	Anzahl zementiert	Anzahl nicht zementiert	Signifikanz „p“ *)	Ergebnis
THP	4	25	Infektion x Zementierung: 0,02	Zementiert: schräg > parallel > senkrecht. Nicht zementiert: schräg > parallel > senkrecht. Zementiert hat mehr schräge und senkrechte Trabekel als nicht zementierte, aber gleichviele parallele.
TKP-Femur	Alle zementiert.		/	
TKP-Tibia	Alle zementiert.		/	

\*) Varianz-Analyse mit Messwiederholungen

Tabelle 31: Abhängigkeit der Orientierung der Trabekel von der Zementierung der Prothese

Bei den Hüftendoprothesen war der Einfluss der Zementierung einer Prothese auf die bevorzugte Orientierung der Trabekel signifikant. Bei den zementierten Prothesen trat die bevorzugte Orientierung schräg am häufigsten auf, häufiger als die parallele und häufiger als die senkrechte Orientierung. Bei den nicht zementierten Prothesen war das Verhältnis ebenso. Die zementierten Prothesen hatten mehr schräg und senkrecht verlaufende Trabekel in der Umgebung als nicht zementierte Prothesen.

Die Knieprothesen waren alle zementiert, daher erübrigt sich eine statistische Analyse.

*b) Unterteilung der Präparate nach Lage der Messbereiche:*

Bereich	Zementiert / Nicht zementiert	Anzahl	Signifikanz „p“ *)	Bevorzugte Richtung
ventral	Zementiert	19	0,14 n. s.	Schräg > parallel > senkrecht
	nicht zementiert	22	<0,001	Schräg > parallel > senkrecht
medial	Zementiert	17	0,08 n. s.	Schräg > parallel > senkrecht
	nicht zementiert	12	0,08 n. s.	Schräg > parallel > senkrecht
lateral	Zementiert	13	0,35 n. s.	Schräg > parallel > senkrecht
	nicht zementiert	21	0,06 n. s.	Schräg > parallel > senkrecht
dorsal	Zementiert	19	0,002	Schräg > parallel > senkrecht
	nicht zementiert	15	0,08	Schräg > parallel > senkrecht

\*) Friedman-Test

Tabelle 32: Abhängigkeit der bevorzugten Trabekelorientierung von der Zementierung der Prothese

Die bevorzugte Richtung der Trabekel war die schräge Orientierung der Trabekel, die zweithäufigste Richtung der Trabekel war die parallele Orientierung. Die senkrechte Orientierung kam am seltensten vor. Diese Unterschiede sind zum größten Teil nicht signifikant.

**Geschlecht der Patienten**

*a) Unterteilung der Ergebnisse nach Implantat:*

	Anzahl weiblich	Anzahl männlich	Signifikanz „p“ *)	Ergebnis
THP	13	10	Geschlecht x Orientierung: 0,54	Weiblich: schräg > parallel > senkrecht. Männlich: schräg > parallel > senkrecht. Weiblich hat mehr Trabekel in allen Richtungen als männlich.
TKP- Femur	Nur Frauen	/		
TKP- Tibia	Nur Frauen	/		

\*) Varianzanalyse mit Messwiederholungen

Tabelle 33: Abhängigkeit der Orientierung der Trabekel von dem Geschlecht der Patienten

Bei den Hüftendoprothesen war der Zusammenhang zwischen dem Geschlecht der Patienten und der bevorzugten Orientierung der Trabekel der Prothese nicht signifikant. Bei den Frauen trat die schräge Orientierung am häufigsten auf, häufiger als die parallele und häufiger als die senkrechte Orientierung. Bei den Männern war das Verhältnis ebenso. Die Frauen hatten mehr Trabekel in allen Richtungen in der Umgebung der Prothese als Männer.

Die Knieprothesen waren nur bei Frauen implantiert.

*b) Unterteilung der Präparate nach Lage der Messbereiche:*

Bereich	Geschlecht	Anzahl	Signifikanz „p“ *)	Bevorzugte Richtung
ventral	männlich	7	0,05	Schräg > parallel > senkrecht
	weiblich	28	0,03	Schräg > parallel > senkrecht
medial	männlich	7	0,64 n. s.	Parallel > schräg > senkrecht
	weiblich	16	0,07 n. s.	Schräg > parallel > senkrecht
lateral	männlich	7	0,29 n. s.	parallel > schräg > senkrecht
	weiblich	21	0,05	schräg > parallel > senkrecht
dorsal	männlich	8	0,006	schräg > parallel > senkrecht
	weiblich	21	0,02	schräg > parallel > senkrecht

\*) Friedman-Test

Tabelle 34: Abhängigkeit der Orientierung der Trabekel von dem Geschlecht der Patienten

Außer den Ergebnissen der medialen und lateralen Messbereiche bei den Männern war die bevorzugte Richtung der Trabekel die schräge Orientierung der Trabekel, die zweithäufigste Richtung der Trabekel war die parallele Orientierung.

**Seite der Implantation (links, rechts)**

a) Unterteilung der Ergebnisse nach Implantat:

	Anzahl rechts	Anzahl links	Signifikanz „p“ *)	Ergebnis
THP	17	12	Infektion x Seite:	0,07 Rechts: schräg > parallel > senkrecht. Links: schräg > parallel > senkrecht. Links gibt es mehr schräge und weniger senkrechte Trabekel als rechts, aber gleichviele parallele.
TKP-Femur	9	3	Seite x Orientierung	0,58 Rechts: schräg > parallel > senkrecht Links: parallel > schräg > senkrecht Rechts > links
TKP-Tibia	3	2	/	Rechts: senkrecht > schräg > parallel. Links: Parallel > schräg > senkrecht. Links hat deutlich mehr parallel orientierte Trabekel. Rechts hat mehr schräg und senkrecht orientierte Trabekel als links.

\*) Varianzanalyse mit Messwiederholungen

Tabelle 35: Abhängigkeit der Orientierung der Trabekel von der Seite der Implantation

Bei den Hüftendoprothesen war der Zusammenhang zwischen der Seite der Implantation und der bevorzugten Orientierung der Trabekel nicht signifikant. Bei den rechts implantierten Knochen trat die schräge Orientierung am häufigsten auf, häufiger als die parallele und häufiger als die senkrechte Orientierung. Bei den links implantierten Prothesen war die Verteilung ebenso. Die linksseitigen Knochen hatten mehr schräg und senkrecht verlaufende Trabekel als die rechtsseitig implantierten.

Bei den Femuranteilen der Knieendoprothesen war der Einfluss der Seite der Implantation auf die bevorzugte Orientierung der Prothese nicht signifikant. Bei rechtsseitig implantierten Knochen trat die schräge Orientierung am häufigsten auf, häufiger als die parallele und häufiger als die senkrechte. Bei den linksseitig implantierten Knochen trat die parallele Orientierung am häufigsten auf, häufiger als die schräge und häufiger als die senkrechte. Die rechtsseitig implantierten Knochen hatten in allen Richtungen mehr Trabekel als die linksseitig implantierten Knochen.

Bei den Tibiaanteilen der Knieendoprothesen war auf Grund der kleinen Fallzahl eine statistische Auswertung nicht sinnvoll.

*b) Unterteilung der Präparate nach Lage der Messbereiche:*

Bereich	Implantat-Seite	Anzahl	Signifikanz „p“ *)	Bevorzugte Richtung
ventral	rechts	25	0,04	Schräg > parallel > senkrecht
	links	16	0,001	Schräg > parallel > senkrecht
medial	rechts	16	0,01	Schräg > parallel > senkrecht
	links	13	0,21 n. s.	Schräg > parallel > senkrecht
lateral	rechts	23	0,25 n. s.	Schräg > parallel > senkrecht
	links	11	0,02	Schräg > parallel > senkrecht
dorsal	rechts	20	0,08 n. s.	Schräg > parallel > senkrecht
	links	14	0,002	Schräg > parallel > senkrecht

\*) Friedman-Test

Tabelle 36: Abhängigkeit der bevorzugten Trabekelorientierung von der implantierten Seite (rechts, links)

Die bevorzugte Richtung der Trabekel war die schräge Orientierung der Trabekel, die zweithäufigste Richtung der Trabekel war die parallele Orientierung.