

Charité - Universitätsmedizin Berlin  
Campus Benjamin Franklin  
Klinik und Polikliniken für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Abteilung für Restaurative Zahnheilkunde  
Bereich Zahnerhaltungskunde und Parodontologie  
Leiter: Univ.-Prof. Dr. med. dent. Andrej M. Kielbassa

**Gewebereaktionen gegenüber einem experimentellen  
Kalziumphosphatzement und Mineralischem Trioxidaggregat  
als Materialien für Perforationsversorgungen:  
eine histologische Studie an Hunden**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der  
Zahnmedizinischen Doktorwürde  
der Charité - Universitätsmedizin Berlin  
Campus Benjamin Franklin

vorgelegt von  
Zahnarzt Jörn Noetzel  
aus Elsterwerda

Referent: Prof. Dr. med. dent. A. M. Kielbassa

Koreferent: Prof. Dr. med. dent. K.-P. Lange

Gedruckt mit Genehmigung der Charité - Universitätsmedizin Berlin  
Campus Benjamin Franklin

Promoviert am: 31.01.2006

Gewidmet meinen Eltern  
verbunden mit dem Dank für ihre Unterstützung  
während der Zeit meines Studiums

## INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung .....	1
2 Literaturübersicht .....	2
2.1 Zahnperforationen .....	2
2.1.1 Entstehung .....	2
2.1.1.1 Resorptive Prozesse .....	2
2.1.1.2 Kariöse Prozesse .....	2
2.1.1.3 Iatrogene Perforationen .....	3
2.1.2 Klassifikation .....	5
2.1.3 Diagnostik .....	6
2.1.4 Therapie und Prognose .....	7
2.1.4.1 Chirurgische Perforationsversorgung .....	10
2.1.4.2 Orthograde, nicht-chirurgische Perforationsversorgung .....	11
2.1.4.3 Klinische Ergebnisse .....	13
2.2 Mineralisches Trioxidaggregat .....	14
2.2.1 Zusammensetzung .....	14
2.2.2 Eigenschaften .....	15
2.2.3 Biokompatibilität .....	16
2.2.3.1 In-vitro-Studien .....	16
2.2.3.2 Tierversuche .....	17
2.2.3.3 Verhalten gegenüber Bakterien .....	18
2.2.4 Verwendung .....	18
2.2.4.1 Apexifikation und retrograde Wurzelkanalfüllung .....	18
2.2.4.2 Direkte Pulpaüberkappung .....	21
2.2.4.3 Klinische Ergebnisse .....	22
2.3 Kalziumphosphatzemente .....	23
2.3.1 Geschichtlicher Überblick .....	23
2.3.2 Chemie der Kalziumphosphate .....	24
2.3.3 Chemie der Kalziumphosphatzemente .....	29
2.3.4 Beispiele für Kalziumphosphatzemente .....	31
2.3.5 Biokompatibilität und Verwendung von Kalziumphosphatzementen .....	35

---

2.3.5.1 Tetrakalziumphosphat + Dikalziumphosphatanhydrid/-dihydrat .....	36
2.3.5.2 Andere Kalziumphosphatzemente .....	38
2.3.5.3 Einflussfaktoren auf die Biokompatibilität der Zemente .....	40
3 Ziel der Untersuchung .....	41
4 Material und Methode .....	42
4.1 Versuchsanordnung .....	42
4.1.1 Anatomie des Hundegebisses .....	42
4.2 Operationsvorbereitung und -ablauf .....	43
4.2.1 Versuchstiere .....	43
4.2.2 Narkose .....	43
4.2.3 Zahnbehandlung .....	44
4.2.3.1 Verwendete Zähne .....	44
4.2.3.2 Trepanation und Perforation .....	44
4.2.3.3 Füllungsmaterialien .....	46
4.2.3.4 Wurzelkanalaufbereitung, -füllung und Trepanationsverschluss .....	46
4.2.4 Postoperativer Verlauf .....	48
4.3 Untersuchungsmethoden .....	49
4.3.1 Röntgendiagnostik .....	49
4.3.2 Histologische Untersuchung .....	49
4.3.2.1 Trenn-Dünnschliff-Technik .....	49
4.3.2.2 Mikroskopische Untersuchung .....	51
4.4 Auswertungsmethoden .....	53
4.4.1 Röntgenauswertung .....	53
4.4.2 Histologische Auswertung .....	53
4.4.3 Statistik .....	54
5 Ergebnisse .....	56
5.1 Röntgenologische Untersuchung .....	57
5.2 Histologische Auswertung .....	60
5.2.1 Entzündungsgrad .....	60
5.2.2 Fibroplasie .....	63
5.2.3 Knochenumbau .....	64

---

6 Diskussion .....	66
6.1 Material und Methode .....	66
6.1.1 Der Hund als Versuchstier .....	66
6.1.2 Zahnauswahl .....	67
6.1.3 Perforationslage .....	67
6.1.4 Füllungsmaterialien .....	68
6.1.5 Operationsverlauf .....	69
6.1.6 Postoperative Phase .....	70
6.1.7 Röntgendiagnostik .....	71
6.1.8 Histologische Auswertung .....	71
6.2 Ergebnisse .....	73
6.2.1 Verteilung der Ergebnisse .....	73
6.2.2 Ursachen von Entzündungsreaktionen .....	73
6.2.3 Bewertung der Entzündungs- und Gewebereaktionen .....	74
6.2.4 Bewertung der Röntgenbefunde .....	75
6.2.5 Vergleich zu bisherigen Studienergebnissen .....	76
6.2.6 Suche nach den Ergebnisursachen .....	77
6.2.7 Beurteilung der Biokompatibilität .....	78
6.2.8 Ausblick .....	79
7 Schlussfolgerungen .....	81
8 Zusammenfassung .....	82
9 Summary .....	83
10 Literaturverzeichnis .....	84
11 Anhang .....	94
11.1 Materialliste .....	94
11.2 Ergebnisse .....	96
12 Danksagung .....	97
13 Lebenslauf .....	98
14 Erklärung an Eides statt .....	99

---