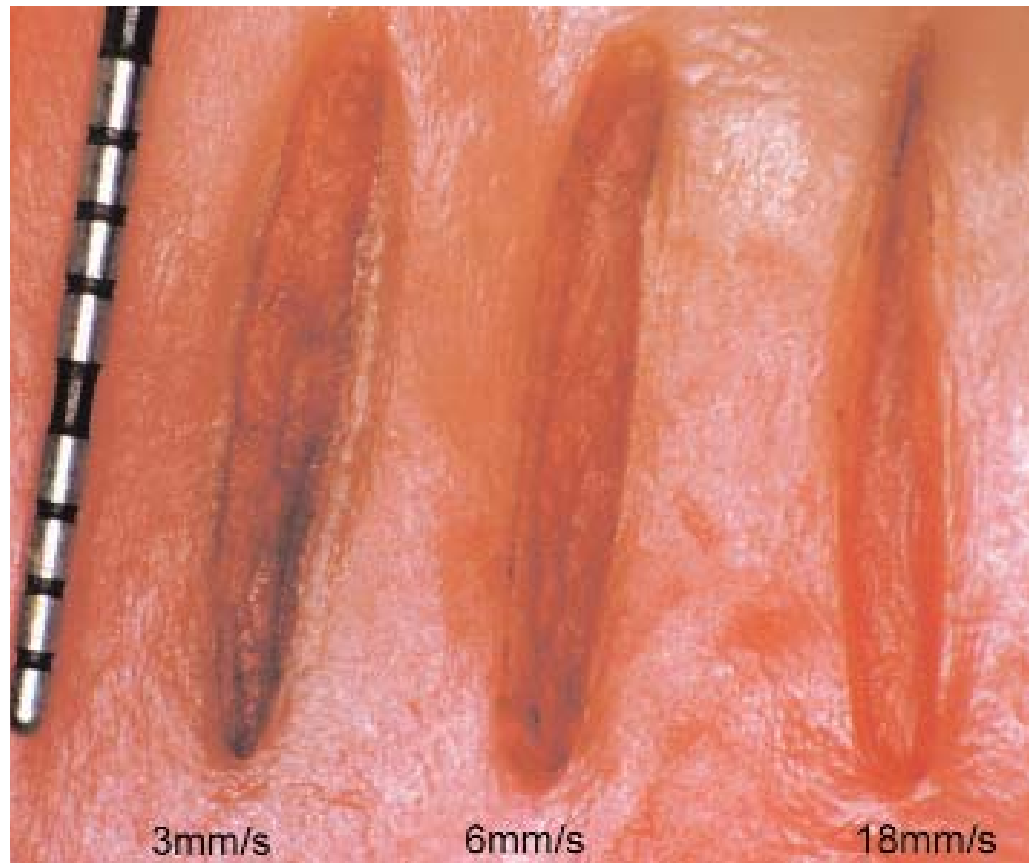


# Hochfrequenzchirurgie in der Zahnheilkunde

Birgit Geitel

Abb. 1:  
Inzisionen am  
resezierten  
Schweine-  
kiefer bei  
unterschied-  
lichen Schnit-  
tgeschwindig-  
keiten  
(links Paro-  
dontalsonde  
zum Größen-  
vergleich)



Indizes: HF-Chirurgie, Elektrodesiccation, Elektrofulguration, Elektrokoagulation

Die Hochfrequenzchirurgie („Elektrochirurgie“) ist ein chirurgisches Verfahren, bei dem Hochfrequenzströme zur gezielten Gewebedurchtrennung und -entfernung genutzt werden. Beim Durchfluß von HF-Strom durch menschliches Gewebe führt die in der Umgebung der Aktivelektrode entstehende elektrische Widerstandswärme u. a. zum Sieden der Zellflüssigkeit, zum Platzen der Zellen, zur Hitzekoagulation des Gewebes und zum Verschuß von Kapillaren [1].

Die chirurgische Nutzung von Hitze ist bereits aus den Schriften der alten Ägypter, von Hippokrates und von Celsus bekannt [2]. Vor allem die Behandlung bösartiger Tumore erfolgte bis zum 19. Jh. mittels

„Brennen“. 1845 wurde erstmals eine Pulpa durch einen mit Gleichstrom erhitzten Platindraht zerstört. Für die Anwendung von Schwachstrom wurden ein Jahr später die Begriffe Galvano-Kaustik oder Glühkaustik geprägt. Jedoch führte diese Methode nicht nur zur gewünschten Verbrennung von Gewebe, sondern auch zu massiver Koagulationsnekrose und unkontrollierter Hitzeschädigung benachbarter Gewebe [1] und wird deshalb heute nicht mehr angewendet. Die Erforschung des Hochfrequenzstroms begann erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts in Tierversuchen, jedoch dauerte es noch bis 1969, bis das erste vom Zahnarzt nutzbare Gerät marktreif war.

## Physikalische Grundlagen

Jeder Stromfluß führt zu einer Erwärmung des Leiters, die abhängig von dessen elektrischem Widerstand, der Stärke und der Dauer

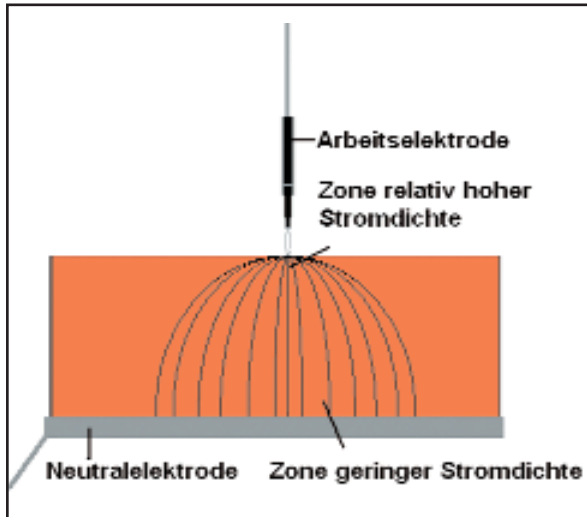


Abb. 2: Stromdichte an Aktiv- und Neutralelektrode

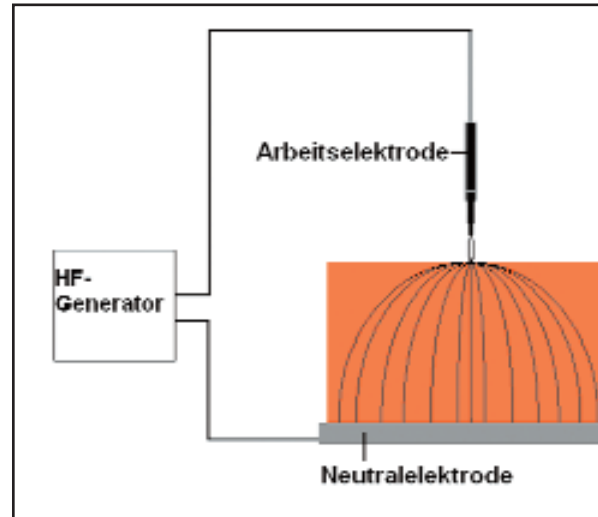


Abb. 3: Schematische Darstellung eines HF-Stromkreises

des Stromflusses ist (Joulesches Gesetz:  $Q = I^2 \times R \times t$ ). Metalle sind bekanntlich gute, menschliche Gewebe dagegen schlechte Leiter mit einem hohen elektrischen Widerstand. Beim Durchfluß des HF-Stroms kommt es deshalb nahe der Aktivelektrode zu einer starken Erwärmung im Gewebe, während die Elektrode selbst kalt bleibt. Durch die punktförmige Gestaltung der Aktivelektrode und die großflächige Neutralelektrode nimmt die Stromdichte mit zunehmender Entfernung zur Aktivelektrode ab, so daß die Stromwirkung auf die unmittelbare Nähe der Aktivelektrode begrenzt bleibt (Stromdichte  $J_0 = I/A_{\text{eff}}$ ) (Abb. 2).

Sitzposition und Bekleidung des Patienten beeinflussen Stromfluß und Schneidverhalten

Gleich- und Wechselströme von mehr als 25 V führen jedoch nicht nur zur Wärmeentwicklung, sondern auch zu Muskelkontraktionen. Die Reizwirkung des elektrischen Stroms sinkt allerdings mit steigender Frequenz [3]. Oberhalb von 300 kHz kommt es auch bei sehr hohen Stromstärken nur noch zur Wärmeentwicklung, weshalb übliche Elektrochirurgiegeräte mit hohen Frequenzen von 300 kHz-1,75 MHz arbeiten [1].

Zu den wichtigsten Teilen des HF-Stromkreises gehören ein HF-Generator als Spannungsquelle, eine Aktivelektrode, eine Neutralelektrode, die dem gezielten Rückfluß des Stroms zum Generator dient, und der Patient (Abb. 3). Da hochfrequenter Strom auch Isolationsstrecken überwinden kann (Kleidung, Polster des ZA-Stuhls), ist bei Kontakt des Patienten mit geerdeten Teilen keine Neutralelektrode nötig, der Strom fließt dann kapazitiv über die elektrische Rauminstallation

zurück zum Generator. Allerdings sind ohne Anwendung einer Neutralelektrode die Schnitte weniger reproduzierbar und es sind höhere Spannungen nötig. Unterschiedliche Sitzpositionen und Bekleidung des Patienten beeinflussen den Stromfluß bzw. das Schneidverhalten [4]. Bei Berührung metallischer Instrumente kann es durch den Stromfluß zu Verbrennungen fern vom OP-Feld liegender Gewebe kommen [1].

## Applikationsmethoden und Wirkungen des hochfrequenten Stroms

### 1. Elektrodesiccation

Bei diesem Verfahren wird nach Einstechen einer kalten Nadelelektrode ins Gewebe HF-Strom appliziert. Durch den hohen Gewebewiderstand kommt es zu einem lokalen Hitzeanstieg mit zellulärer Dehydratation und Desiccation. Allerdings kann eine unkontrollierbare Tiefenwirkung die Folge sein. Dieses Verfahren findet Anwendung in der Tumorchirurgie.

### 2. Elektrofulguration

Hier wird eine Nadelelektrode in geringem Abstand zum Gewebe gehalten. Bei Aktivierung des HF-Generators kommt es zum Funkenübersprung, gefolgt von einer Dehydratation bis hin zur Karbonisierung der Gewebeoberfläche. Auch hier besteht die Gefahr der Koagulation mit Überhitzung in der Tiefe. Hauptanwendungsgebiete sind die Neurochirurgie und Laparotomien.

### 3. Elektrokoagulation

Zum Schneiden sollte der monopolare Modus verwendet werden

Ziel der Elektrokoagulation ist eine Eiweißgerinnung durch HF-Strom mit einer lokal begrenzten Nekrose. Jedoch besteht bei Unterdosierung die Gefahr einer Tiefenschädigung ohne Anzeichen an der Oberfläche. Angewendet wird dieses Verfahren bei der Epilation und beim Verschluss von Blutgefäßen.

4. Elektrotomie

Bei der Elektrotomie wird der HF-Strom zum Schneiden mit Nadel- oder Schlingenelektroden genutzt (Abb. 4). Dabei wird auch eine gezielte Blutstillung erreicht. Dieses Verfahren findet breite Anwendung in Medizin und Zahnmedizin.

Die Grenzen zwischen den Wirkungen des HF-Stroms sind allerdings fließend. Sie sind abhängig von der

- Wellenform
- Stromintensität
- Form und Größe der Elektrode
- Applikationsdauer
- Schnittgeschwindigkeit.

Wellenformen des elektrischen Signals

Durch Umwandlung der sinusförmigen Schwingung des Netzwechselstroms kann ein HF-Strom mit halb modulierter Wellen-

form, leicht modulierter Wellenform oder gefilterter, nicht modulierter Wellenform erzeugt werden [5, 6] (Tab. 1).

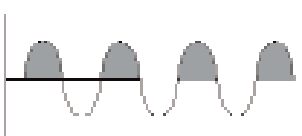

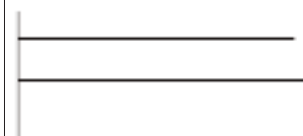
In der HF-Chirurgie werden monopolare und bipolare Geräte angewendet. Bei dem für die Koagulation effektiveren bipolaren Modus befindet sich statt einer Neutralelektrode eine zweite Arbeitselektrode im OP-Feld. Zum Schneiden ist allerdings der monopolare Modus zu empfehlen [7], weshalb sich in der Zahnmedizin nur monopolare Systeme durchgesetzt haben.

Klinische Anwendung

In der Zahnmedizin können bei folgenden Eingriffen elektrochirurgische Methoden angewendet werden [8-10]:

- Freilegung gingivaler Kavitätenränder Kronenverlängerungen
- Parodontaltherapie, insbesondere Gingivoplastik
- Entfernung von Schleimhautlappen bei Dentitio difficilis, gutartigen Neubildungen, Lappenfibromen
- Durchtrennung von Lippenbändchen, Zungenbändchen
- Eröffnung von Abszessen
- Verödung von Fisteln, Zystenresten
- Freilegung retinierter Zähne.

Kontraindikationen für elektrochirurgische

Halb modulierte Wellenform (half-wave modulated)	Leicht modulierte Wellenform (fully rectified, unfiltered)	Gefilterte, nicht modulierte Wellenform (fully rectified and filtered)
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• nur positive Anteile nutzbar</li> <li>• hohe Spannung für Leistung nötig</li> <li>• Funkenschlag zwischen Elektrode und Gewebe (Fulguration)</li> <li>• Anwendung nur zur Koagulation</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gleichrichtung der Anodenspannung</li> <li>• Schwingungspause während der negativen Halbwelle entfällt</li> <li>• 50 % geringere Spannung für gleiche Leistung</li> <li>• weniger Funkenbildung, geringere Verbrennungsgefahr</li> <li>• Schneiden und Koagulieren</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterdrückung der Restwelligkeit (Transistor)</li> <li>• minimale Funkenbildung</li> <li>• wenig laterale Hitze</li> <li>• verbrennungsfreies Schneiden</li> <li>• kaum Koagulation</li> </ul>

Tab. 1: Gebräuchliche Wellenformen des HF-Stromes

ANZEIGE  
DENTSPLY S. 9

Tiefe Inzisionen müssen in mehreren Schritten ausgeführt werden

Eingriffe sind die gleichen, wie für herkömmliche chirurgische Eingriffe. Zusätzlich darf wegen der Gefahr einer thermischen Schädigung nicht in unmittelbarer Knochen- und am Desmodont und an der Pulpa gearbeitet werden. Bei ausgeprägter Gingivitis ist eine Koagulation möglichst zu vermeiden. Bei der Freilegung von Kavitäten- und Kronenrändern darf die biologische Breite von 3 mm nicht unterschritten werden [11]. Patienten mit Herzschrittmachern dürfen nicht mit HF-Strom behandelt werden, da dies zu Störungen der Schrittmacherfunktion und zur Beschädigung des Schrittmachers führen kann [2, 8, 12].

Die Vor- und Nachteile der HF-Chirurgie gegenüber konventionellen chirurgischen Methoden sind in Tab. 2 dargestellt [6, 13].

### Vorgehensweise beim Schneiden

Voraussetzungen für elektrochirurgische Eingriffe sind eine abgeschlossene Initialtherapie und eine möglichst entzündungsfreie Gingiva. Nach Möglichkeit sollte eine Neutralelektrode verwendet werden. Die Arbeitselektrode muß von Oxiden und Gewebsresten gereinigt sein. Der Eingriff erfolgt unter relativer Trockenlegung und Absaugung der entstehenden Dämpfe. Beim Schneiden und Koagulieren ist zu beachten, daß die Schneid- bzw. Koagulationsleistung von mehreren Faktoren abhängig ist [14]:

- Schnittgeschwindigkeit



Abb. 4: Elektrodenformen

- Stromstärkeeinstellung
- Gewebeeigenschaften (bei narbigem und derben Gewebe höher dosieren)
- Größe der Kontaktfläche Elektrode - Gewebe
- HF-Chirurgiegerätetyp, Elektrodenform
- Kleidung des Patienten und dessen Sitzposition.

Vor Berührung des Gewebes wird die Elektrode aktiviert. Dies führt zu einem besseren Anschneiden und verhindert, daß die Elektrode am Gewebe klebt. Tiefe Inzisionen dürfen nicht in einem Schnitt, sondern müssen in Etappen durchgeführt werden [4]. Dabei sollten Kühlpausen von mehr als 8 sec. [15-17] eingehalten werden, um eine Überhitzung des Gewebes in der Tiefe zu vermeiden. Die Kontaktzeit von Elektrode und Gewebe sollte jeweils maximal 1-2 sec. betragen. Jede In-

Vorteile	Nachteile
sehr feine Schnitte möglich (mm-Streifen)	schwierige Reproduzierbarkeit elektrochirurgischer Eingriffe
kein mechanischer Druck auf das Gewebe	hohe Dynamik elektrischer Parameter (R, I, P, Z) bei einfachen Maßnahmen (z.B. Schnitt)
Schneidwirkung erst bei Aktivierung des Generators	kein Einsatz moderner Elektronik bei zahnärztlichen HF-Chirurgie-Geräten [14]
geringere Blutung	bei Funkenschlag: teilweise Umwandlung des HF-Stroms in Gleichstrom oder niederfrequenten Strom - Muskel- und Nervenreizungen („Elektrisieren“)
Schnitttrichtung frei wählbar	
schnelle Reepithelisierung	
geringe postoperative Schmerzen	

Tab. 2: Vor- und Nachteile der HF-Chirurgie gegenüber konventionellen chirurgischen Methoden.



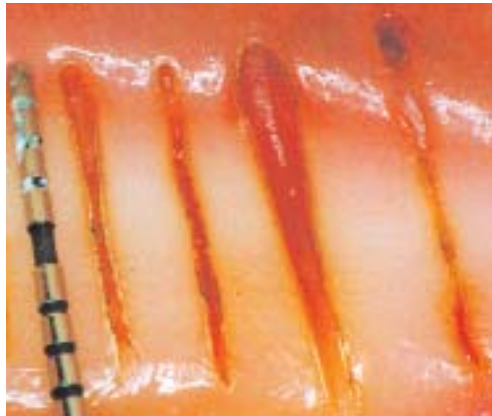


Abb. 5: Einfluß der Elektrodenhaltung auf den Schnitt am resezierten Schweinekiefer (links Parodontalsonde zum Größenvergleich).

zision wird zügig durchgeführt. Die Bewegung der Elektrode darf dabei weder angehalten noch schnell und pinselartig durchgeführt werden [4]. Als Schnittgeschwindigkeit haben sich  $>7\text{mm/sec}$  bewährt [6, 17] (Abb. 4).

Beim Schneiden wird die Nadel oder Schlinge möglichst senkrecht durch das Gewebe geführt, um die Kontaktfläche zwischen Sonde und Gewebe so gering wie möglich zu halten [18] (Abb. 5). Grundsätzlich geben Schlingenelektroden mehr Energie als Nadel-elektroden ab, wodurch es zu einer stärkeren Erwärmung des umgebenden Gewebes kommt. Bei der Anwendung von Schlingenelektroden müssen deshalb längere Kühlpausen (bis 15 sec.) eingehalten werden [15-17]. Schließlich sollte das Kabel frei hängen, da bei Verwicklungen Leistung verloren geht. Beim richtigen Schneiden resultiert eine weißliche Verfärbung der Schnittfläche. Zeichen für eine fehlerhafte Anwendung sind Geruchs- und Rauchentwicklung, Verkohlungs-, bräunliche Verfärbung des Gewebes sowie Funkenschlag. Die Ursachen für diese Überhitzungen sind oftmals zu hohe oder zu geringe Stromintensitäten, verschmutzte Elektroden (Funkenbildung, verkohlte Kontaktfläche), oxidierte Elektroden, zu langsame Schnittführung oder Funkenüberschlag [4, 5].

Eine zu geringe Dosierung oder narbiges Gewebe verhindert ein zügiges Schneiden, da die Elektrode am Gewebe klebt. Die Folge sind Überhitzung und Verbrennungen, die z.T. nur in der Tiefe auftreten und sich in



Abb. 6: Einfluß des Drucks auf die Koagulationswirkung am resezierten Schweinekiefer

1: kurze drucklose Berührung des Gewebes mit der Elektrode,  
2: lange drucklose Berührung,  
3: lange Berührung unter leichter Druckanwendung (rechts Parodontalsonde zum Größenvergleich).

Wundheilungsstörungen äußern können. Ein zu großer Druck der Elektrode beim Schneiden führt zu einer größeren Kontaktfläche zwischen Elektrode und Gewebe, wodurch Stromdichte und Effektivität sinken.

Zu unerwünschten Fernwirkungen kann es durch die Berührung metallischer Gegenstände (Spiegel, Pinzette, Amalgam, Kronen, Implantate) kommen [17]. Kontakt mit metallischen Restaurationen (Füllungen, Kronen) ist nur dann als unbedenklich einzuschätzen, wenn er weniger als 0,1 sec. dauert, da es sonst zu Pulpanekrosen kommen kann [19]. Abhilfe kann die Isolation metallischer Restaurationen mit dicken Kunststoffmatrizen und die Benutzung von Mundspiegel, Sauger, Wangen- und Lippenhalter aus nicht leitenden Materialien schaffen. Insgesamt wird allerdings in der Literatur selten von Schäden bei Anwendung der HF-Chirurgie berichtet. CRONSTRÖM et al. untersuchten 851 Anträge auf Schadensersatz an die schwedische Krankenversicherung im Jahre 1990 und fanden nur 5 Gewebeschädigungen durch Elektrochirurgie neben 286 Wurzelfrakturen, 83 Dysästhesien, 115 Pulpaschäden, 183 Wurzelperforationen [20].

Nach FRICKE et al. [21], MAUSBERG et al. [13] und KREJCI [17] unterscheidet sich bei sachgemäßer Anwendung der Heilungsverlauf zwischen Eingriffen mit Skalpell und

Die Berührung metallischer Gegenstände hat unerwünschte Fernwirkungen zur Folge

HF-Chirurgie nicht wesentlich. In einer Studie von ARASHIRO et al. wird jedoch von einer schnelleren Heilung von Skalpell-schnitten im Vergleich zu Laser- oder elektrochirurgischen Schnitten berichtet [5]. Bei unsachgemäßer Anwendung können allerdings Nekrosen und Wundheilungsstörungen auftreten [15-17].

### Vorgehensweise beim Koagulieren

Zum Koagulieren eignen sich Kugel- oder Stabelektroden, die vor Aktivierung des Gerätes flächig und drucklos auf das Gewebe gesetzt werden, um Funkenschlag mit Karbonisationen zu verhindern [4] (Abb. 6). Am Gerät muß auf Koagulationsstrom umgestellt werden, sofern die Möglichkeit dazu besteht.

### Nachbehandlung

Für die Nachbehandlung nach elektrochirurgischen Eingriffen können antibakterielle Mundspüllösungen, Terracortrisalbe oder Dantisolon appliziert werden. Eine Wundreinigung kann mit 3 %igem H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> erfolgen. Bei umfangreicheren Eingriffen kann gegebenenfalls ein Zahnfleischverband für 2-3 Tage oder eine Tiefziehschiene zur Abdeckung nötig sein [8]. Bei Behandlung einer Dentitis difficilis ist auch ein steriler Gazelappen mit Terracortril geeignet. Ein Nahtverschluß kommt nur bei der Entfernung von Fibromen in Frage.

### Anforderungen an ein HF-Chirurgie-Gerät

Bei dem Kauf eines HF-Chirurgie-Gerätes sollte auf folgende Eigenschaften geachtet werden [18]:

- niedrige Arbeitsfrequenz (300-500 kHz)
- max. Leistungsabgabe 30 W
- optimiertes Anschneidverhalten
- gleichbleibende Schnittqualität
- Strombegrenzung bei Kontakt zu metallischen Restaurationen oder Desmodont (Kombination von Leistungsregelung und Spannungsregelung).

### Zusammenfassung

Folgende Anwendungsempfehlungen können dem Anwender für HF-chirurgische Eingriffe gegeben werden:

- Schnittgeschwindigkeit mindestens 7 mm/sec.
- Kontaktzeit der Elektrode zum Gewebe höchstens 1-2 sec.
- Kühlpausen von 8-15 sec. einhalten
- dicke und schlaufenförmige Elektroden verursachen häufiger Hitzeschäden als dünne Nadelelektroden
- Kontakt zu Knochen und Metall vermeiden.

Dr. Birgit Geitel

Charité - Universitätsmedizin Berlin

Zentrum für Zahnmedizin

Abt. f. Zahnerhalt. u. Präventivzahnmedizin

(Leiter: Prof. Dr. J. F. Roulet)

Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin

### Literatur

1. Fastenmeier K, Lohr G: Schneiden und Koagulieren mit Hochfrequenzströmen: Die elektro-physikalischen Effekte bei Anwendung der HF-Chirurgie in der Zahnheilkunde. ZWR 1991; 100(4): 211-8.
2. Schön F: Elektrochirurgie in der Zahnheilkunde. Berlin: Quintessenz-Verlag; 1980.
3. Nernst W: Zur Theorie des elektrischen Reizes. Pflügers Arch 1908; 122: 275-315.
4. Mausberg R, Visser H, Hornecker E: Empfehlungen zum Umgang mit zahnärztlichen HF-Chirurgiegeräten. ZWR 1991; 100(4): 224-31.
5. Arashiro DS, Rapley JW, Cobb CM, Killoy WJ: Histologische Untersuchung von CO<sub>2</sub>-Laser-, Elektrochirurgie- und Skalpell-Schweinehautinzisionen. Int J Parodontologie und Restaurative Zahnheilkunde 1996; 16(5): 455-67.
6. Gnanasekhar JD, al Duwairi YS: Electrosurgery in dentistry. Quintessence Int 1998; 29(10): 649-54.
7. Livaditis GJ: Comparison of monopolar and bipolar electrosurgical modes for restorative dentistry: a review of the literature. J Prosthet Dent 2001; 86(4): 390-9.
8. Mausberg R, Hornecker E, Visser H: Klinische Anwendungen der HF-Chirurgie. ZWR 1991; 100(4): 233-39.
9. Visser H, Hornecker E: HF-Chirurgie vs. Laser-Chirurgie. Experimentelle Untersuchungen zur Anwendbarkeit in der Parodontologie. ZWR 1991; 100(4).
10. Patel MG: Electrosurgical management of hyperplastic tissue. J Prosthet Dent 1986; 56(2): 145-7.
11. Robbins JW: Esthetic gingival recontouring-a plea for honesty. Quintessence Int 2000; 31(8): 553-6.
12. Farin G, Visser H: Medizingeräteverordnung (MedGV) und zahnärztliche Hochfrequenz-Chirurgie. ZWR 1991; 100(4): 250-53.
13. Mausberg R, Visser H, Fastenmeier K, Hornecker E: Klinische Untersuchungen zur zahnärztlichen HF-Chirurgie. Teil I: Studiendesign und klinische Ergebnisse. Schweiz Monatsschr Zahnmed 1996; 106(12): 1092-102.
14. Visser H, Fastenmeier K, Mausberg R, Lohr G: Messung physikalischer Parameter bei HF-chirurgischen Maßnahmen in der Zahnheilkunde. ZWR 1991; 100(4): 219-23.
15. Kalkwarf KL, Krejci RF, Edison AR, Reinhardt RA: Lateral heat production secondary to electrosurgical incisions. Oral Surg 1983; 55: 344.
16. Krejci RF, Kalkwarf KL, Krause Hohenstein U: Electrosurgery--a biological approach. J Clin Periodontol 1987; 14(10): 557-63.
17. Mausberg R, Visser H, Fastenmeier K, Hornecker E, Lohr G: Klinische Untersuchungen zur zahnärztlichen HF-Chirurgie. Teil II: Ergebnisse der physikalischen Messungen am Patienten. Schweiz Monatsschr Zahnmed 1996; 106(12): 1103-15.
18. Visser H, Mausberg R, Fastenmeier K, Lohr G: Zahnärztliche Hochfrequenzchirurgie in der Nähe metallischer Rekonstruktionen. Schweiz Monatsschr Zahnmed 1994; 104(3): 278-83.
19. Cronstrom R, Owall B, Rene N: Treatment injuries in dentistry--cases from one year in the Swedish Patient Insurance Scheme. Int Dent J 1998; 48(3): 187-95.
20. Fricke LL, Rankine CA: Comparison of electrosurgery with conventional fibrotomies on rotational relapse and gingival tissue in the dog. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1990; 97(5): 405-12.