



A. MORITZ

ORALE LASERTHERAPIE

F. BEER, K. GOHARKHAY, U. SCHOOP, M. STRASSL,
P. VERHEYEN, L. J. WALSH, J. WERNISCH, E. WINTNER

unter Mitarbeit von:

R. Blum, C. Maiorana, A. Peschek, G. Romanos, F. Schwarz



Quintessenz Verlags-GmbH

Berlin, Chicago, Tokio, Barcelona, Istanbul, London, Mailand, Moskau,
Mumbai, Paris, Peking, Prag, São Paulo, Seoul und Warschau



Bibliografische Informationen Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

ISBN 3-87652-593-4



© 2006 Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Lektorat: Jürgen Geitner, Berlin und Kerstin Ploch, Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin

Reproduktionen: Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin

Umschlaggestaltung: Jens Girke, Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin

Herstellung: Ina Steinbrück, Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin

Druck: freiburger graphische betriebe, Freiburg

ISBN: 3-87652-593-4

Printed in Germany



Auf kaum einem Gebiet der Zahnmedizin fand in jüngerer Vergangenheit eine derart rasante Entwicklung statt wie auf dem Gebiet der Laserzahnheilkunde. Therapiekonzepte, die vor einigen Jahren noch als Utopie erschienen, sind heute längst Wirklichkeit und bereichern auf wertvolle Art und Weise unser Spektrum der Behandlungsmöglichkeiten. So gelingt es nun vergleichsweise mühelos, mithilfe der lasergestützten Endodontie Zähne zu erhalten, die noch vor kurzem sichere Kandidaten für eine Extraktion gewesen wären. Laser ermöglichen heute eine sehr schmerzarme Präparation, sie helfen uns bei der Lösung teilweise schwerwiegender ästhetischer Probleme durch die lasergestützte Zahnaufhellung und verbessern dramatisch die Erfolgsaussichten in der Parodontalbehandlung. Auf dem Gebiet der oralen Chirurgie hat sich der Einsatz von Lasern schon seit langem durchgesetzt und ermöglicht ein sicheres und effizientes Arbeiten. Dies sind nur einige wenige Beispiele für das riesige Anwendungsspektrum von Lasern in der Zahnheilkunde, doch wird bereits hier ein Problem deutlich:

Die große Anzahl der heute zur Verfügung stehenden Therapiekonzepte und Wellenlängen macht es sogar erfahrenen Anwendern schwer, einen Überblick über all das zu bewahren, was möglich und sinnvoll erscheint. Aus diesem Grund erschien es angebracht, das Wissen zahlreicher Autoren aus vielen Jahren Laserzahnheilkunde in diesem Atlas zusammenzufassen. Das vorliegende Buch richtet sich gleichermaßen an Einsteiger und Studenten auf dem

Gebiet der Laserzahnheilkunde, denen ein wertvoller Leitfaden zur Integration der Lasers in ihr Praxis-konzept geboten wird, wie an erfahrene Behandler, die ihr Wissen mithilfe des vorliegenden Buches auf dem neuesten Stand halten können. Über einen Leitfaden zum klinischen Gebrauch hinaus bietet das Buch eine detaillierte Auseinandersetzung mit der auf dem Gebiet der Laserzahnheilkunde bis zum heutigen Tage veröffentlichten Literatur und eröffnet dem Leser wertvolle Anregungen zu einer vertieften Auseinandersetzung mit den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen. Nicht zu kurz kommt auch eine Beschreibung der für die Laseranwendung wichtigen physikalischen Grundlagen, deren Verständnis von entscheidender Bedeutung für einen effizienten Einsatz der verschiedenen Wellenlängen ist.

Ich möchte mich auf diesem Wege bei allen Mitarbeitern für ihr Engagement und ihre Geduld bedanken, sie alle haben zur Realisierung dieses Buches einen entscheidenden Beitrag geleistet. Genannt sei an dieser Stelle Herr Boris Spieler, dessen aufwändige Illustrationen dieses Buch bereichern. Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Sperr, der es mir von Anfang an ermöglichte, mich mit der Thematik der Laserzahnheilkunde wissenschaftlich und klinisch auseinanderzusetzen. Ich hoffe, dass dieses Buch bei allen Lesern auf großes Interesse stößt und wünsche spannende (Laser-)Lesestunden.

*Univ.-Prof. Dr. Dr. Andreas Moritz
Präsident der ESOLA*

Autorenverzeichnis



DDr. Beer, Franziska

Secretary General ESOLA
Medizinische Universität Wien
Bernhard-Gottlieb-Universitäts-
kliniken
Währingerstraße 25a
1090 Vienna, Austria

Dr. Blum, Romain

Coordinator for Practitioners
ESOLA
25, Rue Rabatt
6475 Echternach, Luxemburg

DDr. Goharkhay, Kawe

Medizinische Universität Wien
Bernhard-Gottlieb-Universitäts-
kliniken
Währingerstraße 25a
1090 Vienna, Austria

Prof. Dr. Maiorana, Carlo

Vice-President ESOLA
University of Milan
Dept. Oral Surgery
Via della Commenda 10,
20122 Milan, Italy

Prof. DDr. Moritz, Andreas

President ESOLA
Medizinische Universität Wien
Bernhard-Gottlieb-Universitäts-
kliniken
Währingerstraße 25a
1090 Vienna, Austria

Dr. Peschek, Antonia

Medizinische Universität Wien
Bernhard-Gottlieb-Universitäts-
kliniken
Währingerstraße 25a
1090 Vienna, Austria

Prof. Dr. Romanos, Georg

Clinical Professor of Implant
Dentistry
New York University
120 West 15th Street, App. 4K
10011 New York, NY
United States of America

DDr. Schoop, Ulrich

Medizinische Universität Wien
Bernhard-Gottlieb-
Universitätskliniken
Währingerstraße 25a
1090 Vienna, Austria

Priv. Doz. Dr. Schwarz, Frank

Heinrich-Heine-Universität
Poliklinik für Zahnärztliche
Chirurgie und Aufnahme
Moorenstr. 5
40225 Düsseldorf, Germany

DI Strassl, Martin

Technische Universität Wien
Institut für Photonik
Gusshausstraße 27
1040 Vienna, Austria

Prof. Dr. Walsh, Laurence J.

University of Queensland
School of Dentistry
200 Turbot Street
4000 Brisbane, Australia

Prof. Dr. Wernisch, Johann

Technische Universität Wien
Institut für Festkörperphysik
Wiedner Hauptstraße 8-10
1040 Vienna, Austria

Prof. Dr. Wintner, Ernst

Technische Universität Wien
Institut für Photonik
Gusshausstraße 27
1040 Vienna, Austria

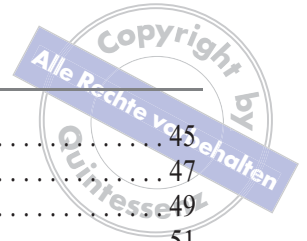
DDS Verheyen, Peter

Treasurer ESOLA
Breekiezel 36
3670 Gruitrode, Belgium



Kapitel 1 Grundlegendes zum Laser

1.1	Einleitung	1
1.2	Die Natur, Eigenschaften und Quellen von Licht	3
1.2.1	Was ist Licht?	3
1.2.2	Eigenschaften von Licht	4
1.2.3	Lichtquellen	8
1.3	Optische Konzepte für die Funktion des Lasers	11
1.3.1	Stimulierte Emission und Verstärkung im Lasermedium	11
1.3.2	Grundlegender Aufbau eines Lasers	13
1.3.3	Energieniveau-Systeme von realen Lasern	15
1.3.4	Der Laserresonator und seine Ausgangsstrahlung	18
1.3.5	Spezielle Frequenz- und Zeitbereiche des Laserbetriebs	23
1.4	Lasermedien, Leistungseingang und optischer Leistungsausgang	29
1.4.1	Lasermedien	29
1.4.2	Pumpmethoden und -schemata	33
1.4.3	Geometrische und Frequenzkonversion der Laserausgangsstrahlung	34
1.5	Spezielle Laser mit Relevanz für orale Anwendungen	38
1.5.1	Excimer-Laser	38
1.5.2	Argonionen-Laser	39
1.5.3	Helium-Neon-Laser	40
1.5.4	Halbleiter-Dioden-Laser	41



1.5.5	Rubin- und Alexandrit-Laser	45
1.5.6	Titan-Saphir-Laser	47
1.5.7	Neodym- und Ytterbium-Laser	49
1.5.8	Holmium- und Holmium-Thulium-Laser	51
1.5.9	Erbium- und Erbium-Chrom-Laser	52
1.5.10	Kohlendioxid-Laser (CO ₂ -Laser)	53
1.6	Lehrbücher und Literatur	55
1.6.1	Lehrbücher	55
1.6.2	Literatur	55

Kapitel 2 Lasersicherheit

2.1	Einleitung	57
2.2	Maximal zulässige Bestrahlung	59
2.3	Laserklassen	60
2.3.1	Klasse 1	60
2.3.2	Klasse 2	60
2.3.3	Anmerkung zu Lasergeräten der Klassen 1M und 2M	61
2.3.4	Klasse 3A (alte Klasse)	61
2.3.5	Klasse 3B	61
2.3.6	„Sonderklasse 3B“ (alte Klasse)	62
2.3.7	Neue Klasse 3R	62
2.3.8	Klasse 4	63
2.4	Sekundärgefahren	64
2.4.1	Allgemeine Gefahren	64
2.4.2	Rauch und Dämpfe	66
2.5	Schutzmaßnahmen	68
2.5.1	Schutzbrillen	68
2.5.2	Organisatorische Schutzmaßnahmen	70
2.5.3	Technische Schutzmaßnahmen	70
2.6	Normen und gesetzlicher Rahmen	72
2.6.1	Aufgaben und Pflichten des Laserschutzbeauftragten	72
2.6.2	Gesetzlicher Rahmen	73
2.6.3	Verhalten bei Zwischenfällen und Unfällen	73



Kapitel 3 Lasergestützten Kavitätenpräparation

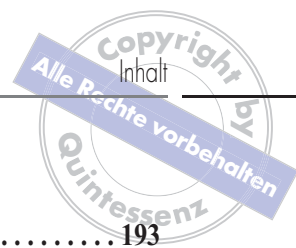
3.1	Einleitung	75
3.1.1	Entwicklung der lasergestützten Kavitätenpräparation	75
3.2	Technologien für die Kavitätenpräparation	77
3.2.1	Indikationsspezifische Probleme	77
3.2.2	Konventionelle Methoden – Rotierende Instrumente.....	78
3.2.3	Kinetische Kavitätenpräparation (Kinetic Cavity Preparation – KCP)	80
3.2.4	Präparationslaser.....	81
3.3	Lasergestützte Kavitätenpräparation	86
3.3.1	Er:YAG- und Er,Cr:YSGG-Laser.....	86
3.3.2	Oberflächeneigenschaften laserpräparierter Kavitäten.....	90
3.3.3	Haftfähigkeit und Randschlussdichte laserpräparierter und mit Adhäsiv- technik versorgter Kavitäten.....	93
3.3.4	Kariespräventive Eigenschaften laserpräparierter Kavitäten	99
3.4	Ablationsmechanismen	100
3.4.1	Überblick.....	100
3.4.2	Physikalische Einflussfaktoren für Ablationseffizienz und -qualität.....	101
3.4.3	Physikalische Einschränkungen heutiger Lasersysteme.....	111
3.4.4	Notwendige Charakteristiken für optimierte Lasersysteme	112
3.4.5	Ausblick	113
3.5	Andere Lasersysteme	122
3.5.1	Der CO ₂ -Laser	122
3.5.2	Der Nd:YAG-Laser.....	122
3.5.3	Der Ho:YAG-Laser.....	123
3.6	Praktisches Vorgehen bei der lasergestützten Kavitätenpräparation – klinische Vorbereitung	124
3.6.1	Anlegen des Kofferdams.....	124
3.6.2	Darstellung der Kavität.....	124
3.6.3	Kariesentfernung.....	125
3.6.4	Fertigstellung der Kavität.....	125
3.6.5	Wahl der Einstellungen.....	126
3.7	Klinische Fälle	127
3.7.1	Kavitätenpräparation Klasse I, II und III	127
3.7.2	Fissurenversiegelung.....	127
3.7.3	Veneer	128
3.7.4	Goldinlay.....	129
3.7.5	Keramikinlay.....	130



3.7.6	Maryland-Brücke	132
3.7.7	Ästhetische Frontzahnversorgung	134
3.7.8	Ästhetische Rekonstruktionen	134
3.8	Literatur	136

Kapitel 4 Photopolymerisation

4.1	Einführung	139
4.2	Allgemeines	141
4.3	Photopolymerisationsreaktion	150
4.4	Laser-Photopolymerisation im Vergleich zu herkömmlichen Methoden... 153	
4.5	Verbesserte klinische Leistung der mit Laser ausgehärteten Materialien... 161	
4.6	Kariesprävention mit dem Laser und mit durch Laser aktiviertem Fluorid 162	
4.6.1	Vorbeugende Wirkungen durch Laser und Laser-Fluorid-Wirkungen auf den Zahnschmelz mit dem Argon-Laser.	162
4.6.2	Wirkungsmechanismen: Zahnschmelz	164
4.6.3	Wirkungsmechanismen: Wurzeloberflächen	166
4.7	Allgemeine Überlegungen	168
4.8	Klinisches Verfahren der Photopolymerisation mit einem Argon-Laser... 170	
4.9.	Klinische Fälle	173
4.9.1	Einführung	173
4.9.2	Ästhetische Zahnmedizin	174
4.9.3	Hohe Kariesanfälligkeit	179
4.9.4	Funktionelle Probleme	182
4.9.5	Kieferplastische Probleme	183
4.9.6	Periodontale Probleme	184
4.9.7	Zahnmedizin für Kinder	185
4.9.8	Geriatrische Zahnmedizin	186
4.9.9	Zahnersatz-Zahnmedizin	188
4.10	Literatur	190



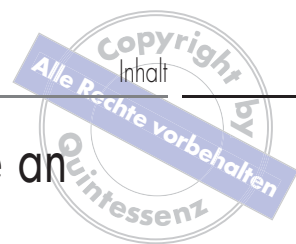
Kapitel 5 Kariesprävention

5.1	Einführung	193
5.2	Konventionelle Behandlungsmethoden	195
5.3	Lasieranwendung in der Präventiv-Zahnmedizin	196
5.3.1	Geschichtliche Aspekte.....	196
5.3.2	Interaktionen von Licht mit Zahnhartsubstanz.....	196
5.3.4	Streuungs- und Absorptionsparameter.....	197
5.3.5	Mechanismus der Laserbestrahlung und verbesserte Kariesresistenz.....	200
5.4	Der kariespräventive Effekt von CO₂-Lasern	204
5.4.1	Der Einfluss von Wellenlänge und Pulsdauer.....	205
5.4.2	Der Einfluss der Pulszahl.....	207
5.4.3	Der Einfluss von Wellenlänge und Flusssdichte.....	208
5.4.4	Sicherheitsparameter für die orale Anwendung.....	209
5.4.5	Oberflächenmorphologie.....	211
5.4.6	Das Problem des „Crackings“ oder der Rissbildung.....	212
5.4.7	Polierter Schmelz.....	213
5.4.8	Unpolierte Zahnkronen.....	214
5.4.9	Pulsdauerbedingte Effekte an unpoliertem menschlichem Schmelz.....	214
5.4.10	Kombinierte Wirkung von CO ₂ -Laserbestrahlung und Fluoridbehandlung..	217
5.4.11	Klinische Aspekte.....	218
5.5	Der kariespräventive Effekt von Argon-Lasern	219
5.5.1	Sicherheitsparameter für die orale Anwendung.....	219
5.5.2	Oberflächenmorphologie.....	221
5.5.3	Kombinierte Wirkung von Argon-Laserbestrahlung und Fluoridbehandlung	222
5.5.4	Klinische Aspekte.....	224
5.6	Der kariespräventive Effekt von Nd:YAG-Lasern	225
5.6.1	Sicherheitsparameter für die orale Anwendung.....	226
5.6.2	Oberflächenmorphologie.....	227
5.6.3	Kombinierte Wirkung von Nd:YAG-Laserbestrahlung und Fluoridbehandlung.....	228
5.6.4	Klinische Aspekte.....	230
5.7	Der kariespräventive Effekt von Er:YAG-, Er,Cr:YSGG-, Ho:YAG- und UV-Lasern	232
5.8	Schlussfolgerung	234
5.9	Literatur	235



Kapitel 6 Laser in der Endodontie

6.1	Einleitung	241
6.1.1	Stellenwert der Endodontie in der Zahnheilkunde	241
6.1.2	Problemstellung in der Endodontie	242
6.2	Konventionelle Behandlungsmethoden	253
6.2.1	Chemomechanische Desinfektion	253
6.2.2	Laserunterstützte Wurzelkanalsterilisation	254
6.3	Beschreibung der verschiedenen Wellenlängen	268
6.3.1	Nd:YAG-Laser	268
6.3.2	Dioden-Laser	274
6.3.3	Er:YAG-Laser und Er,Cr:YSGG-Laser	276
6.4	Wurzelkanalpräparation	278
6.5	Apexversiegelung	281
6.6	Sicherheit in der Anwendung	284
6.7	Indikationsgebiete	288
6.8	Praktische Vorgehensweise	290
6.8.1	Präparation der Zugangskavität	290
6.8.2	Wurzelkanalaufbereitung	290
6.8.3	Laserbehandlung	296
6.8.4	Wurzelkanalfüllung	298
6.9	Klinische Fallbeispiele	300
6.10	Zukünftige Behandlungskonzepte	306
6.11	Literatur	309



Kapitel 7 Direkte Pulpaüberkappung und Pulpotomie an bleibenden Zähnen und Milchzähnen

7.1	Direkte Pulpaüberkappung	315
7.1.1	Einleitung	315
7.1.2	Konventionelle Überkappungsmethoden	315
7.1.3	Laserunterstützte Überkappung	318
7.2	Pulpotomie	324
7.2.1	Einleitung	324
7.2.2	Erfolgsraten	324
7.2.3	Behandlungsablauf	324
7.3	Literatur	330

Kapitel 8 Lasergestützte Parodontaltherapie

8.1	Einleitung	333
8.1.1	Allgemeines	333
8.1.2	Spezifische Probleme der Indikation per se	333
8.2	Laser versus konventionelle Therapie	343
8.2.1	Konventionelle Therapie	343
8.2.2	Laser	344
8.2.3	Wirkungsweise der verschiedenen Laser am Gewebe	346
8.2.4	Pro und contra der jeweiligen Laser-Literaturdiskussion	347
8.3	Praktisches Vorgehen	365
8.3.1	Befunderhebung	365
8.3.2	Klinische Vorbereitung	367
8.3.3	Ablauf	367
8.4	Fallvorstellungen	371
8.4.1	Klinischer Fallbericht	371
8.5	Literatur	374



Kapitel 9 Dentinhypersensibilität

9.1	Einführung	377
9.1.1	Theorien der Dentinhypersensibilität	378
9.1.2	Natürliche Abwehrmechanismen der Pulpa	381
9.2	Konventionelle Behandlungsmethoden	383
9.2.1	Therapieforderungen	382
9.2.2	Historische Behandlungsmethoden	382
9.2.3	Verbreitete Wirkstoffe	382
9.3	Behandlung von Dentinhypersensibilität mittels Laserbestrahlung	386
9.3.1	Laser mit niedriger Ausgangsleistung	386
9.3.2	Laser mit mittlerer Ausgangsleistung	387
9.3.3	Direkte Methode	390
9.3.2	Indirekte Methode	390
9.4	Klinisches Vorgehen bei der Behandlung von hypersensiblen Dentin	397
9.5	Behandlungsfälle	398
9.6	Literatur	399

Kapitel 10 Bleaching – Zahnaufhellung mit Laser

10.1	Einführung	407
10.2	Allgemeines	408
10.2.1	Ursachen für Zahnverfärbungen	408
10.2.2	Extrinsische Zahnverfärbungen	408
10.2.3	Intrinsische Zahnverfärbungen	409
10.2.4	Behandlungsmöglichkeiten	413
10.3	Bleaching	416
10.3.1	Chemische Eigenschaften des Wasserstoffperoxids	416
10.3.2	Mechanismus des Bleachings	417
10.3.3	Sicherheit des Bleachings	418
10.4	Laser im Vergleich zu herkömmlichen Methoden	420
10.5	Vorgehensweise	429
10.5.1	Diagnose und Behandlungsplanung	429
10.5.2	Klinische Vorgehensweise	429



10.6	Klinische Fälle	433
10.6.1	Einführung	433
10.6.2	Gelbliche Verfärbungen	435
10.6.3	Aufhellen eines einzelnen Zahns und internes Bleichen eines einzelnen toten Zahns	437
10.6.4	Bräunliche Verfärbungen	439
10.6.5	Gräuliche Verfärbungen und Verfärbungen durch Tetracycline	440
10.6.6	Fehleranalyse	443
10.7	Literatur	446

Kapitel 11 Chirurgie

11.1	Einleitung	449
11.2	Spezifische Probleme im Rahmen chirurgischer Indikationen	450
11.3	Konventionelle Therapie	452
11.4	Lasertherapie	454
11.5	Laser in der zahnärztlichen Chirurgie	463
11.5.1	Derzeit verwendete chirurgische Laser	463
11.5.2	Zusammenfassung	466
11.6	Indikationen	467
11.7	Häufige Fragen bei der Verwendung des Lasers	468
11.8	Praktisches Vorgehen	470
11.9	Indikationsgruppen und Fallbeispiele	472
11.9.1	Benigne Tumoren	472
11.9.2	Leukoplakie und Präkanzerosen	484
11.9.3	Oraler Lichen planus	488
11.9.4	Mukozele/Ranula	488
11.9.5	Präprothetische Chirurgie	491
11.9.6	Lippenbändchenexzisionen	493
11.9.7	Implantologie/Periimplantitis	494
11.9.8	Parodontalchirurgie	499
11.10	Literatur	501



Kapitel 12 Lichtaktivierte Desinfizierung (PAD)

12.1	Einführung.....	507
12.2	Photodynamische Therapie – die Ursprünge der PAD	509
12.3	Prinzipien der PAD	510
12.4	Photosensibilisatoren.....	511
12.5	Klinische Aspekte der PAD-Technik	513
12.6	Bei der PAD eingesetzte Laser	514
12.7	Labor- und klinische Studien zur PAD	515
12.8	Sicherheitsfragen bei der PAD.....	518
12.9	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	519
12.10	Literatur.....	520

Kapitel 13 Therapie mit niedrig energetischen Lasern (LLLT)

13.1	Einführung.....	525
13.2	Wirkungsmechanismen.....	527
13.3	Zelluläre Effekte der LLLT bei der Wundheilung.....	529
13.4	LLLT und Nervengewebe	532
13.5	Klinische Anwendungen der LLLT	534
13.6	Grenzen der LLLT in der klinischen Praxis	537
13.7	Technologie der LLLT	538
13.8	Ausrüstung für die LLLT.....	539
13.9	Schlussfolgerungen	541
13.10	Literatur.....	542
	Register.....	545

3.6 Praktisches Vorgehen bei der lasergestützten Kavitätenpräparation – klinische Vorbereitung

3.6.1 Anlegen des Kofferdams

Die lasergestützte Kavitätenpräparation sollte analog den konventionellen Behandlungskriterien stets unter Verwendung eines Kofferdams durchgeführt werden. Dieser garantiert eine optimale Sicht und erleichtert die Verarbeitung der verwendeten Füllungsmaterialien. Eine iatrogene Schädigung angrenzender Approximalfächen kann durch Anlegen einer Schutzmatrize weitgehend verhindert werden, ist aber wie auch schon bei der Präparation mit rotierenden Instrumenten primär von der Sorgfalt des Behandlers abhängig. Für die Versorgung mit Kompositen ist eine Trockenlegung der Kavität sehr wichtig. Das vom Laser erzeugte Retentionsmuster muss ebenso wie bei der herkömmlichen Säureätztechnik, vor Speichelfluss und Berührungen der Schleimhäute oder der Zunge geschützt werden. Die bei Kunststofffüllungen verwendeten Adhäsivsysteme gewährleisten nur bei optimalen trockenen Arbeitsbedingungen einen starken Verbund zwischen Zahnhartsubstanz und Kompositmaterial und können in ihrer Wirksamkeit be-

reits durch die Feuchtigkeit der Atemluft beeinträchtigt werden.

3.6.2 Darstellung der Kavität

Zunächst empfiehlt es sich, den zu behandelnden Zahn mittels Ultraschallscaler und Polierkelch von Konkrement und oberflächlichem Detritus zu befreien, da diese die Absorption des Lasers beeinflussen können. Vor der ersten Bestrahlung ist die Einhaltung aller Sicherheitsvorkehrungen zur Laserbehandlung zu überprüfen (Schutzbrille, abgesicherter Arbeitsbereich, Überprüfung der Einstellungen am Laser).

Zunächst erfolgt analog zum Vorgehen mit rotierenden Instrumenten die Darstellung der kariösen Läsion. Dazu werden die vom Hersteller angegebenen Einstellungen zur Schmelzpräparation gewählt. Die Bestrahlung erfolgt möglichst senkrecht auf die Schmelzoberfläche und unter Applikation von Wasserspray, das bei den meisten Systemen im Handstück integriert ist. Wichtig ist eine ausreichende Spraystärke und eine ständige Absaugung, da ein zu geringer oder zu starker Wasserfilm die Laserpräparation erschwert. In diesem ersten Arbeitsschritt werden unterminierte Schmelzareale entfernt und der Zugang zu kariös zerstörtem Schmelz und Dentin gelegt. In jedem Fall soll dabei kontaktfrei gearbeitet werden. Bei Freistrahllandstücken (Handstücke ohne Saphirtip) ist ein Arbeitsabstand einzuhalten, bei dem der Zielpunkt des Dioden-Lasers den kleinsten Durchmesser hat (meist in etwa derselbe Abstand wie vom Ende eines konventionellen Bohrers zum Instrumentenkopf, s. Herstellerangaben). Handstücke mit Saphirtip sind in einem Abstand von ca. 1 mm über der Arbeitsstelle zu führen. Das verhindert ein lästiges Hängenbleiben, ermöglicht eine effiziente Kühlung und vermeidet die vorzeitige Erosion des Saphirtips durch den Einbrand angelegter Ablationspartikel.



Abb. 3-73 Darstellung der kariösen Läsion nach Applikation des Kofferdams.

3.6.3 Kariesentfernung

Beim Durchbruch durch den Schmelzmantel sollte die Pulsenergie immer reduziert werden („Methode der geringsten Pulsenergie“, s. Abschnitt 3.4.4). Durch die höhere Abtragsrate in gesundem und kariösem Dentin (s. Abschnitt 3.4.2.2.5, S. 36) kann damit bei fast unveränderter Arbeitsgeschwindigkeit einer Hyperthermie der Pulpa besser vorgebeugt werden.

Unter Abtastung der kariösen Areale erfolgt eine teilselktive Präparation abermals unter Spraykühlung und Absaugung. Je weiter eine Kavität in die Nähe der Pulpa vorstößt, desto stärker muss die Leistung des Lasers gedrosselt werden. Bei sehr pulpanahem Arbeiten sollte zusätzlich noch intermittierend gearbeitet werden. Zusätzlich empfiehlt es sich, in solchen Fällen die Pulsrepetitionsrate zu reduzieren. (Anmerkung: Bei Systemen mit einer entsprechend optimalen Pulsform ist die Reduktion der Pulsfrequenz nicht unbedingt erforderlich, da man mit ihnen bei weit geringeren Pulsenergien noch mit der gleichen Effizienz abtragen kann wie bei anderen Systemen, nur bei viel höheren Einstellungen, s. Abschnitt 3.4.2.2.). Die vollständige Kariesentfernung wird durch den klassischen Sondentest oder unter Zuhilfenahme eines Kariesindikators kontrolliert. Optisch weisen mittels Laser erstellte Kavitäten eine raue, mattierte Oberfläche auf, die vom erzeugten Retentionsmuster herrührt.



Abb. 3-74 Primäre Entfernung der Karies; Kontrolle mittels Kariesdetektor.

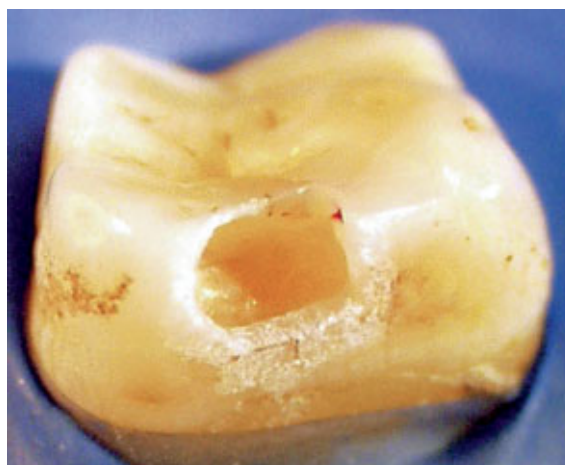


Abb. 3-75 Fertigstellung der Kavität.

3.6.4 Fertigstellung der Kavität

Eine allfällige Finierung und Ansträgung der Kavität hängt im Wesentlichen von der Wahl des Füllungsmaterials ab. Bei Versorgung mittels Komposites entfällt ein Teil der bei rotierenden Instrumenten notwendigen Arbeitsschritte. Sehr dünn auslaufende Schmelzlamellen werden auch hier mittels Hartmetallfinierer oder Arkansasstein entfernt. Nach vorsichtiger Reinigung der Kavität mittels Wasserspray und Alkohol kann das Adhäsivsystem direkt eingebracht und die Kompositversorgung gemäß den



Abb. 3-76 Definitive Füllung mit Komposit.

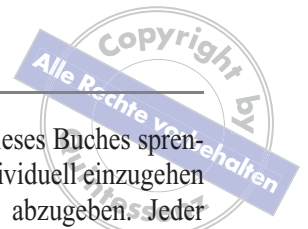
Herstellerangaben abgeschlossen werden. Durch die bereits ausreichend erläuterten Mikrorauigkeiten in der präparierten Oberfläche sind weitere Säureätzungen im Allgemeinen nicht notwendig. Erfolgt eine Versorgung mit nicht adhäsiv verarbeiteten Füllungsmaterialien, so müssen für eine Laserpräparation dieselben Nachbearbeitungsschritte erfolgen wie bei konventionell erstellten Kavitäten.

3.6.5 Wahl der Einstellungen

Die Wahl der korrekten Laserparameter ist vom verwendeten Gerät abhängig. Es ist deshalb nicht möglich, allgemeine, für jedes Lasersystem gültige Aussagen zu treffen. Je nach Hersteller stehen ein Frequenzbereich von 2–20 Hz und Pulsenergien von 50–1000 mJ zur Verfügung, wobei sich die Effizienz des Abtrags nicht nur auf diese beiden Parameter beschränkt, sondern zweifelsohne von vielen anderen Faktoren abhängig ist (s. Abschnitt 3.4.2). Da sich mittlerweile eine Unzahl von Geräten auf dem Markt

befindet, würde es den Rahmen dieses Buches sprengen, auf jeden einzelnen Laser individuell einzugehen und eine objektive Empfehlung abzugeben. Jeder Anwender ist daher gehalten, die Herstellerangaben für das jeweilige Gerät kritisch zu prüfen und auf der Basis physikalischen Grundwissens und eigener klinischer Erfahrung die optimalen Parameter zur erarbeiten. Im Zweifelsfall gilt auch hier, die Parameter möglichst niedrig zu halten, um das Risiko von Kollateralschäden zu minimieren.

Generell lässt sich sagen, dass zum Abtragen von Schmelz die jeweils höchstmöglichen Pulsenergien und Frequenzen verwendet werden können. Dringt man bei der Präparation bis ins Dentin vor, so kann die Abgabeleistung zunächst um etwa ein Drittel vermindert werden, um in Pulpanähe noch weiter reduziert zu werden. Gleiches gilt für die Entfernung von Kunststoff- oder Glasionomierzementfüllungen. Soll etwa im Verlauf einer Fissurenversiegelung oder einer ausschließlichen Konditionierung von Schmelz die Oberfläche lediglich gereinigt bzw. angeraut werden, kann die Leistung auch im Schmelz auf die Hälfte oder ein Drittel herabgesetzt werden.



3.7 Klinische Fälle

3.7.1 Kavitätenpräparation Klasse I, II und III

Ein 55-jähriger Patient mit einer Klasse II am Zahn 15, einer Klasse II am Zahn 16 und zusätzlichen Kavitäten okklusal (Klasse I) (Abb. 3-77a–c).



Abb. 3-77a Okklusale Darstellung von verfärbten Fissuren bzw. durchscheinender Interdentalkaries.



Abb. 3-77b Nach der Präparation mit dem Laser stellte sich die volle Ausdehnung der Kavitäten vor allem interdental heraus.



Abb. 3-77c Die fertigen Füllungen mit Kompositmaterial.

3.7.2 Fissurenversiegelung

Die Fissurenversiegelung ist eine der beliebtesten Indikationen für die Laserpräparation, vor allem in der Kinderzahnheilkunde (Abb. 3-78a–c).



Abb. 3-78a Verfärbte Fissuren an einem Oberkiefermolaren.



Abb. 3-78b Situation nach der Laserpräparation.



Abb. 3-78c Fertige Fissurenversiegelung.

3.7.3 Veneer

Behandlung eines 40-jährigen Patienten mit einem stark verfärbten, aber vitalen Zahn 12 (Abb. 3-79a–f).



Abb. 3-79a Stark verfärbter Zahn 12. Aufgrund der Intensität und der Tiefe der Farbveränderung fiel die Entscheidung für eine Versorgung des Zahns mit einem Veneer.



Abb. 3-79d Auch am Modell lässt sich die retentive Präparationsoberfläche erkennen.



Abb. 3-79b Laserpräparation; in diesem Fall mit einem Non-contact-Handstück.



Abb. 3-79e Fertiges Veneer am Modellstumpf.



Abb. 3-79c Hochgradig retentive Oberfläche nach der Laserpräparation. Am Gingivarand treten keine Blutungen auf.



Abb. 3-79f Fertig eingegliederte Arbeit. Für die Zementage war keine Säureätzung des Zahns erforderlich.

3.7.4 Goldinlay

Behandlung einer 20-jährigen Patientin mit Kälteempfindlichkeit an Zahn 16. Aufgrund der Dimension der Kavität wurde auf eine Erneuerung des Komposits verzichtet und eine hochwertige Versorgung mittels Goldgussfüllung gewählt (Abb. 3-80a–g).



Abb. 3-81c Situation nach Entfernung der Füllung.



Abb. 3-80a Erster Quadrant mit der insuffizienten Kunststofffüllung an Zahn 16.



Abb. 3-80d Situation nach weiterer Extension der Präparation.



Abb. 3-80b Die Kunststofffüllung wird mit Hilfe eines Er:YAG-Lasers entfernt, in diesem Fall unter Faserkontakt.



Abb. 3-80e Um die geforderte Glattheit der Präparationsränder zu erreichen, ist eine Nachbearbeitung mit einem ultraschallgestützten Präparationssystem erforderlich.



Abb. 3-80f Auf die in der Abbildung 3-81e gezeigte Weise fertig gestellte Präparation.



Abb. 3-80g Eingegliedertes Goldinlay.

3.7.5 Keramikinlay

Behandlung einer 19-jährigen Patientin mit insuffizienten Kunststofffüllungen im Unterkiefer-Molaren-Bereich. Es bestand der dringende Wunsch der Patientin nach einer funktionell und ästhetisch hochwertigen Versorgung. Deshalb waren Keramikinlays indiziert (Abb. 3-81a-i).



Abb. 3-81b Laserpräparation unter Faserkontakt. Zu beachten ist die Kühlung mittels Wasserspray.



Abb. 3-81a Insuffiziente Kunststofffüllungen an den Zähnen 36 und 37.



Abb. 3-81c Situation nach der Laserpräparation.



Abb. 3-81d und e Um die geforderte Glattheit der Präparationsränder zu erreichen, ist eine Nachbearbeitung mit einem ultraschallgestützten Präparationssystem erforderlich.

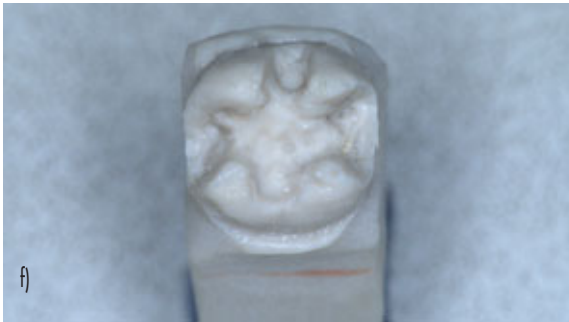


Abb. 3-81f Zahn 36 im Modell.



Abb. 3-81g und h Fertig gestellte Keramikinlays am Modell.



Abb. 3-81i Fertig zementierte Inlays an den Zähnen 36 und 37.

3.7.6 Maryland-Brücke

Ein 10-jähriger Junge verlor die Zähne 11 und 21 durch einen Sturz. Um die Zeit bis zu einer Implantatversorgung zu überbrücken, wurde eine Klebebrücke angefertigt (Abb. 3-82a-i).



Abb. 3-82a Lücke im Bereich der Zähne 11 und 21.



Abb. 3-82d Die Situation am Modell. Die Rauigkeit der retentiven Facetten ist erkennbar.



Abb. 3-82b und c Präparation der retentiven palatinalen Facetten an den Zähnen 12 und 22.



Abb. 3-82e und f Fertig gestellte Klebebrücke am Modell.



Abb. 3-82g und h Fertig eingegliederte Arbeit im Mund.



Abb. 3-82i Zufriedenes Lächeln des Patienten.

3.7.7 Ästhetische Frontzahnversorgung

Behandlung eines 20-jähriges Mädchens mit ein Jahr alten Kunststofffüllungen in der Oberkieferfront, die teilweise starke Randspalten und Verfärbungen zeigten. Es bestand der dringende Wunsch einer ästhetischen Rekonstruktion (Abb. 3-83a-c).



Abb. 3-83a Ausgangssituation: starke Verfärbungen der Füllungsänder durch Randspaltenbildung auf den Zähnen 12-22.



Abb. 3-83b Zustand nach der Behandlung mit einem Er:Cr:YSGG-Laser. Sämtliche alten Füllungen wurden entfernt, wobei Leistungseinstellungen wie bei der Schmelzpräparation verwendet wurden.



Abb. 3-83c Fertige Restauration nach Schichttechnik ohne Säureätzung.

3.7.8 Ästhetische Rekonstruktionen

32-jähriger Patient nach einem Fahrradsturz mit Fraktur der Zähne 21 und 22 (Abb. 3-84a-e).



Abb. 3-84a Frakturierte Frontzähne unmittelbar vor der Versorgung.



Abb. 3-84b Nach der Präparation mit einem Er,Cr:YSGG-Laser.



Abb. 3-84c Applikation des Adhäsivs.



Abb. 3-84d Schichtweiser Aufbau (Dentin- und Schmelzfarben).



Abb. 3-84e Fertige Rekonstruktion.

A

Ablation 86, 102, 104, 120
photochemische 211
 plasmainduzierte 100, 115ff., 421
 ultrakurze Pulse 114
 wasserinduzierte 84, 104, 111
Ablationseffizienz 101, 104
Ablationskrater 90f., 121
Ablationsmechanismen 100
Ablationsqualität 101, 113
Ablationsrate 111
Ablationsschwelle 102, 106ff., 115
Abrasionsverschleiß 157
Absorption 11, 81, 86, 100f., 197, 258
Absorptionskoeffizient 102f., 108f., 197, 426
 spektraler 101
Absorptionstiefe 104, 206
Absorptionsverstärker 427
Absorptionsmaximum 101, 109
Absorptionsspektrum 8
Abszess 342, 535
 periapikaler 242
Abtrag, selektiver 81
Abtragsleistung 81, 104
Abzugskräfte 98
Actinobacillus actinomycetemcomitans 338, 342, 347, 352, 354
Actinomyces israelii 249, 251
Actinomyces viscosus 251
Adhäsion 174
Adhäsivsysteme 124f.
Adhäsivtechnik 93
Alexandrit-Laser 45, 277, 345
 frequenzverdoppelter 364
Alteration, thermische 480
Amalgamkorrosion 413
Amelogenesis imperfecta 176, 411, 415
Ammoniumsulfid 412

Anaerobier 251
 gramnegative 38
Anämie, hämolytische 411
Antikörper, monoklonaler 142, 151, 158
Apexversiegelung 279
Apten 517, 535
Apikoektomie 454
Arbeitslänge 296
Argonionen-Laser 39, 202
Argon-Laser 99, 154, 156, 162, 166, 170, 281, 286, 421, 423
Arrays 44
Äthylendiamintetraessigsäure 253
ATPase, negativ 486
Attachmentverlust 334, 342
Aufbereitung 250, 279
 manuelle 290
 maschinelle 290, 295
 mechanische 64
 Techniken 241
Aufhellung, photochemische 164
Aufschmelzen 200
Azur-B-Chlorid 512

B

Bacillus pyocyaneus 409
Bacteriodes gracilis 249
Bacteroides forsythus 354
Bakterien 247
 chromogene 409
 gramnegative 248f., 259, 269
 grampositive 248, 259f., 265
 pathogene 463
 -infiltration 251
 -reduktion 348
Balance-force-Technik 292
Bandbreite 7
Beersches Gesetz 15
Befunderhebung, parodontologische 333
Behandlung, minimal-invasive 248

Behandlungstiefe 206
Beschwerden, neuralgische 535
Besiedlung, bakterielle 247
Bestrahlungszyklen 269
Bindephase 141f.
Biostimulation 538
BISDMA 142
Bleaching 408, 413
Bleaching Gel 420f., 425
Bleichen, internes 437
Blutung 343
Blutverlust 457
Bonding-Applikation 317
Bowen-Harz 139
Bracketverbindung 171
Brandgefahr 65
Brechung 255f.
Brewster-Winkel 30
Brillanz 35

C

Candida albicans 249, 516f.
Carbamidperoxid 420
Carcinoma in situ 485
CE-Zeichen 71
Chinonring 417
Chirurgie, präprothetische 348, 352, 354
Chlorhexidin 253f., 409
Chlorine 511
Chlortetracyclin 410
CO₂-Laser 99, 122, 200, 204, 254, 280, 344, 355
Corynebacterium spp. 251
Crackings 212
Crigler-Najjar-Syndrom 411, 415
Crown-down-pressureless-Technik 293
Crystal violet 511

D

Deepithelisierung 499
Deltas, apikale 242



- Demineralisation 196, 252
 Dentin 174, 244ff., 251
 -Adhäsion 139
 -Dysplasie 411, 415
 -kanälchen 243f., 246, 250, 252, 261, 355
 kanalnahes 266
 peritubuläres 282
 -tubuli, Verschluss 200, 211
 Dentinogenese 409
 Dentinogenesis imperfecta 412, 415
 Dentitio difficilis 535
 Desinfektion
 chemomechanische 253
 lichtaktive 256
 Desmodont 341
 Diabetes 340
 Diaket 413
 Diamantschleifkörper 78
 Dichte, optische 255
 Differenzialthermoanalyse 216
 Diffusion, thermale 205
 Diffusivität, thermische 76
 Dimethylchlortetracyclin 410
 Dioden-Laser 41, 43, 254, 258f., 265,
 274, 277, 282, 344, 347, 349, 355,
 423, 512, 539
 Dispersion 36
 Dotcam-Analyse 434
 Dolor post 553
 Doppler-Verschiebung 9
 Double-flared-Technik 293
 Doxycyclin 410
 Drei-Niveau-System 15ff.
 Druckfestigkeit 290
 Dysfunktion, temporomandibuläre 177,
 410f., 415, 417, 440
- E**
- EDTA 254
 Effekt
 bakterizider 268
 kumulativer 126
 photoablativer 268
 zellulärer 263
 Eigenschaften, optische 102
 Eindringtiefe 254, 261, 461
 optische 103
 Einschränkung, physikalische 24, 114, 116
 Elektronenwolken 8
 Elemente, finite 284
 Emission 259f.
 stimulierte 535
- Endodontie 241
 Endotoxine 338
 Energie
 -begrenzung, räumliche 106
 -dichte 93, 109, 115
 -dosis, letale 507
 -niveaus 101
 -niveau-Systeme, reale Laser 15
 Escherichia coli 269, 274
 Enterococcus faecalis 249, 251f., 265,
 268f., 274
 Enterokokken 248
 Entmineralisierung 161
 Enzyme, lysosomale 242
 EPMA-Messung 422
 Epuliden 472
 Epulis fissurata 473
 ESEM 282, 427
 Er,Cr:YSGG-Laser 86, 92, 99, 277, 282,
 287, 345, 364
 Er:YAG-Laser 52, 86, 92, 99, 254, 258f.,
 265, 276f., 280, 282, 287, 345f.,
 355ff., 359ff.
 Ermüdungsverschleiß 157
 Erosionsverschleiß 157
 Erythroblastose 415
 fetale 411
 Erythroplakie 485
 Eubacterium alactolyticum 249
 Eubacterium timidum 249
 Excimer-Laser 38, 76, 106, 114
 Exfoliation 216
 Exotoxine 338
 Extension for prevention 139
 Exzision 469
- F**
- Faktoren, lokale 200
 Farbpenetrationsversuch 271
 Farbstoffe, azure 511
 Fasersysteme 270, 363
 flexible 255
 Feedbacksysteme 346
 Feldstärke, elektrische 116
 Femtosekunden 24, 114, 116
 Festkörper-Lasermedien 31
 Fibroblasten 340, 360
 -attachement 359
 -tätigkeit, Steigerung 104
 Fibrom 480
 Fibronectin- β 460
 Fissurenversiegelung 82, 127, 195
- Flap-Operation 343
 Flattop-Profil 106
 Flora
 bakterielle 336
 mikrobielle 248
 Fluorapatit 193f.
 Fluoreszenz 510
 Fluorid 161f., 166, 195
 -behandlung 217
 Fluorose 410
 Fluorosis simplex 410
 Flusssdichte 208
 Flüssigkeit, interstitielle 252
 Fourier-Transformation 20
 Fourier-Transformations-Infrarot-
 Spektroskopie 216
 freie Radikale 150, 417
 Frenulum 493
 Frequenz 4
 -bandbreite 4, 7
 Frequenz
 -verdopplung 35
 Füllphase 141
 Füllungstechniken 241
 Fusion 213
 Fusobacterium nucleatum 249, 251
- G**
- Gauß-Profil 106
 Gaußsche Glockenkurve 18
 Gaußscher Puls 7
 Gaußscher Strahl 5, 18ff., 34
 Gefahren
 chemische, elektrische 64
 mechanische 265
 Gelbsucht 411
 Gerinnungsstörung 457
 Gewebe
 -oberfläche, Reflektivität 102
 Wärmeleitfähigkeit 101ff., 115
 Gingivalindex 366
 Gingivitis 333, 341, 535
 nekrotisierende ulzerative 342
 Schmutzgingivitis 458
 Schwangerschaft 14
 Glasionomerzementfüllung 126
 Goldinlay 129
 Granulationsgewebe 343
 Granulom, pyogenes 66
 Granuloma interna (rosa Fleck) 412
 Graviddität 472
 Grossmann-Zement 413

Grundzustand 101
GTR-Therapie 499
Güteschaltung 24
Guttapercha 299

H

Haftfestigkeit 158
Haftvermittler 139
Haftwerte 94f., 98
Halbleiter-Dioden-Laser 41
Halogen 149, 153, 421
Hämangiom 474
-therapie 464
Hämatin 412
Hämatom 535
Hämoglobin 412
Hämosiderin 412
Hämotoidin 412
Handinstrumente 343
Härtungsverfahren, chemisches 139
Hauptästchen 246
Heisenbergsche Unschärferelation 5
Helium-Neon-Laser 40, 512
Hematoporphyrin 511
Hermite-Gaußsche-Funktionen 20
Herpes labialis 517, 535
Ho:YAG-Laser 51, 123
Holmium-Laser 76, 51
Holmium-Thulium-Laser 51
Home-Bleaching 419, 421
Hydroxylapatit 193, 201, 205
-kristalle 162, 164, 256
-pulver 281
Hygieneindex 366
Hyperoxalurie 411
Hyperplasie 334

I

Implantation 517, 535
Infrarotbereich 258
Infrarotkamera 287
InGaN-LED 421
In-office-Bleaching 421, 425
Instrumente, rotierende 45, 75, 196
Interferenz 255
Intracavity-Leistung 13
Intervention, antimikrobiologische 249
Inversion 23f.

K

Kalziumhydroxid 298, 315
Kampferchinon 142, 150, 159, 168

Kanälchen 244
Kanäle, teilweise sklerosierte 107
Kapazität, koagulative 124, 290
Karbonatapatit 193, 197, 200f., 205, 214
Karbonatverlust 206
Karbonisation 76, 84, 273
Karbonisierung 193, 515
Karies 125, 162
-indikator 513
Karzinom, früh-invasives 485
Katalase 75, 127
Kavitätenpräparation 241
kinetische 494
Keimabtötung 248
Keimflora 130
Keimspektrum, selektioniertes 77, 120
Keramikinlay 281
Keramikpulver 24
Kerr-Linsen-Modulation 535
Kiefergelenkchirurgie, arthroskopische 465
Kieferorthopädie 80
Knochendefekte, periimplantäre 494,
516f., 535
Knochen-Implantat-Grenze 535
Knochenregeneration 265
Knock-on-Effekt 95
Knoop-Härte 457
Kofferdam 2
Kohärenz 7, 36
-länge 5, 7
-zeit 7, 53
Kohlendioxid-Laser 251, 341
Kokken 341
grampositive 248
Kollagenasen 252
Kollagenfibrillen 114
Kollateralschaden 2
kollimiert 288
Komposit 98, 178
Randdichtigkeit 93
Komposite-Veneer 338, 346, 357
Kondensation, laterale 96
Konkrement 151
Konversionsgrad 141, 151, 157f.
Koppelpulse 291
Korrosionsverschleiß 6
Kreisfrequenz 19
Krümmungsradius 162, 286, 421, 423, 429
KTP-Laser 423
KTP-Laser-Bleaching 265
Kunststofffüllung 97
Kunststofftags 193, 251

L

Lactobacillus 249
Lactobacillus cateniformis 513
Lactoperoxidase 42
Laser
Aufbau 13
freilaufender 13
-diode 363
-fluoreszenz 60
-klassen 29
-licht, Eigenschaften 102
-medien 17
flüssige 30
-medium, Verstärkung 102
-moden, transversale 411
-niveau 459
-osteotomie 204
-parameter 18, 24
-resonator 70
-schutzbeauftragter 60, 70
Schwellenbedingung 253, 269, 278f.
-sicherheitsnorm 254
Softlaser 343
-systeme, optimierte 68
-system, ultrakurz gepulstes 343
Läsion
etablierte 340
initiale 340
periradikuläre 517
Leakage 96, 153, 538
apical 281
Leistungsdichte 515
Leuchtdioden, LED 6, 484
Leukoplakia erosiva 484
Leukoplakia simplex/plana 484
Leukoplakia verrucosa 484
Leukoplakien 488
Lichen ruber planus (LRP) 507
Licht
-brechung 6
-eigenschaften 6
-intensität 108, 257
-leiter (-faser) 8
monochromatisches 248f.
-quelle 1
light amplification by stimulated
emission of radiation 10, 12
Linienbreite 259f.
Lipopolysaccharide 259f.
Lipoproteine 340
Löslichkeit 525



Lösungen, antibakterielle 253
 low level laser therapy 168
 Lucirin TPO 341
 Lymphokine 341

M

Makroanatomie 132
 Maryland-Brücke 529
 Masse, polykristalline 256
 Maßnahme, chirurgisch-korrektive 343
 Mastzellen 141, 142
 Matrix, kollagene 256
 Matrixphase 78, 81
 Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung 3
 Maxwell'sche Gleichung 253
 Megalosphäre 262
 Membran blebbing 262, 280
 Membranschädigung 139
 Methode
 minimalinvasive 511
 apikal-koronale 157, 291
 Methylenblau 10
 Metrologie 413
 Mikroabrasion 243
 Mikroanatomie 246
 Mikroästchen 249
 Mikroorganismen, fakultativ anaerobe 341
 Mikroexplosion 142
 Mikrofüller 95
 Mikrohärtegrad 149
 Mikroleckagen 149
 Mikrolücken 247, 250, 335
 Mikroorganismen 202
 Mikroporensystem 77
 Mikropräparation 211
 Mikroradiographie 203
 Mikroräume 92
 Mikrorisse 202
 Mikrowelle 193
 Milchsäure 112
 Mischinfektion 23
 gramnegative 249
 Modeninterferenzfluktuationen 24
 Modenverkopplung 4
 Monoinfektion 507
 Monomere 95, 266
 Mukosiden 488
 Mukozele 116f.
 Multiphotonenabsorption (MPA) 247
 Mund
 -flora 247
 -höhle 259ff.

Mureinschicht 59
 Muster, mikroretentive 76, 84, 111, 212
 MZB-Werte 253

N

Natriumhypochlorid 50, 99, 122, 197,
 254, 258f., 265, 268, 277, 281f., 286,
 344, 349, 350-355
 Nd:YAG-Laser 246
 Nebenästchen 342
 Nebenwirkungen, thermische 103
 Nekrose, pulpale 79, 111
 Neodym-Laser 532
 Nervengewebe 535
 Netzwerk, tubuläres 244ff.
 Nickel-Titan-Instrumente 14

O

Oberflächenmorphologie 254
 Oberflächenspannung 415
 Oberwellen, harmonische 37
 Ochronorie 411
 Ochronose 245, 316
 Odontoblasten 412, 415
 Odontodysplasie 340
 Oligomere 112
 Operation, parodontale 333f., 517
 Operationsgebiet, Sterilität 1, 10ff.
 Osteoklasten 11, 13
 Oszillator 411
 Oxalose 416, 418
 Oxidationsprozess 410
 Oxytetracyclin 428

P

P. acnes 251
 P. gingivalis 483
 Papillome 365
 Parodontalbehandlung 517, 535
 parodontales-endodontisches Geschehen
 93f., 125, 142
 Parodontitiden, apikale 252
 Parodontitis 338
 akute apikale 288
 chronische 341
 nekrotisierende ulzerative 49
 -therapie, unterstützende 139
 PDT 251, 269
 Penetrationstiefe 260
 optische 11
 Peptidoglykanschicht 249
 Peptostreptococcus micros 420

Perhydroxyl 416
 Perhydroxyl-Radikal 434f.
 Periimplantitis 515
 Periodontitis 91, 245f., 256
 Permittivität, relative 58
 Permeabilität 248
 Phospholipide 278
 Photoabsorber 507
 photoactivated disinfection 423
 Photo-Bleaching 100
 photochemisch 114
 photodensitometrisch 463
 Photo
 -effekt 4, 6
 -energie 142
 -inhibitoren 142, 150, 154, 168
 -initiatoren 101
 -sensibilisatoren 111, 511
 -sensibilisierung, letale 421
 Photon 6, 14
 Photonen
 -dichte 101
 -energie 6
 -fluss 507, 511
 Pikosekunden 251
 Pilze 7
 Plancksche Formel 6
 Plancksches Wirkungsquantum 193, 335
 Plaque 366, 408
 -bakterien, parodontopathogene 249
 -index 340
 -retention 115
 subgingivale 116
 Plasma 114
 -lichtbogengeräte; Lampen 120, 153,
 168, 439
 -Shielding-Effekt 118
 -zündung 118
 Polarisation 535
 Poliferation 200
 Polymerisation 156, 158, 170
 Polymerisationsschrumpfungen 151
 Polymerketten 415
 Porphyrie 348, 352
 erythro-poetische 411
 Porphyromonas gingivalis 484
 Präkanzerosen 491
 Präparation, maxillalkonservative 9
 Prevotella intermedia 252
 Problemkeim 168
 Propan-Dion (PPD) 251
 Propiomobacterium endodontalis 249

Propionibacterium propionicum 251
 Propionibacterium 482
 Prothesen-Irritationsfibrom 104, 251
 Pseudomonas 260
 Pulpa
 -kavum 415
 -nekrose 315, 465
 -überkappung, direkte 102, 106, 112, 115f., 205, 216
 Pulpitis
 gangränöse 288
 purulente 465
 Puls
 -anstieg, steiler 291
 -dauer 102, 111, 113, 115f.
 -energie 106
 -minimale 77, 120
 -flanke 92, 106
 -form 113
 -länge 113
 -repetitionenrate 105
 -verlauf 207
 -zahl 33
 Pulse, ultrakurze 114
 Pumpen 13
 Pumpleistung 288
 Pumpquelle, optische 341
 Pumprate, normalisierte 211
 Pyrolyseprodukte 111

Q

Q-switch 8
 Quantentheorie 8
 Quantenzustand 108
 Quasi-Gauß-Profil 96

R

Randschlussdichte 94, 488
 Ranula 112
 Rayleigh-Länge 509
 Recall-Termine 367
 Rechtwinkelstatus 101
 Reflektivität R 13f., 29, 32, 102
 Reflexion 252
 Regeneration, neurosensorische 295
 Reinfektion 272
 Reinigungseffekt 101
 Rekombination 200
 Rekonstruktion, ästhetische 134
 Rekrystallisieren 6
 Relaxationszeit, thermale 114, 216
 Remission 114, 125

Repetitionsrate 468
 Resektatrand 249
 Reservoir, bakterielles 250f.
 Resistenz 13, 36
 Resonatoren 13, 21f.
 Resonatorumlaufzeit 334
 Resorption, apikale 288
 Rezession 484
 Rezidivraten 212
 Rissbildung 216
 Röntgenstrukturanalyse 333, 408
 Root planing 78
 Rubin-Laser 416

S

Sauerstoffarten, reaktive 370
 Sauerstoff-Radikal 340
 Saumepithel 99
 Säure
 -angriff 94
 -ätztechnik 161, 201
 -löslichkeit 212
 -penetration 203
 -resistenz 333
 Scaling 118
 Scann-Algorithmen 118f.
 Scannen 16
 Schaden, thermischer 284
 Schawlow-Townes-Formel 174
 Schichttechnik 71
 Schlüsselschalter 213
 Schmelzen 335
 Schmelz
 -oberhäutchen 215
 -punkt 200
 -resistenz 340
 -Zement-Grenze 347
 Schmerzreduktion 78, 94f.
 Schmierschicht 341
 Schmutzgingivitis 458
 Schnittspaltspülung 461
 Schnitttiefe 68
 Schutzmaßnahmen 68
 bauliche 70
 Schutzstufe 334
 Schwangerschaftsgingivitis 14
 Seitenkanäle 247
 Selektivität 211
 SEM 455
 Sharpeysche Fasern 429
 Sicherheitsbrillen 71
 Sicherheitsschalter 3

Sintertemperatur 96, 253, 271f., 276, 278, 296
 Smearlayer 7
 Snelliussches Brechungsgesetz 347
 Softlaser 343
 Sondierung 100
 Spallation 193
 Speichel 120, 168
 Spektralanalyseemission 58
 Spektralgebiet, sichtbares 216
 Spiegelarm 11f.
 Spraykühlung 250, 261
 Spülflüssigkeit 253
 Stäbchen 268
 grampositive 341
 Staphylokokken 535
 Step-back-Technik 293
 Step-Down-Technik 454
 Sterilität im Operationsgebiet 1, 10ff.
 Stomatitis 117
 Stoßionisation (IM) 460
 Strahlentherapie 34
 Strahlprofil
 räumliches 18, 20
 zeitliches 261
 Strahlqualität 19
 Strahlradius 193, 250
 Strahlung, elektromagnetische 4
 Streptococcus 249
 Streptococcus anginosus 249
 Streptococcus constellatus 252
 Streptococcus gordonii 249
 Streptococcus intermedius 249
 Streptococcus mitis 249
 Streptococcus mutans 251, 268
 Streptococcus parasangius 250f.
 Streptococcus sanguis 197, 255
 Stress, thermaler 100
 Streuung 197
 Anisotropie 197
 Koeffizient 338
 Struktur
 mikroretentive 81, 90, 120
 polykristalline 149f., 153f.
 Subsekundenpulse 499
 Sulcusepithel 517
 Sulkusboden 340
 System, mikrosives 1

T

Tabakkonsum 342
 Tasche, gingivale 336, 338



Taschenbildung 343
 Taschenepithel 365
 Taschentiefe 465
 Tätowierungen 408
 Techniken, mikrobiologische 100
 Teerablagerung 4
 Teilchennatur 288
 TEM00 210
 Temperatur
 -anstieg 106, 286
 -entwicklung 76, 100, 103, 155, 269, 284
 -erhöhung 103
 -pulpale 412
 -gradienten 269
 -messung 284
 -sonden 424, 426
 -veränderung 535
 Tetracyclin 288
 Therapie
 -interstitielle 464
 -photodynamische 4
 -resistenz 205
 therapierefraktäre Langzeiversager 249
 thermisch 462
 Thermokamera 93f.
 Tiefenwirkung, bakterizide 265
 Tipdurchmesser 426
 Titandioxid 47
 Titan-Saphir-Laser 511
 Toloniumchlorid 44
 Toxine 257
 Transmission 68, 197
 Transmissionsgrad 20
 Trauma 354
 -okklisales 358
 Treponema denticola 535
 Trigeminusneuralgie 535
 Triplett-Zustand 255
 Trismus 510
 Tumorphotosensibilisatoren 460
 Typ-IV-Kollagen 317

U

Überkappung 25, 76, 114f., 118ff.
 Ultraschallgeräte 408
 Ultraschall-Scaling 7
 UV-Aushärtung 39
 UV-Licht 6

V

Vakuum
 -länge 3

-ultraviolett 469
 Vaporisation 456
 VAS-linear pain scale 529
 Vasodilatation 128
 Veneer 410
 Veränderung, morphologische 60
 Verfärbung 149
 -hämorrhagische 412, 415
 -pulpale 288
 Verschleißfestigkeit 275
 Verschluss, apikaler 281
 Versiegelung 271
 Versiegelungseffekt 11
 Vier-Niveau-System 252
 Virulenzfaktoren 411
 Vitamin-D-Mangel 104

W

Wärme
 -abfluss 104
 -entwicklung 102f.
 -kapazität, spezifische 7, 102
 -transport 86
 Wasser
 -spray 253, 407, 416ff.
 -stoffperoxid 104
 -verdampfung 101
 -verteilung im Gewebe 15ff., 535
 Weisheitszahnentfernung 4, 6, 205, 208
 Welle
 -planare 12
 -sphärische 107
 Wellengleichung, allgemeine 7
 Wellenlänge 7
 Wellenlängenbandbreite 4
 Wellennatur 6
 Wellenvektor 4, 6
 Wellenzahl 458, 529f., 534
 -Unschärfe 344
 Wirkung
 -bakterizide 254
 -schmerzhemmende 455, 535
 Wundheilung 460
 Wundkomplikationen, septische 251
 Wundkontraktionen 247ff., 516
 Wurzel
 -oberfläche 517
 -konfiguration, anatomische 242
 -spitzenresektion 251, 343
 -zement 254
 Wurzelkanal 290
 -behandlung 274

-dentin 298
 -füllung 249
 -infektion 249
 -längenbestimmung, elektronische 241
 -spülflüssigkeit 166
 -sterilisation, laserunterstützte 299

X

Xe-CI-Excimer-Laser 50

Y

Yb:YAG-Laser 49
 Ytterbium-Laser 335

Z

Zahn
 -belag 366
 -beweglichkeit 430f.
 -fleischschutz 215
 -häuse, freiliegende 344
 -krümmung 185
 -medizin
 -geriatrische 186
 -pädiatrische 164, 174
 -schmelz 336, 408
 -stein 104
 -verfärbung
 -extrinsische 408, 414
 -intrinsische 409
 Zellohülle 60
 -Zerstörung 409
 Zellmembran 275
 Zellproliferation 347
 Zellstimulation 529
 Zinnfluorid 156
 Zugfestigkeit 290
 Zugangskavität 15
 Zustände, elektrische 101
 Zwei-Niveau-System 260