

# SCHMERZKONTROLLE IN DER ZAHNMEDIZIN

## LOKALANÄSTHESIE ANALGESIE SEDIERUNG

PEER W. KÄMMERER • DIANA HEIMES

UNTER  
MITARBEIT VON  
ISABEL BECKER  
WOLFGANG KÄMMERER  
FRANK G. MATHERS  
DANIEL G. E. THIEM

PEER W. KÄMMERER • DIANA HEIMES



# SCHMERZKONTROLLE IN DER ZAHNMEDIZIN

## LOKALANÄSTHESIE ANALGESIE SEDIERUNG

UNTER  
MITARBEIT VON

ISABEL BECKER  
WOLFGANG KÄMMERER  
FRANK G. MATHERS  
DANIEL G. E. THIEM

 QUINTESSENCE PUBLISHING

Berlin | Chicago | Tokio  
Barcelona | London | Mailand | Mexiko Stadt | Paris | Prag | Seoul | Warschau  
Istanbul | Peking | Sao Paulo | Zagreb



Ein Buch – ein Baum: Für jedes verkaufte Buch pflanzt Quintessenz gemeinsam mit der Organisation „One Tree Planted“ einen Baum, um damit die weltweite Wiederaufforstung zu unterstützen (<https://onetreepanted.org/>).

copyright by  
not for publication  
Quintessenz



#### Zusatzmaterial

Zum Umfang dieses Buches gehören Videos, die den Inhalt veranschaulichen und die Leseerfahrung bereichern. Diese können einfach per QR-Code mit dem Smartphone oder Tablet abgespielt werden.

Alternativ sind die Videos auch über diesen Link <https://video.qvnet.de/b24370> erreichbar.

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über [<https://dnb.de>](https://dnb.de) abrufbar.



Postfach 42 04 52; D-12064 Berlin  
Ifenpfad 2-4, D-12107 Berlin  
© 2024 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, Herstellung und Reproduktionen:  
Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin

ISBN: 978-3-86867-623-5  
Printed in Croatia by GZH

## Vorwort



Wenn wir etwas kaufen, wollen wir schon lange keinen Standard mehr, wir wollen etwas Besonderes, das nicht für alle gleich ist. Deshalb individualisieren wir unsere Handys und Wearables mit Widgets und konfigurieren uns unser Fahrrad, Auto oder sogar die neuen Sneakers genauso, wie wir es uns wünschen. Warum wird dann gerade in der Lokalanästhesie seit Jahrzehnten Schema-F angewendet? Frei nach dem Motto „Viel hilft viel“ werden in vielen Fällen unnötig Höchstkonzentrationen oder invasive Techniken eingesetzt. Doch die Ausrede „Das haben wir schon immer so gemacht“ lasse ich nicht gelten. Auch bei der Schmerzausschaltung gilt: „One fits all“ ist out! Denken Sie nur einmal an die steigende Zahl der Patienten mit chronischen Erkrankungen. Wir haben in Deutschland mittlerweile über 20 Millionen Hypertoniker und über 7 Millionen Diabetiker. Viele nehmen mehrere Medikamente gleichzeitig ein, die Gefahr von Wechselwirkungen und Komplikationen steigt. Sie alle kommen in unsere Praxen und Kliniken – als Risikopatienten – und benötigen eine individuell abgestimmte und sichere Schmerztherapie.

Was hat sich noch getan? Die intraligamentäre Anästhesie rückt mehr und mehr als primäre Injektionstechnik in den Fokus, stellt sie doch nicht selten eine schonende Alternative zu invasiven Leitungsanästhesien dar. Dennoch scheuen sich viele Kollegen aus Angst vor zu geringer Schmerzausschaltung oder Anästhesieversagern noch immer davor, diese Technik regelmäßig anzuwenden. Mein Credo: Die richtige Technik macht's. Hilfestellung wollen daher die Step-by-step-Anleitungen zu verschiedenen Injektionstechniken geben. Einen immer größeren Stellenwert für eine schmerzfreie Behandlung bekommt zudem die zahnärztliche Begleitmedikation – prä-

emptiv, intra- und postoperativ. Daher haben wir drei eigene Kapitel den verschiedenen Analgesie- und Sedierungsmaßnahmen gewidmet.

Sie fragen sich jetzt, was sich nicht verändert hat? Der hohe Stellenwert der schmerzfreien Zahnmedizin! Patienten entscheiden anhand der Schmerzfreiheit, ob sie wiederkommen oder die Praxis weiterempfehlen. Damit ist die Vorbereitung, die Anxiolyse, die Injektion, aber auch die postinterventionelle Zeit ein Marketingtool und noch immer die „Visitenkarte“ einer jeden Zahnarztpraxis. Wir möchten Ihnen mit diesem Buch eine Hilfestellung an die Hand geben, eine individuelle und sichere schmerzfreie zahnmedizinische Behandlung durchzuführen – sodass wir am Ende der Behandlung hoffentlich den überraschten Satz hören: „Es hat ja gar nicht weh getan!“

Univ.-Professor Dr. med. habil. Dr. med. dent.  
Peer W. Kämmerer, MA, FEBOMFS  
Mainz, August 2023

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit haben wir im Buch auf die gleichzeitige Verwendung männlicher, weiblicher und weiterer Geschlechterformen verzichtet. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung der jeweils anderen Geschlechter. Personen- und Berufsbezeichnungen sind daher in der Regel als geschlechtsneutral zu verstehen.

## Über die Autoren



### **Univ.-Prof. Dr. med. habil. Dr. med. dent. Peer W. Kämmerer, MA, FEBOMFS**

- Arzt und Zahnarzt
- Facharzt für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie
- Fachzahnarzt für Oralchirurgie
- Zusatzbezeichnung Plastische Operationen (MKG-Chirurgie)
- Universitätsprofessor für Rekonstruktive Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie an der Universitätsmedizin Mainz

#### **Schwerpunkte**

- Rekonstruktion des Gesichtsschädels: Biomaterialien, Tissue Engineering
- Onkologie: Tumorbilogie, Tumorprävention
- Schmerz und Anästhesie
- Implantologie

#### **2001–2007**

- Studium der Medizin an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz sowie an der Universität Zürich, Schweiz
- Medizinische Promotion an der Klinik für Allgemeinchirurgie, Johannes Gutenberg-Universität Mainz

#### **2004–2012**

- Studium der Zahnmedizin an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main sowie an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

- Zahnmedizinische Promotion an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsmedizin Mainz
- Zusatzbezeichnung „Spezielle Schmerztherapie in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie“
- Guest Faculty und Honorary Professor (Prof. h. c.), Department of Oral and Maxillofacial Surgery, M. R. Ambedkar Dental College and Hospital, Bangalore, Indien
- Gastprofessor der Harvard Medical School, Boston, MA, USA

#### **2007–2013**

- Assistenzarzt an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie – Plastische Operationen an der Universitätsmedizin Mainz; Direktor: Univ.-Prof. Dr. Dr. W. Wagner

#### **2014–2017**

- Oberarzt sowie stellvertretender Klinikdirektor an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie an der Universitätsmedizin Rostock; Direktor: Univ.-Prof. Dr. Dr. Frerich

#### **2015**

- Habilitation im Fach Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (Dr. med. habil.)
- Venia Legendi im Fach Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (Privatdozent)



## 2016

- Master of Arts (MA), Management von Gesundheits- und Sozialeinrichtungen an der Universität Kaiserslautern und der Universität Witten/Herdecke
- Erlangen des Tätigkeitsschwerpunkts Implantologie: Curriculum Implantologie der Zahnärztekammer Mecklenburg-Vorpommern
- Erlangen der Zusatzbezeichnung „Fellow of the European Board of Oro-Maxillo-Facial Surgery Head and Neck Surgery“ (FEBOMFS)
- Erlangen der Zusatzbezeichnung Plastische Operationen (MKG-Chirurgie)

## 2018

- Leitender Oberarzt/stellvertretender Klinikdirektor der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie – Plastische Operationen an der Universitätsmedizin Mainz; Direktor: Univ.-Prof. Dr. Dr. Bilal Al-Nawas

## 2021

- Ruf auf die W2-Universitätsprofessur für Rekonstruktive Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie an der Universitätsmedizin Mainz

## Seit 2006

Autor zahlreicher Publikationen, Leitlinien; redaktionelle Mitarbeit in nationalen und internationalen Zeitschriften, darunter:

- Journal of Oral Pathology and Medicine
- Clinical Oral Investigations
- Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery
- Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie
- Zahnärztliche Mitteilungen
- wissen kompakt



**Dr. med. Diana Heimes**

- Ärztin und Zahnärztin
- Weiterbildungsassistentin für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie und Wissenschaftlerin

**Schwerpunkte**

- Onkologie und rekonstruktive Chirurgie
- Orale Regeneration mit speziellem Schwerpunkt auf der Modifikation von Biomaterialien
- Schmerztherapie und Lokalanästhesie
- Implantologie und Augmentationschirurgie

**2012–2019**

- Studium der Humanmedizin an der Philipps-Universität Marburg, der Universitätsmedizin Rostock und der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
- Medizinische Promotion an dem Institut für Anatomie der Universitätsmedizin Rostock

**2019–2023**

- Studium der Zahnmedizin an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

**Seit 2019**

- Weiterbildungsassistentin an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie – Plastische Operationen und wissenschaftliche Mitarbeiterin der Universitätsmedizin Mainz

**Seit 2018**

- Wissenschaftliche Gutachterin in diversen medizinischen und zahnmedizinischen Journalen und Autorin von über 50 nationalen und internationalen Publikationen zu den Themengebieten Implantologie, elektrische und mechanische Gewebestimulation, Versorgungsforschung, Schmerztherapie und Rekonstruktion sowie in der Grundlagenforschung auf verschiedenen Gebieten der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie





# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	v
Über die Autoren .....	vi
<b>1 Anatomie .....</b>	<b>1</b>
<i>Diana Heimes, Peer W. Kämmerer</i>	
1.1 Nervus trigeminus .....	2
1.1.1 Nervus ophthalmicus (V1) .....	2
1.1.2 Nervus maxillaris (V2) .....	2
1.1.3 Nervus mandibularis (V3) .....	4
1.1.4 Anatomische Varianten .....	8
1.2 Anatomie peripherer Nerven .....	9
1.3 Lernkontrolle Kapitel 1 .....	12
1.4 Literatur .....	12
<b>2 Physiologie des Schmerzes .....</b>	<b>13</b>
<i>Peer W. Kämmerer</i>	
2.1 Nozizeption und Schmerz .....	14
2.2 Nozizeptive Weiterleitung .....	14
2.3 Periphere und zentrale Sensibilisierung .....	15
2.4 Bewertung der Schmerzreize .....	16
2.4.1 Individualisiertes Schmerzerleben .....	16
2.4.2 Chronischer Schmerz .....	16
2.5 Lernkontrolle Kapitel 2 .....	17
2.6 Literatur .....	17
<b>3 Chemie und Pharmakologie der Lokalanästhetika .....</b>	<b>19</b>
<i>Daniel G. E. Thiem, Wolfgang Kämmerer, Peer W. Kämmerer</i>	
3.1 Chemische Struktur der Lokalanästhetika .....	20
3.1.1 Lokalanästhetika vom Ester- und Amid-Typ .....	20





<b>3.2</b>	<b>Pharmakodynamik</b>	<b>21</b>
3.2.1	Beziehung zwischen $pK_a$ -Wert und lokalanästhetischer Wirkung	21
3.2.2	Bemessung der relativen Wirksamkeit und Toxizität	24
<b>3.3</b>	<b>Systemische Wirkung und Toxizität von Lokalanästhetika</b>	<b>24</b>
<b>3.4</b>	<b>Vasoaktivität lokalanästhetischer Substanzen</b>	<b>25</b>
<b>3.5</b>	<b>Vasokonstriktoren</b>	<b>25</b>
3.5.1	Adrenalin	25
3.5.2	Felypressin	26
3.5.3	Noradrenalin	27
<b>3.6</b>	<b>Phentolaminmesilat zur Aufhebung der Adrenalinwirkung</b>	<b>27</b>
3.6.1	Anwendung und Gegenanzeigen	27
<b>3.7</b>	<b>Einsetzen der lokalanästhetischen Wirkung und Wirkdauer</b>	<b>28</b>
3.7.1	Substanzspezifische lokalanästhetische Wirkung und Wirkdauer	29
3.7.2	Einfluss der Applikationstechnik auf die Wirkdauer	29
3.7.3	Handelsübliche Dosierung klinisch zu verwendender Lokalanästhetika	29
<b>3.8</b>	<b>Übersicht der Einzelsubstanzen – Amide</b>	<b>30</b>
3.8.1	Articain	30
3.8.2	Lidocain	31
3.8.3	Mepivacain	32
3.8.4	Bupivacain	32
3.8.5	Prilocain	33
<b>3.9</b>	<b>Pharmakokinetik der Lokalanästhetika</b>	<b>33</b>
3.9.1	Absorption/Resorption	33
3.9.2	Distribution	33
3.9.3	Proteinbindungskapazität	34
3.9.4	Metabolisierung	34
3.9.5	Exkretion/Eliminierung	35
<b>3.10</b>	<b>Handelsformen und Präparatewahl</b>	<b>35</b>
3.10.1	Bestandteile lokalanästhetischer Zubereitungen	35
3.10.2	Verwendung von Lokalanästhetika in Deutschland	35
<b>3.11</b>	<b>Lernkontrolle Kapitel 3</b>	<b>36</b>
<b>3.12</b>	<b>Literatur</b>	<b>36</b>

## 4 Anamnese und individualisierte Lokalanästhesie ..... 39

*Diana Heimes, Peer W. Kämmerer*

4.1	Anamnese .....	40
4.2	Auswahlkriterien für besondere Personengruppen .....	40
4.2.1	Anwendungsbeschränkungen dentaler Lokalanästhetika .....	44
4.2.2	Schwangere .....	44
4.2.3	Kinder .....	45
4.2.4	Ältere Patienten .....	47
4.2.5	Allgemeinerkrankungen .....	47
4.3	Lernkontrolle Kapitel 4 .....	56
4.4	Literatur .....	57

## 5 Instrumente und Techniken der zahnärztlichen Lokalanästhesie ..... 59

*Peer W. Kämmerer, Isabel Becker, Diana Heimes*

5.1	Vorbereitung .....	60
5.1.1	Dosierung .....	60
5.1.2	Injektionsspritzen .....	61
5.1.3	Kanülen .....	62
5.2	Techniken der zahnärztlichen Lokalanästhesie .....	64
5.2.1	Oberflächenanästhesie .....	64
5.2.2	Intraligamentäre Anästhesie .....	65
5.2.3	Infiltrationsanästhesie .....	69
5.2.4	Leitungsanästhesie .....	71
5.2.5	Intraossäre Applikation .....	80
5.2.6	Intrapulpale Anästhesie .....	80
5.2.7	Computerassistierte zahnärztliche Lokalanästhesie (C-CLAD) .....	81
5.3	Techniken der zahnärztlichen Lokalanästhesie – Zusammenfassung .....	82
5.4	Exkurs Patientenaufklärung: Rechtlich auf der sicheren Seite .....	82
5.5	Lernkontrolle Kapitel 5 .....	84
5.6	Literatur .....	84



<b>6</b>	<b>Systemische Analgesie als Säule der Schmerzausschaltung</b>	<b>87</b>
	<i>Diana Heimes, Peer W. Kämmerer</i>	
6.1	Grundlagen der systemischen Schmerztherapie	88
6.2	Wirkstoffübersicht	89
6.3	Nicht-Opioide-Analgetika	89
6.3.1	Paracetamol	91
6.3.2	Selektive COX-1-Inhibitoren	92
6.3.3	Unselektive COX-Inhibitoren	93
6.3.4	Selektive COX-2-Inhibitoren (Coxibe)	95
6.3.5	Exkurs: Nebenwirkungen von COX-1/-2-Inhibitoren	96
6.3.6	Metamizol	97
6.3.7	Überblick Nicht-Opioide-Analgetika	99
6.4	Ausblick: Präemptive Analgesie	100
6.5	Opioide-Analgetika	103
6.5.1	Niedrigpotente Opioide (Tab. 6-5)	103
6.5.2	Hochpotente Opioide (Tab. 6-5)	104
6.5.3	Nice to know: Die Opioidkrise	105
6.6	Periinterventionelle Analgesie in der Zahnmedizin	106
6.7	Besondere Patientengruppen	108
6.7.1	Schwangere	108
6.7.2	Stillende	109
6.7.3	Kinder	109
6.7.4	Geriatrische Patienten	111
6.8	Algorithmus zur individuellen Auswahl eines Analgetikums	111
6.9	Lernkontrolle Kapitel 6	113
6.10	Literatur	113
<b>7</b>	<b>Orale Sedierung und Sedierung mit Lachgas</b>	<b>115</b>
	<i>Peer W. Kämmerer, Diana Heimes, Frank G. Mathers</i>	
7.1	Einsatz von Sedierungstechniken	116
7.2	Unterteilung der Sedierungstechniken	116
7.3	Patientenauswahl	117
7.4	Patientenvorbereitung	118

<b>7.5</b>	<b>Struktur- und Prozessvoraussetzungen</b>	<b>119</b>
7.5.1	Personelle Ressourcen	119
7.5.2	Ärztliche Qualifikation	120
7.5.3	Räumliche und apparative Voraussetzungen	120
7.5.4	Überwachung	120
<b>7.6</b>	<b>Medikamente zur Sedierung</b>	<b>121</b>
7.6.1	Minimale Sedierung	121
7.6.2	Moderate Sedierung	126
<b>7.7</b>	<b>Lernkontrolle Kapitel 7</b>	<b>126</b>
<b>7.8</b>	<b>Literatur</b>	<b>127</b>

## **8 Intravenöse Sedierung durch Zahnmediziner ..... 129**

*Frank G. Mathers, Diana Heimes, Peer W. Kämmerer*

<b>8.1</b>	<b>Zahnärztliche Sedierung</b>	<b>130</b>
<b>8.2</b>	<b>Qualifikation</b>	<b>131</b>
<b>8.3</b>	<b>Patientenauswahl</b>	<b>131</b>
<b>8.4</b>	<b>Patientenüberwachung/Monitoring</b>	<b>131</b>
<b>8.5</b>	<b>Der intravenöse Zugang</b>	<b>132</b>
<b>8.6</b>	<b>Medikamente zur intravenösen Sedierung</b>	<b>133</b>
<b>8.7</b>	<b>Moderate Sedierung</b>	<b>134</b>
8.7.1	Midazolam	134
8.7.2	Fentanyl	135
8.7.3	Propofol	135
<b>8.8</b>	<b>Antagonisten</b>	<b>136</b>
8.8.1	Flumazenil	136
8.8.2	Naloxon	136
<b>8.9</b>	<b>Entlassung des Patienten aus der Zahnarztpraxis</b>	<b>137</b>
<b>8.10</b>	<b>Notfallversorgung</b>	<b>137</b>
<b>8.11</b>	<b>Individuelle Sedierung – Zusammenfassung</b>	<b>137</b>
<b>8.12</b>	<b>Lernkontrolle Kapitel 8</b>	<b>138</b>
<b>8.13</b>	<b>Literatur</b>	<b>139</b>



<b>9</b>	<b>Potenzielle Komplikationen bei der zahnärztlichen Lokalanästhesie .....</b>	<b>141</b>
	<i>Peer W. Kämmerer</i>	
<b>9.1</b>	<b>Lokale Komplikationen .....</b>	<b>142</b>
9.1.1	Blutungen und Hämatome .....	143
9.1.2	Trismus .....	143
9.1.3	Nadelbruch oder Lösen der Kanüle .....	145
9.1.4	Irritationen der Mukosa und Schleimhautnekrosen .....	146
9.1.5	Infektionen .....	147
9.1.6	Sensibilitäts- und Geschmacksverlust .....	147
9.1.7	Ophthalmologische Komplikationen .....	148
9.1.8	Fazialisparese .....	149
9.1.9	Selbstinduzierte Weichgewebsverletzungen .....	150
<b>9.2</b>	<b>Systemische Komplikationen .....</b>	<b>150</b>
9.2.1	Vasovagale Synkope .....	151
9.2.2	Intoxikation durch Überdosierung .....	151
9.2.3	Allergie .....	153
<b>9.3</b>	<b>Lernkontrolle Kapitel 9 .....</b>	<b>154</b>
<b>9.4</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>155</b>
	 <b>Anhang .....</b>	 <b>157</b>
	Lösungen Lernkontrolle Kapitel 1 .....	158
	Lösungen Lernkontrolle Kapitel 2 .....	159
	Lösungen Lernkontrolle Kapitel 3 .....	160
	Lösungen Lernkontrolle Kapitel 4 .....	161
	Lösungen Lernkontrolle Kapitel 5 .....	163
	Lösungen Lernkontrolle Kapitel 6 .....	165
	Lösungen Lernkontrolle Kapitel 7 .....	166
	Lösungen Lernkontrolle Kapitel 8 .....	167
	Lösungen Lernkontrolle Kapitel 9 .....	169



# Anatomie

Diana Heimes, Peer W. Kämmerer



*Der Schlüssel für sichere nervnahe Injektionen liegt in der detaillierten Kenntnis der Anatomie des Kopf-Halsbereichs inklusive abweichender Varianten.*

Eine fachgerechte und effektive Schmerzausschaltung setzt fundierte Kenntnisse über die Anatomie des Kopf-Hals-Bereichs voraus, insbesondere bei der nervnahen Injektion. Struktur, Funktionsweise und der Verlauf von Nerven – vor allem des Nervus (N.) trigeminus und seiner Äste – sind von essenzieller Bedeutung. Das Ziel dieses Kapitels ist es deshalb, das grundlegende anatomische Wissen zur Durchführung einer adäquaten Lokalanästhesie zu vermitteln.

## 1.1 Nervus trigeminus

Der N. trigeminus (V. Hirnnerv) entspringt aus dem Hirnstamm und ist der größte der kranialen Nerven. Die meisten seiner Zellkörper befinden sich innerhalb des Ganglion trigeminale (Gasseri). Von hier teilt sich der Nerv in seine drei Hauptäste auf (Abb. 1-1):

- N. ophthalmicus (V1),
- N. maxillaris (V2),
- N. mandibularis (V3).

### 1.1.1 Nervus ophthalmicus (V1)

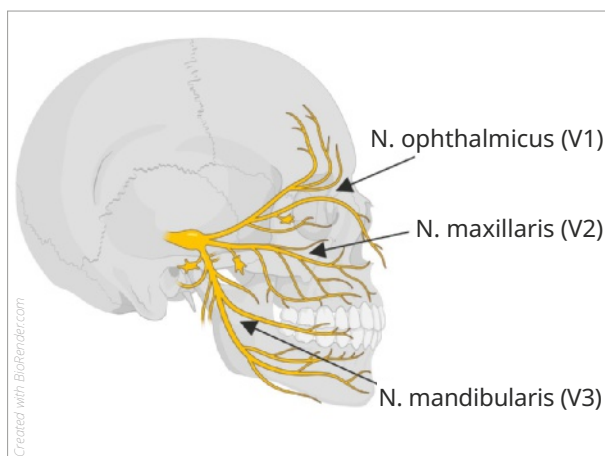
Der N. ophthalmicus verläuft in der lateralen Wand des Sinus cavernosus, tritt über die Fissura orbitalis superior in die Orbita ein und verläuft zwischen Mus-

culus levator palpebrae superioris und dem Periost des Orbitadachs nach rostral. Hier gibt er Äste zur sensiblen Versorgung des Augapfels, der Konjunktiva und der Tränendrüsen ab. Des Weiteren innerviert er die Stirn, die Haut und die Schleimhaut der Nase sowie die Nasennebenhöhlen sensibel<sup>1</sup>.

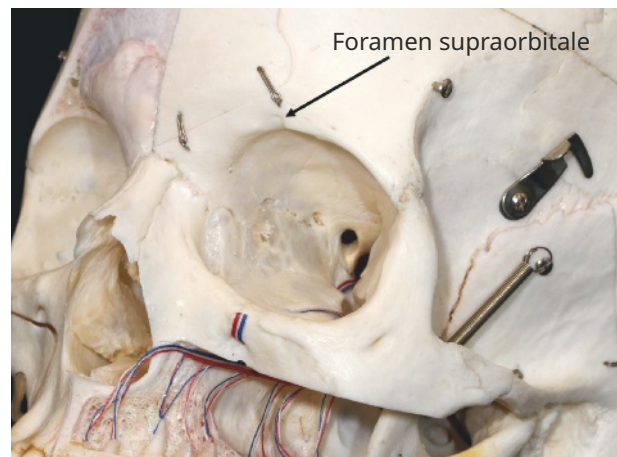
**Praxistipp:** Die Anästhesie des N. frontalis, des stärksten Astes des N. ophthalmicus, erfolgt im Bereich der Augenbraue nach Palpation des Foramen supraorbitale (Abb. 1-2) durch ein Depot in Nervnähe. Das Foramen befindet sich im medialen Drittel des oberen knöchernen Orbitarandes als Einziehung und kann hier leicht ertastet werden.

### 1.1.2 Nervus maxillaris (V2)

Der N. maxillaris verlässt die mittlere Schädelgrube durch das Foramen rotundum und zieht in die Fossa pterygopalatina. Dort erhält er vegetative Fasern aus dem N. intermedius des N. facialis und dem Truncus sympathicus. Nach Abgabe der Äste zur Innervation von Gaumen (N. palatinus, N. nasopalatinus) und der hinteren Nasenhöhle (Nn. nasales posteriores) verlassen die Nn. alveolares posteriores (Tuber, Hinterwand der Kieferhöhle) und der N. zygomaticus den

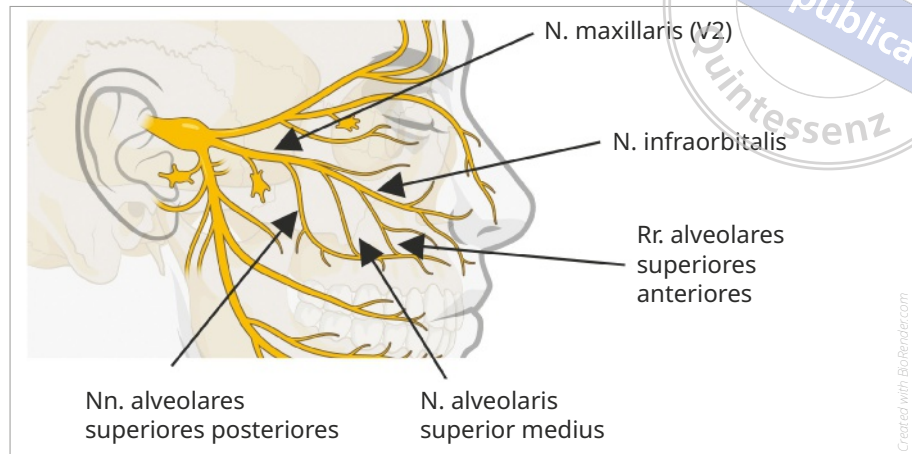


**Abb. 1-1** Schematischer Verlauf des N. trigeminus und seiner drei Hauptäste.



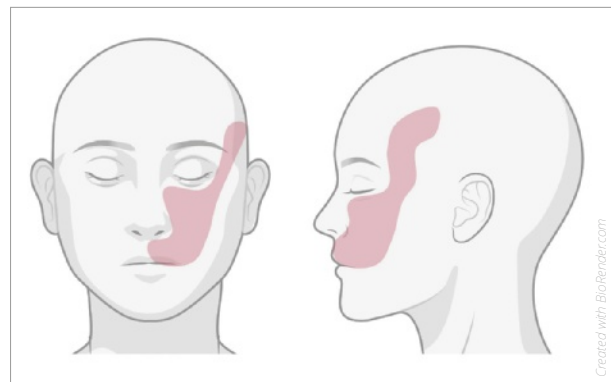
**Abb. 1-2** Foramen supraorbitale als Austrittspunkt des N. frontalis (beziehungsweise seiner Äste N. supraorbitalis und N. supratrochlearis) des N. ophthalmicus.

**Abb. 1-3** Schematischer Verlauf des N. maxillaris und seiner Äste.



Nervstamm<sup>1,2</sup>. Innerhalb des Canalis infraorbitalis zweigen die drei Äste des N. alveolaris superior ab – posteriores, medialis und anteriores. Nach Abgang aus dem N. maxillaris vor dessen Eintritt in den Canalis infraorbitalis verläuft der N. alveolaris superior posterior durch den Canalis alveolaris posterior und versorgt die Molaren des Oberkiefers sensibel. Der N. infraorbitalis gibt während seines Durchtritts durch den Canalis infraorbitalis den N. alveolaris superior medialis ab. Dieser Ast verläuft in der lateralen Wand des Sinus maxillaris und versorgt die Prämolaren sensibel. Nur bei etwa 30 Prozent der Patienten folgt der Nerv der klassischen Beschreibung und wird deshalb häufig als anatomische Variante bezeichnet. Ist er nicht vorhanden, versorgt entweder der anteriore oder der posteriore N. alveolaris superior die Region. In variabler Entfernung zum Foramen infraorbitale verlässt der N. alveolaris superior anterior den N. infraorbitalis und versorgt die Eck- und Schneidezähne sensibel<sup>1,2</sup> (Abb. 1-3 und 1-4).

Aus dem Canalis infraorbitalis geht ein weiterer kleiner Kanal, der Canalis sinuosus, ab, der den N. alveolaris superior anterior führt und die Eck- und Schneidezähne sensibel versorgt. Er endet in den meisten Fällen in der palatinalen anterioren Maxilla und enthält sowohl nervale als auch vaskuläre Strukturen<sup>3,4</sup>. Die Läsion der neurovaskulären Bündel durch oralchirurgische Eingriffe kann zu (Nach-)Blutungen und sensorischen Dysfunktionen führen sowie das Einheilen von Implantaten behindern<sup>3,5</sup>.

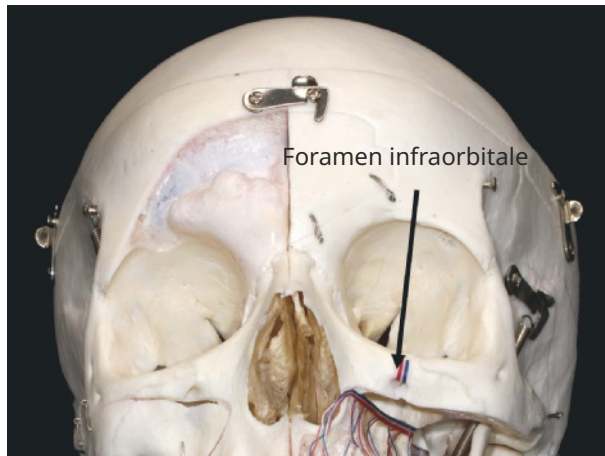


**Abb. 1-4** Versorgungsgebiet des N. maxillaris: knöcherner und weichgeweblicher Anteil des Mittelgesichts.

Aus diesem Grund ist insbesondere vor Planung von Implantaten in der Oberkieferfront eine ausführliche bildmorphologische Analyse empfehlenswert<sup>6</sup>.

**Praxistipp:** Zur Anästhesie des N. infraorbitalis wird das Foramen infraorbitale (Abb. 1-5) etwa 5–10 mm unterhalb des knöchernen Infraorbitalrandes am Übergang zwischen dem nasalen und mittleren Drittel ertastet. Schaut der Patient geradeaus, kann die vertikale Linie durch die Pupillenmitte als Orientierungshilfe dienen.



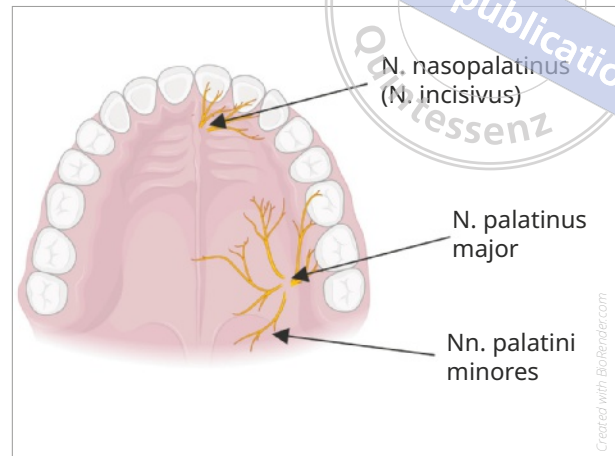


**Abb. 1-5** Foramen infraorbitale als Austrittspunkt des N. infraorbitalis (sowie der V. und der A. infraorbitalis).

### 1.1.2.1 Nervus palatinus

Der N. palatinus entspringt aus dem sphenopalatinalen Anteil des N. maxillaris und teilt sich wiederum in zwei Äste auf: in den N. palatinus major und den N. palatinus minor. Der N. palatinus major innerviert die hinteren zwei Drittel der palatinalen Gingiva und den harten Gaumen<sup>2</sup>. Bei oralchirurgischen Eingriffen erfolgt häufig eine Leitungsanästhesie an seinem Eintrittspunkt in die Maxilla – dem Foramen palatinum majus. Das Foramen kann bezüglich seiner Lokalisation anatomische Varianten aufweisen: In etwa 55 Prozent der Fälle liegt es auf Höhe des dritten Molaren, bei 39 Prozent der Patienten distal im Bereich des 2. Molaren und bei 6 Prozent zwischen den beiden Molaren; bei Kindern findet es sich nicht selten sogar auf Höhe des ersten Molaren<sup>1</sup>. In einigen Fällen kann der N. palatinus major außerdem zusätzliche Fasern zur sensiblen Versorgung der Prämolaren und Molaren abgeben<sup>1</sup>. Die Nn. palatini minores ziehen hinter dem N. palatinus major durch die Canales palatini minores und versorgen das dorsale Gaumenareal inklusive des Arcus palatopharyngeus, der Tonsilla palatina und der Fossa supratonsillaris (Abb. 1-6).

Die neurovaskuläre Versorgung der anterioren Maxilla erfolgt über die nasopalatinalen Nerven und Gefäße durch den Canalis incisivus, der sein Ende in der Fossa incisiva hinter den maxillären Schneide-



**Abb. 1-6** Schematischer Verlauf der palatinalen Nerven und ihrer Versorgungsgebiete.

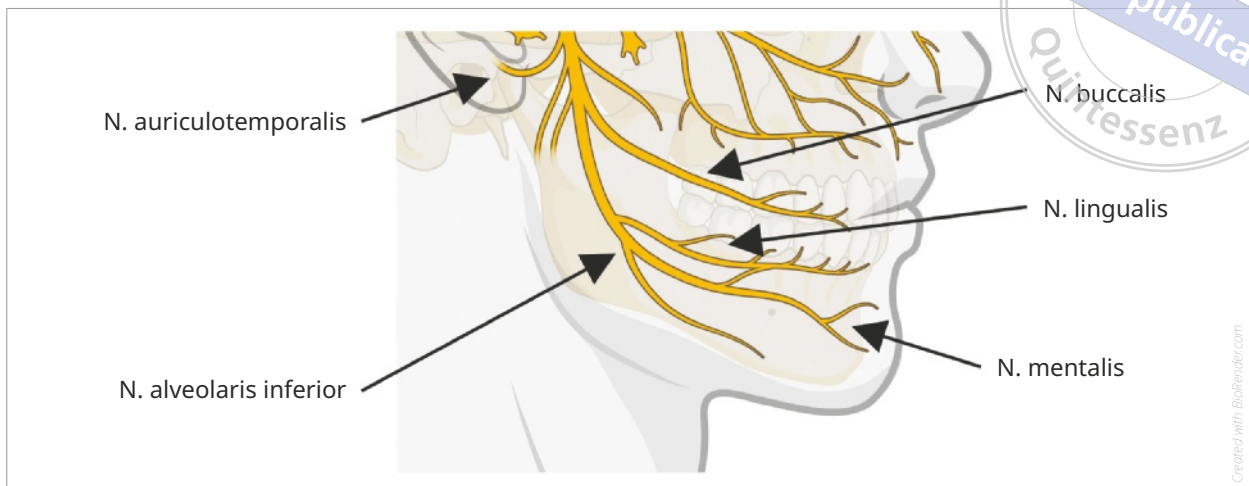
zähnen und unter der Papilla incisiva findet. Auch der N. nasopalatinus kann im Rahmen einer palatinalen Leitungsanästhesie ausgeschaltet werden.

**Merke:** Das Foramen palatinum majus weist anatomische Varianten auf. Es lässt sich aber häufig an einer Einziehung der darüberliegenden Schleimhaut identifizieren.

**Praxistipp:** Während die Leitungsanästhesie am Foramen palatinum majus die ipsilateralen dorsalen zwei Drittel der Gaumenschleimhaut inklusive der palatinalen Schleimhaut der Molaren und Prämolaren betäubt, erreicht eine palatinale Leitungsanästhesie zwischen dem ersten und zweiten Prämolaren („anterior superior alveolar nerve block“) auch den anterioren Gaumen inklusive des Bereichs vom zentralen Schneidezahn bis hin zum zweiten Prämolaren.

### 1.1.3 Nervus mandibularis (V3)

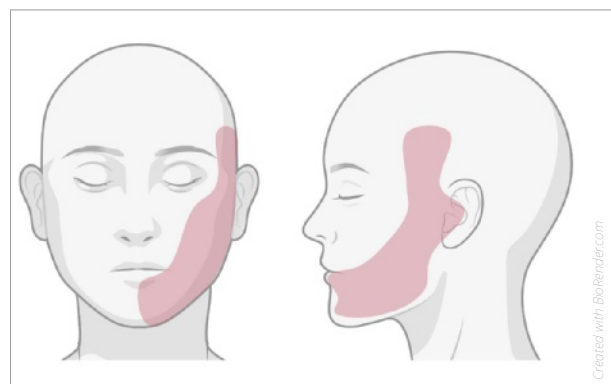
Der N. mandibularis ist der dritte Ast des N. trigeminus und führt im Gegensatz zu den anderen Rami so-



**Abb. 1-7** Schematischer Verlauf des N. mandibularis und seiner Äste.

wohl afferente als auch efferente Fasern. Er verläuft nach Austritt aus dem Ganglion trigeminale über das Foramen ovale in die Fossa infratemporalis<sup>7</sup>. Hier gibt er zahlreiche Äste ab. Die kranialen Äste versorgen Meningen und den Musculus pterygoideus medialis; weiter kaudal teilt sich der N. mandibularis in zwei Anteile auf. Aus dem kleineren, anterioren Ast entspringen der N. massetericus, N. temporalis profundus, N. buccalis sowie N. pterygoideus lateralis und aus dem posterioren Ast der N. auriculotemporalis, N. lingualis und N. alveolaris inferior mit dessen Seitenast in Richtung M. mylohyoideus<sup>1</sup>. Die Endäste sind für die sensible Versorgung großer Areale der Mundhöhle, des Unterkiefers und des kaudalen Drittels des Gesichtes verantwortlich, innervieren die Zunge sensibel und sensorisch sowie die Kau-, Mundboden- und Pharynxmuskulatur motorisch (Abb. 1-7 und 1-8).

**Merke:** Der N. mandibularis ist der einzige der drei Trigeminasäste, der sowohl sensible als auch motorische Fasern führt.

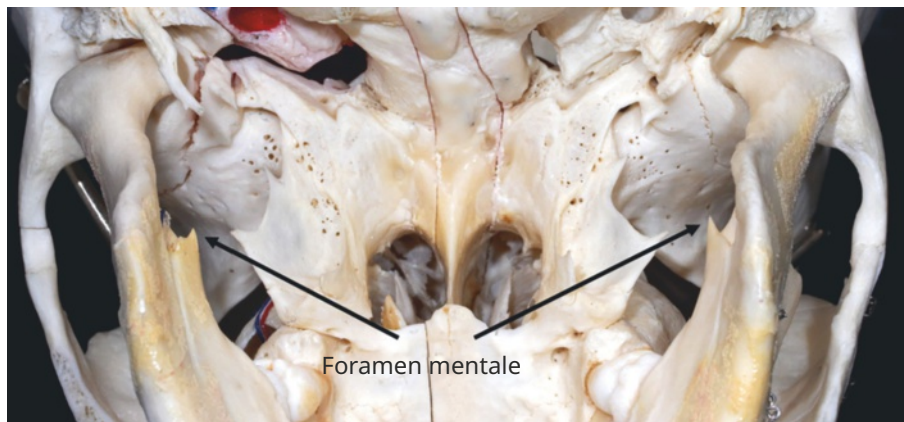


**Abb. 1-8** Versorgungsgebiet des N. mandibularis: große Teile von Mundhöhle und Unterkiefer, kaudales Drittel des Gesichtes sensibel, Zunge sensorisch und sensibel sowie Kau-, Mundboden- und Pharynxmuskulatur motorisch.

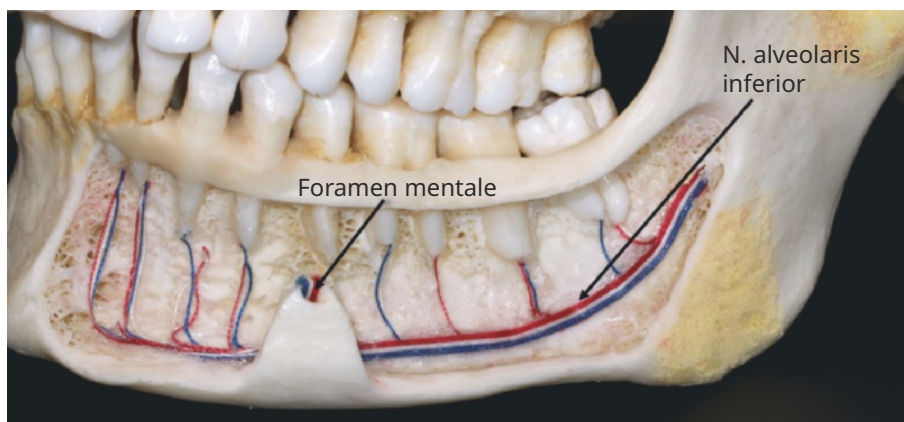
### 1.1.3.1 Nervus alveolaris inferior

Der sensible Anteil des N. alveolaris inferior tritt durch das Foramen mandibulae an der Innenseite des auf-

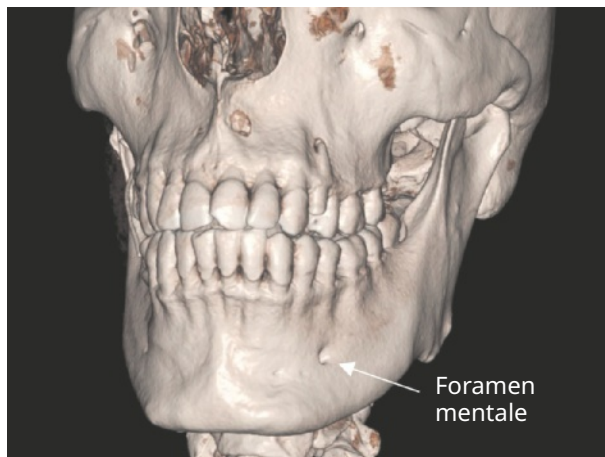
steigenden Unterkieferastes in die Mandibula ein (Abb. 1-9), verläuft kaudal der Zahnwurzeln innerhalb des Canalis mandibulae nach ventral und gibt dort zwei Äste ab: Der N. mentalis tritt im Bereich zwischen den beiden unteren Prämolaren durch das Foramen mentale (Abb. 1-10 und 1-11) aus und innerviert die Haut des Kinns ebenso wie die Haut und Mukosa der Unterlippe. Ein kleiner Ast, der N. incisivus mandibulae, verläuft weiter nach anterior, um dort die sensorische Innervation der Prämolaren, Eck- und Schneidezähne zu übernehmen<sup>1,8</sup> (Abb. 1-12).



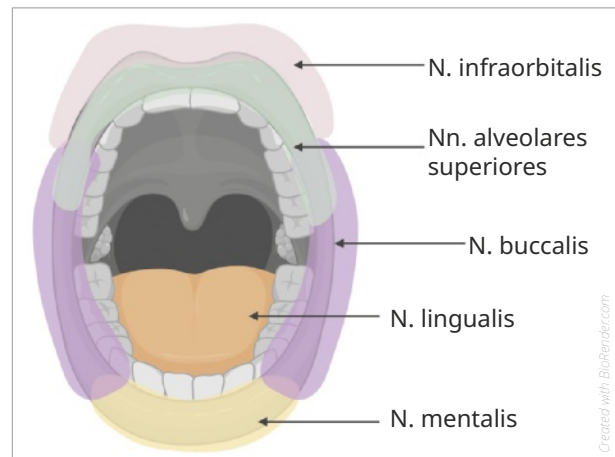
**Abb. 1-9** Eintritt des N. alveolaris inferior in den Unterkiefer über das Foramen mandibulae von dorsal.



**Abb. 1-10** Intraossärer Verlauf des N. alveolaris inferior vom Foramen mandibulae über das Foramen mentale bis zum N. incisivus mandibulae.



**Abb. 1-11** Austrittspunkt des N. alveolaris inferior als N. mentalis am Foramen mentale (3-D-Rekonstruktion).

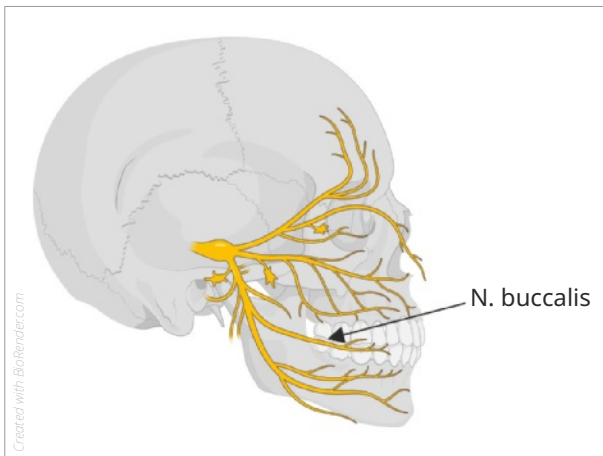


**Abb. 1-12** Schematische sensible und sensorische enorale Versorgungsareale.

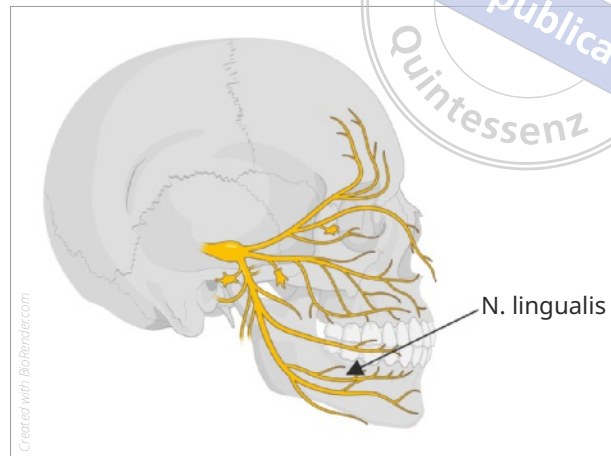
### 1.1.3.2 Nervus buccalis

Der N. buccalis entspringt dem N. mandibularis und verläuft zwischen den Köpfen des M. pterygoideus lateralis medial der Sehne des M. temporalis nach anterokaudal. Auf seinem Weg verbindet er sich mit dem bukkalen Ast

des N. facialis und erreicht die Haut der Wange über dem M. buccinator<sup>9</sup>. Er versorgt die Schleimhaut der Wange und teilweise die Lippe im Mundwinkelbereich sowie die vestibuläre Gingiva im Molaren- und gegebenenfalls Prämolarenbereich (Abb. 1-7, 1-12, 1-13).



**Abb. 1-13** Der N. buccalis innerviert die Wange sowie den Mundwinkelbereich, die vestibuläre Gingiva vom Molaren- bis hin zum Prämolarenbereich.



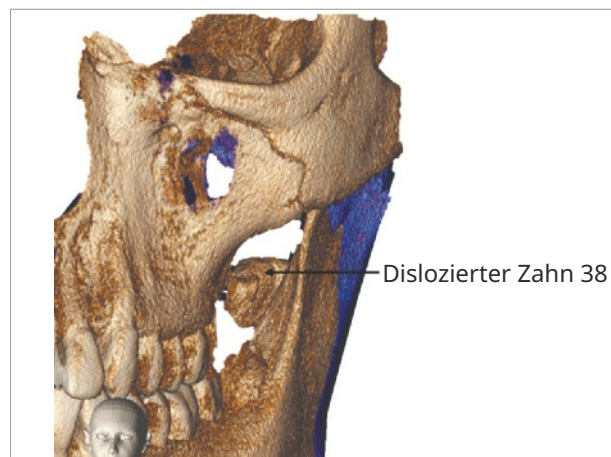
**Abb. 1-14** Schematischer Verlauf des N. lingualis.

**Praxistipp:** Bei der direkten Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior ist eine zweite Leitungsanästhesie des N. buccalis erforderlich, wenn die posterior-vestibuläre Gingiva zu betäuben ist.

### 1.1.3.3 Nervus lingualis

Der N. lingualis führt die gustatorischen und präganglionären parasympathischen Fasern aus der Chorda tympani des N. facialis und häufig liegt auch eine direkte Kommunikation mit dem N. alveolaris inferior vor<sup>7</sup>. Der N. lingualis verläuft an der Innenseite des aufsteigenden Unterkieferastes zwischen M. pterygoideus medialis und Ramus mandibulae direkt unterhalb der Mukosa kaudal bis zum Mundboden – anterior und medial des N. alveolaris inferior – und verzweigt sich dort in Richtung Zunge und Mundboden (Abb. 1-7 und 1-14)<sup>7</sup>.

Sein Versorgungsgebiet umfasst den sensiblen Anteil des vorderen Zungendrittels, den Boden und den lateralen Bereich des alveolinguale Sulkus sowie die linguale Gingiva der Prämolaren und der ersten Molaren (Abb. 1-12). Weiterhin versorgt er die Glandulae sublinguales und submandibulares parasympathisch über die Chorda tympani<sup>7</sup>. Aufgrund der



**Abb. 1-15** Ein bei der Osteotomie des Zahnes 38 nach lingual dislozierter Weisheitszahn in direktem Kontakt zum N. lingualis mit begleitender Sensibilitätsstörung<sup>11</sup>.

anatomischen Nähe wird der N. lingualis in der Regel bei der Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior ebenfalls anästhesiert und bedarf keiner gesonderten Injektion. Jedoch kann er auch im Rahmen einer solchen Leitungsanästhesie verletzt werden, aber auch bei oralchirurgischen Eingriffen wie Weisheitszahnextraktionen (Abb. 1-15), Implantatinsertionen, Parodontalbehandlungen oder bei Exzision neoplastischer Läsionen<sup>10</sup>.

Das Verletzungsrisiko des N. lingualis scheint bei einer direkten Leitungsanästhesie des N. alveolaris



inferior sogar höher zu sein als beim Ursprungsnerv. Dies könnte an der geringeren Faszikelzahl des N. lingualis circa 2 mm oberhalb der Lingula – also der Region, an der üblicherweise die Leitungsanästhesie appliziert wird, – liegen<sup>12</sup>. Eine weitere Prädisposition für Verletzungen könnte auch das im Vergleich zum N. alveolaris inferior dickere Perineurium darstellen. Liegt eine Verletzung vor, die zu einem intraneuralen Ödem führt, könnten Druckeffekte die Nervenfunktion möglicherweise dauerhaft schädigen<sup>7</sup>.

**Cave:** Bei chirurgischen Eingriffen ist zu beachten, dass der Abstand des N. lingualis vom Alveolarkamm lediglich 4–19 mm beträgt<sup>10</sup>. Eine Knochenatrophie verändert diesen Abstand potenziell weiter.

### 1.1.4 Anatomische Varianten

Die Distanz zwischen dem Foramen mandibulae und unterschiedlichen Orientierungspunkten vergrößert sich mit dem Alter. Gegenüber der Okklusionsebene bewegt sich das Foramen mandibulae beispielsweise immer weiter nach kranial. So liegt die Öffnung beim Kleinkind unterhalb der Kauebene, beim 5- bis 6-jährigen auf Höhe der Kauebene, beim 12-jährigen etwas über, beim Erwachsenen circa 1 cm oberhalb der Kauebene und beim zahnlosen Patienten 2 bis 2,5 cm oberhalb des Alveolarfortsatzes. Dieses Wissen ist insbesondere zur Durchführung einer suffizienten Leitungsanästhesie unerlässlich<sup>1</sup>.

Eine Bifurkation des N. alveolaris inferior und das Vorhandensein mehrerer Nervkanäle oder Foramina ist in 0,1 bis 1 Prozent der Fälle zu erwarten<sup>1,13</sup>, zum Teil werden jedoch deutlich höhere Zahlen von über 20 Prozent angegeben<sup>10</sup>. Zusätzliche Äste können über das Foramen retromolare in den Canalis mandibulae eintreten und die sensible Innervation der Molaren übernehmen (Abb. 1-16). Diese Variante kann ein Versagen der Leitungsanästhesie im Molarenbereich bedingen<sup>13</sup>. Neben dem Austritt des Nervs aus dem Foramen mentale kann es auch im Bereich der



**Abb. 1-16** Mögliche Varianten des Verlaufs des N. alveolaris inferior (nach<sup>13</sup>).

Symphyse zu lingualen Austritten des N. mentalis („Canalis incisivus des Unterkiefers“<sup>14</sup>) kommen, die bei Behandlungen im Frontzahnbereich beschädigt werden können<sup>15</sup>.

**Cave:** Insbesondere der N. alveolaris inferior sowie sein Austrittspunkt, das Foramen mandibulae, weisen anatomische Varianten auf. Sie bedingen Anästhesieversagen und potentiell akzidentelle Nervschädigungen.

**Praxistipp:** Wenn eine 3-D-Röntgenaufnahme für die Planung eines Eingriffes indiziert ist oder bereits vorliegt, ist es empfehlenswert, auf dieser auch die Verläufe der zu anästhesierenden Nerven inklusive Ein- und Austrittspunkten zu identifizieren. So lassen sich Normvarianten antizipieren.

Auch der N. mylohyoideus, der oberhalb des Foramen mandibulae aus dem N. alveolaris inferior entspringt, dann nach anterokaudal auf der medialen Oberfläche der Mandibula verläuft und die Innervation des M. mylohyoideus und des anterioren Bauchs des M. digastricus übernimmt, kann über das Foramen retromolare in den Nervkanal eintreten. Von dort innerviert er den Bereich der Prämolaren bis hin zu den Inzisiven<sup>13</sup>.

Als alternative Anästhesieformen kommen in Frage:

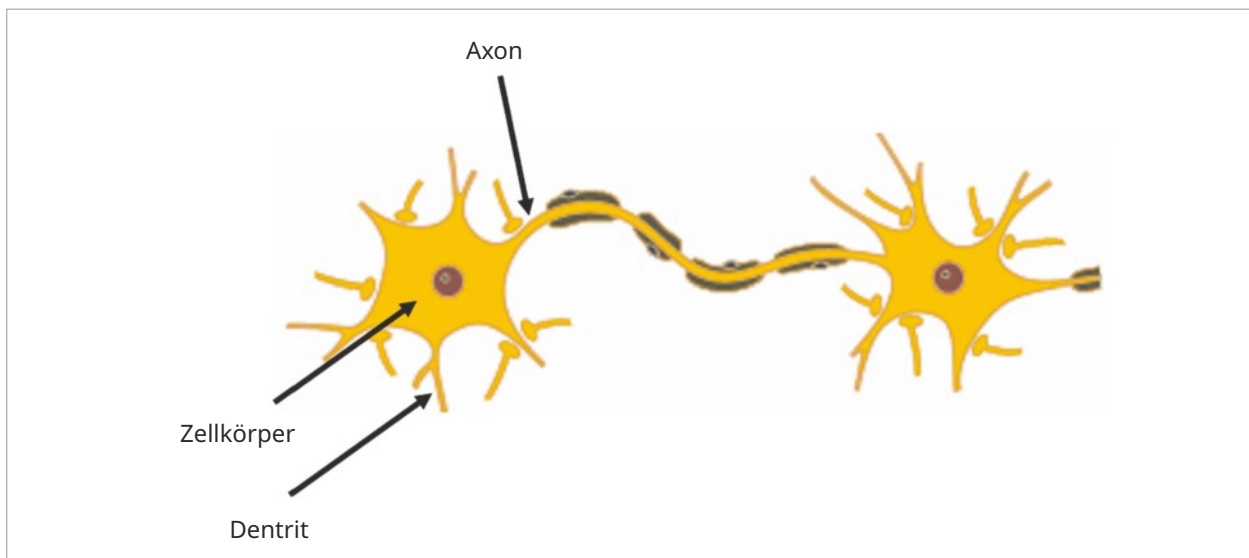
- bukkale und linguale Infiltration,
- intraligamentäre Injektion und/oder
- technische Alternativen zur direkten (Standard-) Leitungsanästhesie nach Halsted wie beispielsweise der Nerveblock nach Gow-Gates oder Vazirani-Akinosi.

Zusammenfassend ist ein Verständnis der anatomischen Variationen unerlässlich, da bei diesen Patienten ein höheres Risiko für Verletzungen und Nervschädigungen besteht oder eine ausreichende Schmerzkontrolle häufig nur mittels alternativer Anästhesietechniken zu erreichen ist<sup>13</sup>.

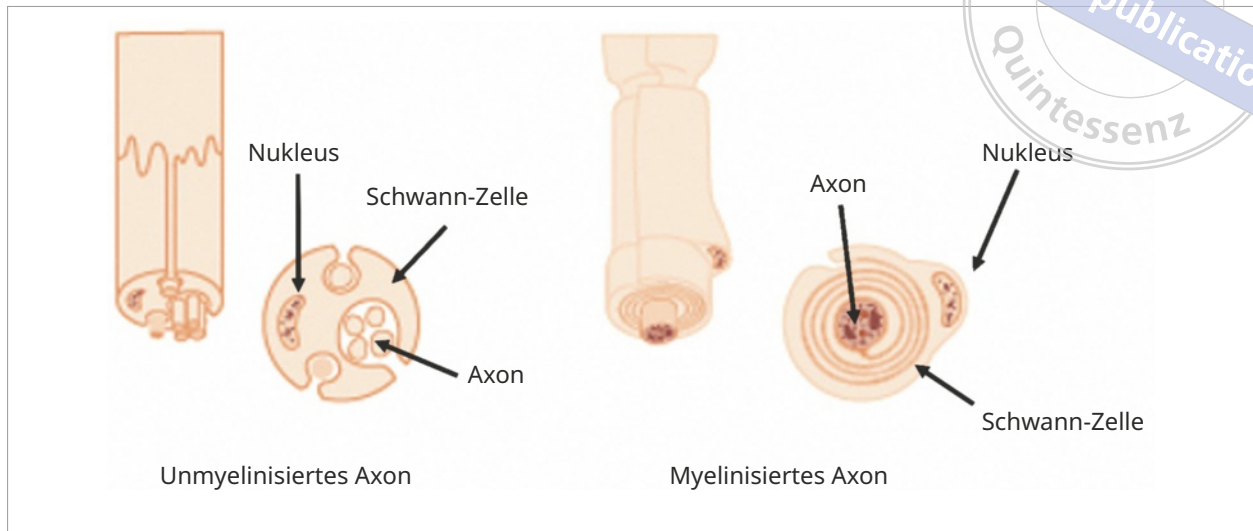
## 1.2 Anatomie peripherer Nerven

Die Nervenzelle ist die morphologische und funktionelle Grundeinheit des menschlichen Nervensystems. Sie besteht aus dem Zellkörper (Soma = Perikaryon), einem Axon (efferenter Anteil) und einem oder mehreren Dendriten (afferenter Anteil)<sup>16,17</sup>. An den Dendriten erfolgt die Informationsaufnahme und -übertragung in Richtung des Zellkörpers; das Axon dient der Weiterleitung elektrischer Signale vom Zellkörper weg. Über Synapsen (Kontaktstellen) sind die Nervenzellen untereinander verbunden<sup>16,17</sup>. Die Signalübertragung findet zwischen Dendriten und Axonen über den synaptischen Spalt statt. Hier wird das elektrische in ein chemisches Signal umgewandelt und erzeugt in der Regel auch in der nachgeschalteten Nervenzelle wieder ein elektrisches Signal (Abb. 1-17)<sup>16</sup>.

**Merke:** Eine Nervenfaser besteht aus Zellkörper, Axon und Dendriten.



**Abb. 1-17** Schema der Übertragung von Nervenimpulsen zwischen zwei Nervenzellen.



**Abb. 1-18** Schematischer Aufbau eines unmyelinisierten und eines myelinisierten Axons.

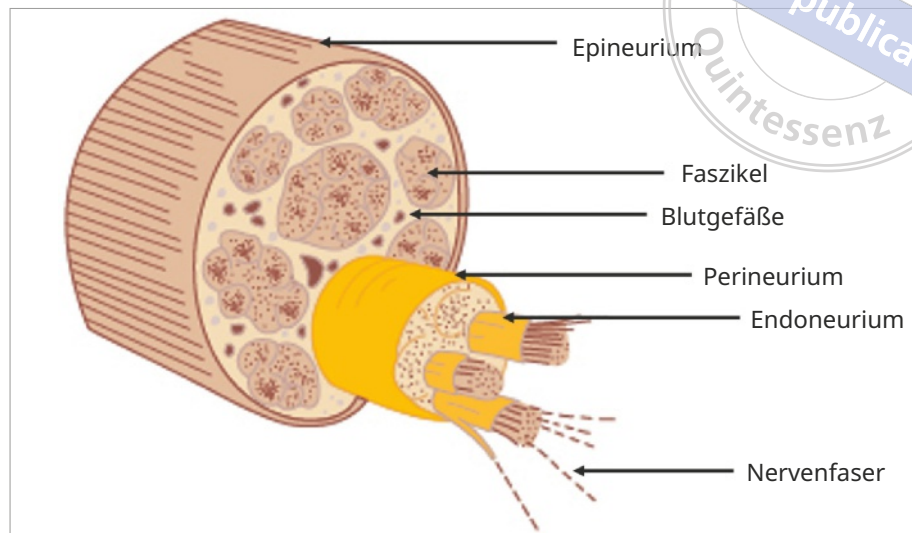
Umgeben werden Axone von Gliazellen, welche sich entsprechend ihrer Art, Form und Funktion unterscheiden. Im peripheren Nervensystem handelt es sich um Schwann-Zellen, im zentralen Nervensystem um Oligodendrozyten. Myelinisierte Axone werden von Gliazellen in mehreren Schichten lamellenartig umgeben und in eine durch Neuroglia gebildete Struktur, das Myelin, eingebettet. Diese Isolierung des Zellfortsatzes dient einerseits einer raschen Informationsweiterleitung (saltatorische Erregungsleitung) und andererseits dem Schutz des Axons. Innerhalb des zentralen Nervensystems (ZNS) sind praktisch alle Nervenfasern myelinisiert, während der Myelinisierungsgrad im peripheren Nervensystem maßgeblich von der notwendigen Nervenleitgeschwindigkeit abhängt. Werden schnelle Reaktionen benötigt, ist das Axon myelinisiert, bei geringeren Geschwindigkeiten ist es nicht von Gliazellen umhüllt<sup>16</sup>. Unmyelinisierte vegetative und somatische Fasern weisen eine kontinuierliche Reizweiterleitung entlang des Axons auf. Dabei bildet sich ein gerichteter Stromfluss zwischen erregten und unerregten Membrananteilen, der zur Depolarisation des zuvor unerregten Bereichs führt. Grundsätzlich gilt: Die Leitungsgeschwindigkeit verhält sich annähernd proportional zur Wurzel des Faserradius<sup>17</sup>.

Unmyelinisierte C-Fasern (Durchmesser: 1  $\mu\text{m}$ ) haben eine Leitungsgeschwindigkeit von 0,5 bis 2 m/s, die der myelinisierten Axone kann in Abhängigkeit von dem entsprechenden Fasertyp bis zu 120 m/s betragen (Abb. 1-18)<sup>17</sup>.

**Merke:** Nicht myelinisierte Fasern weisen eine kontinuierliche Reizweiterleitung entlang des Axons auf. Dabei bildet sich ein gerichteter Stromfluss zwischen erregten und unerregten Membrananteilen aus, der zur Depolarisation des zuvor unerregten Bereichs führt.

Der periphere Nerv bündelt zahlreiche Axone, welche in eine äußere Bindegewebsschicht, das Epineurium, eingelagert sind. Je nach Lokalisation handelt es sich dabei um eine Ausziehung der Hirn- beziehungsweise Rückenmarkshaut Dura mater encephali (bei den Hirnnerven) oder Dura mater spinalis (bei den Spinalnerven). Innerhalb des Epineuriums ist der Nerv aus Faszikeln zusammengesetzt, die jeweils von einer eigenen Hülle, dem Perineurium, umgeben sind. Die einzelnen Axone werden innerhalb der Faszikel noch einmal durch das Endoneurium zu Gruppen zusam-

**Abb. 1-19** Querschnitt durch eine Nervenfaser.



mengefasst<sup>16</sup>. Die Anzahl der Faszikel variiert zwischen den verschiedenen peripheren Nerven. In das Bindegewebe der einzelnen Faszikel sind intraneurale Gefäße (Arterien und Venen) eingelagert, die für die Ernährung der Nervenfasern verantwortlich sind (Abb. 1-19). Entsprechend ihrer Lokalisation werden die Faszikel in Mantelfasern – zur Innervation des proximalen – und Kernfasern – zur Innervation des distalen Gewebes – unterteilt. Das verzögerte Einsetzen der Wirkung im Rahmen der Leitungsanästhesie erklärt sich dadurch, dass das Lokalanästhetikum bis

zum Erreichen seiner Rezeptorbindungsstelle in der Nervenzelle (insbesondere der Kernfasern) eine relativ weite extra- und intraneurale Strecke per Diffusion zurücklegen muss.

**Merke:** Lokalanästhetika benötigen eine gewisse Anflutzeit, da sie per Diffusion eine lange Strecke über Epi-, Peri- und Endoneurium zurücklegen müssen.



## 1.3 Lernkontrolle Kapitel 1

### Lernkontrollfragen zur Anatomie

1. Nennen Sie die drei Hauptäste des N. trigeminus und die entsprechenden Bereiche der sensiblen Versorgung.
2. Beschreiben Sie den Verlauf des N. maxillaris nach Verlassen der Fossa pterygopalatina. Achten Sie insbesondere auf die abgegebenen Äste und deren sensible Innervationsgebiete.
3. In welchem Bereich tritt der N. palatinus major am häufigsten in den Gaumen ein?
4. Durch welche Nerväste werden die Zähne des Oberkiefers versorgt? Nennen Sie anatomische Varianten und deren klinische Relevanz.
5. Beschreiben Sie die Lokalisation der Punktionsstelle für eine Anästhesie des N. infraorbitalis.
6. Beschreiben Sie den Verlauf des N. mandibularis und seiner Äste nach Verlassen der Fossa infratemporalis.
7. Beschreiben Sie den Verlauf und das Innervationsgebiet des N. mylohyoideus und welche anatomischen Varianten in diesem Zusammenhang zu erwarten sind.
8. In welchem Bereich des Unterkiefers ist der Austritt des N. mentalis zu erwarten?
9. Die Anästhesie welches Nerven gehört zur Komplettierung einer direkten Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior und warum?
10. Bei Eingriffen im posterioren Unterkiefer sollte immer auch über eine Schädigung des N. lingualis aufgeklärt werden. Warum?
11. Aus welchen Bestandteilen setzt sich eine Nervenzelle üblicherweise zusammen?
12. Beschreiben Sie das Prinzip der saltatorischen Erregungsleitung.
13. Erklären Sie, weshalb es unter Umständen zu einer Verzögerung bis zum Wirkeintritt nach Applikation eines Lokalanästhetikums kommt.

## 1.4 Literatur

1. Rodella LF, Buffoli B, Labanca M, Rezzani R. A review of the mandibular and maxillary nerve supplies and their clinical relevance. *Arch Oral Biol* 2012;57(4):323-334.
2. Tomaszewska IM, Zwinczewska H, Gladysz T, Walocha JA. Anatomy and clinical significance of the maxillary nerve: a literature review. *Folia Morphol (Warsz)* 2015;74(2):150-156.
3. Machado VC, Chrcanovic BR, Felipe MB, Manhaes Junior LR, de Carvalho PS. Assessment of accessory canals of the canalis sinuosus: a study of 1000 cone beam computed tomography examinations. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2016;45(12):1586-1591.
4. Arruda JA, Silva P, Silva L, Alvares P, Silva L, Zavanelli R, Rodrigues C, Gerbi M, Sobral AP, Silveira M. Dental Implant in the Canalis Sinuosus: A Case Report and Review of the Literature. *Case Rep Dent* 2017;2017:4810123.
5. Kämmerer PW, Lehmann KM. Nervschäden? Komplikationen nach Implantatinserktion im anterioren Oberkiefer. *Z Zahnärztl Implantol* 2020;36(1):14-16.
6. Dau M, Edalatpour A, Schulze R, Al-Nawas B, Alshihri A, Kämmerer PW. Presurgical evaluation of bony implant sites using panoramic radiography and cone beam computed tomography-influence of medical education. *Dentomaxillofac Radiol* 2017;46(2):20160081.
7. Ghabriel M, Takezawa K, Townsend G. The lingual nerve: overview and new insights into anatomical variability based on fine dissection using human cadavers. *Odontology* 2019;107(1):1-9.
8. Yeh AYE, Finn BP, Jones RHB, Goss AN. The variable position of the inferior alveolar nerve (IAN) in the mandibular ramus: a computed tomography (CT) study. *Surg Radiol Anat* 2018;40(6):653-665.
9. Takezawa K, Ghabriel M, Townsend G. The course and distribution of the buccal nerve: clinical relevance in dentistry. *Aust Dent J* 2018;63(1):66-71.
10. Burian E, Probst FA, Weidlich D, Cornelius CP, Maier L, Robl T, Zimmer C, Karampinos DC, Ritschl LM, Probst M. MRI of the inferior alveolar nerve and lingual nerve-anatomical variation and morphometric benchmark values of nerve diameters in healthy subjects. *Clin Oral Investig* 2020;24(8):2625-2634.
11. Goetze E, Kämmerer PW. Der besondere Fall mit CME: Weisheitszahn-nosteotomie: Dislokation mit Nervbeeinträchtigung. *Zahnärztliche Mitteilungen* 2019;109(4):36-38.
12. Tan VL, Andrawos A, Ghabriel MN, Townsend GC. Applied anatomy of the lingual nerve: relevance to dental anaesthesia. *Arch Oral Biol* 2014;59(3):324-335.
13. Wolf KT, Brokaw EJ, Bell A, Joy A. Variant Inferior Alveolar Nerves and Implications for Local Anesthesia. *Anesth Prog* 2016;63(2):84-90.
14. Kabak SL, Zhuravleva NV, Melnichenko YM, Savrasova NA. Study of the mandibular incisive canal anatomy using cone beam computed tomography. *Surg Radiol Anat* 2017;39(6):647-655.
15. He X, Jiang J, Cai W, Pan Y, Yang Y, Zhu K, Zheng Y. Assessment of the appearance, location and morphology of mandibular lingual foramina using cone beam computed tomography. *Int Dent J* 2016;66(5):272-279.
16. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus: Lernatlas Anatomie – Kopf, Hals und Neuroanatomie. 5. Auflage. Stuttgart, New York: Thieme 2018.
17. Brandes R, Lang F, Schmidt RF. Physiologie des Menschen – mit Pathophysiologie. 32. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer 2019.



# Instrumente und Techniken der zahnärztlichen Lokalanästhesie

Peer W. Kämmerer, Isabel Becker, Diana Heimes



*„Das hat ja gar nicht weh getan!“ Mit der richtigen Technik gelingen eine schmerzfreie Injektion und Behandlung – die Visitenkarte eines jeden Zahnarztes.*

*Eine schmerzfreie Behandlung ist die Visitenkarte eines jeden Zahnarztes. Patientenfaktoren und anatomische Gegebenheiten bedingen, dass keine Technik der zahnärztlichen Lokalanästhesie mit einer hundertprozentigen Erfolgsrate universell angewandt werden kann. Entscheidende Voraussetzungen für den Erfolg sind somit die individuelle Auswahl und Dosierung des Anästhetikums sowie des Vasokonstriktors und die richtige Injektionstechnik – immer abhängig von dem Patienten, der Indikation und dem Applikationsort. Dieses Kapitel erklärt die wesentlichen Formen der Lokalanästhesie und ihre Einsatzgebiete. Illustrationen und Fallbeispiele veranschaulichen die Durchführung im Detail.*

Regel bei der Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior/N. lingualis), sollte eine Aspiration in zwei Ebenen erfolgen.

**Merke:** Vor jeder Injektion sollte aspiriert werden, bei Leitungsanästhesien in der Nähe großer Gefäße sogar in zwei Ebenen, also noch einmal nach Drehen der Kanüle. Ausnahmen stellen die intraligamentäre und intraossäre Anästhesie dar. Im Fall einer positiven Aspiration (Abb. 5-1) sollte zumindest die Kanüle gewechselt werden, da eine erneute Aspiration sonst nicht beurteilbar ist<sup>1</sup>.

## 5.1 Vorbereitung

Eine lokale Schmerzausschaltung im Sinne der Lokalanästhesie ist für eine Vielzahl zahnärztlicher Behandlungen von großer Bedeutung, wobei das technische Beherrschen aller Injektionsformen nicht selten eine gewisse Herausforderung darstellt. Generell empfiehlt es sich, den Patienten, in Abhängigkeit von der gewählten Applikationstechnik, in eine entspannte, halbsitzende Position zu verbringen. Die Vorbereitung des Instrumentariums außerhalb des Sichtfeldes des Patienten sowie eine möglichst schmerzfreie oder zumindest schmerzarme Injektion minimieren das Risiko einer potenziellen Traumatisierung. Mit der Ausnahme der intraligamentären und der intraossären Injektion sollte vor jeder Injektion eine Aspiration vorgenommen werden. Bei der Applikation in der Nähe größerer Gefäße (in der



**Abb. 5-1** Positive Aspiration unter Verwendung einer Einmalspritze nach Leitungsanästhesie des N. alveolaris inferior. Es empfiehlt sich, für die nächste Injektion die Kanüle zu wechseln und das Lokalanästhetikum zu verwerfen.

### 5.1.1 Dosierung

Probleme, die im Zusammenhang mit einer Überdosierung zahnärztlich verwendeter Lokalanästhetika auftreten können sind selten, können jedoch tödliche Folgen haben<sup>2</sup>; somit nimmt die Prävention solcher Ereignisse einen hohen Stellenwert ein<sup>3</sup>. Eine absolute Überdosierung manifestiert sich klinisch häufig mit einer Prodromalphase, die durch unspezifische klinische Zeichen wie leichtes Zittern der Gesichtsmuskulatur, Unruhe, Tinnitus, Nystagmus sowie einen metallischen Geschmack gekennzeichnet ist. Der Verlauf ist vor allem abhängig von der Gesamtmenge der injizierten Substanz, dem zeitlichen Verlauf der systemischen Spiegel (Anflutung im systemischen Kreislauf) und dem Gesundheitszustand des Patienten. Die anschließende Erregungsphase mit tonisch-klonischen Krämpfen lässt sich klinisch nicht von einem epileptischen Anfall unterscheiden, daher ist dies auch die wichtigste Differenzialdiagnose. In der Regel dauern die durch das Lokalanästhetikum induzierten Konvulsionen jedoch kürzer an. Durch den Krampfanfall kommt es zu einer Beeinflussung der Pharmakokinetik der Lokalanästhetika, wodurch sich die Gesamtkörperclearance deutlich verlängert. Letztendlich folgt die Depressionsphase, wenn das Atemzentrum ebenfalls funktionell ausgeschaltet wird. Dies wird sowohl durch die lokale Konzentration des Lokalanästhetikums im Hirngewebe, als auch durch das Lokal-

**Tab. 5-1** Pharmakologische Kenngrößen typischer zahnärztlicher Lokalanästhetika; die Angaben sind Mittelwerte und können durch individuelle Unterschiede stark differieren (nach<sup>4,7</sup>); obere Zeile = Angaben ohne Vasokonstriktor, untere Zeile = Angaben mit Vasokonstriktor.

	Grenzdosis (mg/kg KG)	Maximaldosis (mg)	Wirkdauer (min)		Toxischer Plasmaspiegel (µg/ml)	Konzentration der Lösung (%)
			Infiltrationsanästhesie	Leitungsanästhesie		
Articain	4 7	300 500	9-15 150-180	100-200 180-285		1 - 2 - 4
Lidocain	4 7	300 500	5-10 60-170	85-190	7,4	2 - 3
Mepivacain	4 7	300 500	25-90 50-130	40-165 75-185	5	2 - 3
Prilocain	6 8	400 600	20-105 40-140	55-190 60- 220	5	0,5 - 1 - 2 - 3 - 4
Bupivacain	2	150	375	415	1,6	0,25 - 0,5 - 0,75

anästhetikum im Liquor hervorgerufen. Am Herzen wirken die Lokalanästhetika negativ inotrop, chronotrop, dromotrop und bathmotrop, was zusätzlich zu einem Herz-Kreislauf-Stillstand führen kann. Die Vasodilatation bedingt eine relative Hypovolämie<sup>4</sup>. Zur Vermeidung möglicher systemtoxischer Wirkungen von Lokalanästhetikum und Vasokonstriktor müssen die entsprechenden Grenzdosen bei der Injektion eingehalten werden<sup>5,6</sup>. Die Tagesmaximaldosis ist in der Fachinformation des jeweiligen Anästhetikums zu finden und darf in keinem Fall überschritten werden. Die patientenindividuelle Grenzmenge (ohne den Einfluss des Vasokonstriktors zu beachten) errechnet sich, wie bereits im Kapitel 4 „Anamnese und individualisierte Lokalanästhesie“ angegeben:

$$\text{Grenzmenge (ml)} = \frac{\text{Grenzdosis (mg/kg)} \times \text{Körpergewicht (kg)}}{\text{Konzentration (mg/ml)}}$$

Mehr als das Lokalanästhetikum selbst, kann der Vasokonstriktor – meist Adrenalin – unerwünschte Wirkungen hervorrufen. Zudem verlängert er die Wirkdauer des Präparates (Tab. 5-1). Daher ist es vor allem bei Risikopatienten hilfreich, die Gesamtmenge zu ermitteln (siehe auch Kapitel „Anamnese und individualisierte Lokalanästhesie“). Ein Lokalanästhetikum mit Adrenalin im Mischverhältnis von 1:100.000 enthält

10 Mikrogramm Adrenalin pro Milliliter, eine Konzentration von 1:200.000 entsprechend die Hälfte.

**Cave:** Die Überdosierung von Lokalanästhetika kann schwerwiegende Reaktionen hervorrufen. Diese reichen bis zu Atemdepression und Herz-Kreislauf-Stillstand. Daher ist die patientenindividuelle Grenzmenge strikt einzuhalten.

### 5.1.2 Injektionsspritzen

Neben dem Einmalspritzensystem mit Luer®-Konus (Abb. 5-2) oder konzentrischer Luer-Lok®-Verbindung (Abb. 5-3) stehen für die zahnärztliche Lokalanästhesie Spritzengestelle für Zylinderkarpulen zur Verfügung (Abb. 5-3). Im Vergleich zu den Einwegspritzen sind die Zylindersysteme schmal und länger.

Auf die Einmalspritzen werden die entsprechenden Kanülen aufgesetzt und die Injektionslösung aus Ampullen oder Mehrfachentnahmeflaschen aufgezogen; somit ist die Menge an Lokalanästhetikum nur vom Füllungsvolumen der Spritze abhängig. Bei dem Zylindersystem wird eine Karpule, die üblicherweise ein Volumen von 1,7 ml Lokalanästhetikum enthält, in das Spritzengestell aus Metall



**Abb. 5-2** Einmalspritzensystem mit Luer®-Ansatz zum Aufsetzen der Nadel (Inject®, B. Braun, Melsungen, Deutschland).



**Abb. 5-3** Einmalspritzensystem mit verschraubbarem Luer-Lok®-Anschluss (BD Plastipak®, BD, Heidelberg, Deutschland).



**Abb. 5-4** Exemplarische Darstellung von drei kommerziell erhältlichen, bereits armierten Spritzensystemen für die zahnärztliche Lokalanästhesie.



**Abb. 5-5** Vergrößerung eines Zylindersystems mit einem integrierten Haken zur (Selbst-)Aspiration (Septodont, Niederkassel, Deutschland).

einggelegt und eine doppelendige Kanüle daran befestigt (Abb. 5-4). Während eine Aspiration bei den Einmalspritzen durch einfachen Zug am Spritzenstempel – und somit durch einen Unterdruck an der Spritze – erzeugt wird, ist dies bei den Zylindersystemen per se nicht möglich, da der Spritzenstempel nicht fest mit dem Gummistopfen der das Lokalanästhetikum enthaltenden Karpule verbunden ist. Aus diesem Grund besitzen Zylindersysteme unter anderem Widerhaken, die den Spritzenstempel über ein zylinderförmiges Loch an der Karpule befestigen, sodass eine einfache Aspiration möglich wird (Abb. 5-5).

Die beiden Systeme können je nach Präferenz des Zahnarztes benutzt werden, wobei mehrfach zu verwendende Spritzensysteme komplett sterilisierbar sein sollten. Vorteile der Einwegspritzen liegen vor al-

lem bei den geringeren Kosten für das System (Lokalanästhetika und Kanülen) sowie in der Sterilität, weshalb diese Systeme vor allem bei invasiven Eingriffen unter aseptischen Kriterien Anwendung finden. Im Gegensatz hierzu berichten Anwender, dass die Zylinderspritzensysteme eine Arbeitserleichterung inklusive einer Zeitersparnis darstellen. Weiterhin ermöglichen die schmalen Systeme eine übersichtlichere Injektionsweise.

### 5.1.3 Kanülen

Aus hygienischen Gründen und zur Minimierung des Gewebetraumas werden heutzutage ausschließlich Einmalkanülen verwendet (Abb. 5-6 und 5-7).

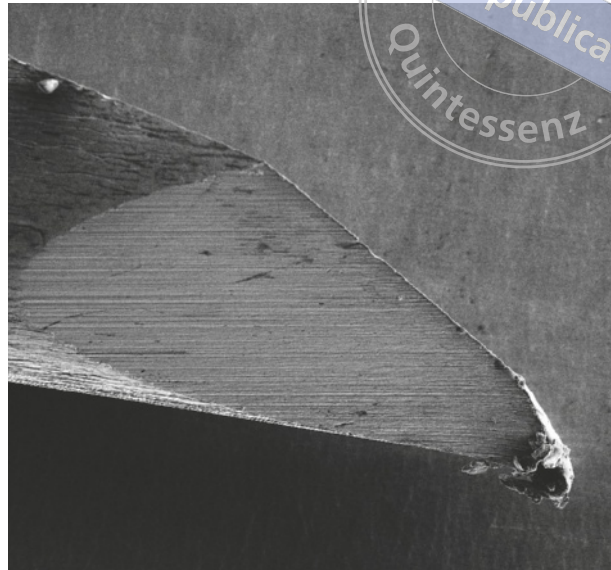
Die Injektionskanülen werden nach Außendurchmesser und Länge klassifiziert und sollten



**Abb. 5-6** Konventionelle 27 G-Einmalkanüle mit Konus zur Injektion mittels Einwegspritze.



**Abb. 5-7** Konventionelle 30 G- (gelb), 27 G- (mittelgrau) und 25 G- (orange) Einmalkanüle mit Konus und Innengewinde zur Injektion mittels Zylinderkarpulensystem.



**Abb. 5-8** Elektronenmikroskopische Aufnahme (Vergrößerung x500) einer Nadelspitze mit Skalpellenschliff (Septoject Evolution®, Septodont, Niederkassel, Deutschland) nach einmaliger Anwendung.

entsprechend der geplanten Injektion ausgewählt werden. Der Außendurchmesser wird in Gauge (G) bemessen. Hierbei gilt, dass ein größerer G-Wert für einen kleineren Außendurchmesser steht, wobei die Werte allerdings nicht linear sind. Besonders kurze Kanülen von 9 bis 13 mm und einem Durchmesser von 30 G eignen sich für die intraligamentäre sowie intraossäre Anästhesie. In der Regel werden für die Infiltrationsanästhesie sowie Leitungsanästhesie Kanülen mit einem Durchmesser von 27 G und einer Länge von 21 bis 25 mm gewählt. Bezüglich des Injektionsschmerzes konnte eine randomisierte klinische Studie keinen Nachweis erbringen, dass zwischen den Außendurchmessern 25 bis 30 G ein signifikanter Unterschied besteht<sup>8</sup>. Im Gegensatz hierzu scheint die Anwendung von Kanülen mit einem skalpellartigen Na-

delschliff in einem deutlich geringeren Injektionsschmerz zu resultieren (Abb. 5-8)<sup>9</sup>.

**Merke:** Kanülen sollten immer passend zu Technik und Indikation gewählt werden.

**Merke:** Es empfiehlt sich bei jeder Art der Anästhesie, die Nadel nach der Injektion noch wenige Sekunden im Gewebe zu belassen. Dies erleichtert die Verteilung des Lokalanästhetikums im Gewebe und minimiert das Heraustropfen der Lösung bei Entfernung der Nadel.



Patientinnen und Patienten entscheiden anhand der Schmerzfreiheit, ob sie wiederkommen oder eine Praxis weiterempfehlen. Damit ist die Schmerzkontrolle ein Marketingtool und noch immer die „Visitenkarte“ einer jeden Zahnarztpraxis.

Die Autoren des Buches möchten eine Hilfestellung für eine individuelle und sichere schmerzfreie zahnmedizinische Behandlung unter Berücksichtigung steigender Zahlen von Risikopatienten geben. Dafür liefern sie einen umfassenden und aktuellen Überblick zu Grundlagen der Anatomie, Physiologie und Pharmakologie, zur Anamnese sowie den verschiedenen Möglichkeiten der Schmerzausschaltung und der zahnärztlichen Begleitmedikation. Abschließend werden auch potenzielle Komplikationen thematisiert. Jedes Kapitel endet mit Fragen zur Lernkontrolle, die im Anhang aufgelöst werden.

ISBN 978-3-86867-623-5



[www.quintessence-publishing.com](http://www.quintessence-publishing.com)