

Hans-Robert Metelmann  
Thomas von Woedtke  
Klaus-Dieter Weltmann  
*Hrsg.*

# Plasmamedizin

Kaltplasma in der medizinischen Anwendung

Mit über 133 größtenteils farbigen Abbildungen

 Springer

# Inhaltsverzeichnis

---

## I Grundlagen und Technologie

*Hans-Robert Metelmann*

<b>1</b>	<b>Einführung in Atmosphärendruck-Plasmaquellen für plasmamedizinische Anwendungen</b> .....	3
	<i>Torsten Gerling, Klaus-Dieter Weltmann</i>	
1.1	Einleitung .....	4
1.1.1	Begriffsdefinition „Plasma“ .....	4
1.1.2	Biomedizinische Anwendungsfelder .....	5
1.1.3	Wirkkomponenten des Plasmas .....	6
1.2	Toolbox von Plasmaquellen bei Atmosphärendruck .....	7
1.3	Herausforderungen und Lösungen .....	9
1.4	Zusammenfassung und Ausblick .....	12
1.5	Danksagung .....	14
	Literatur .....	14
<b>2</b>	<b>Wissenschaftliche Grundlagen, Stand und Perspektiven der Plasmamedizin</b> .....	17
	<i>Thomas von Woedtke, Anke Schmidt, Sander Bekeschus, Kristian Wende</i>	
2.1	Einleitung .....	18
2.2	Plasmamedizin – ein neues Feld medizinischer Forschung und Anwendung .....	18
2.3	Wissenschaftliche Grundlagen der Plasmamedizin .....	19
2.3.1	Grundlegende Mechanismen der biologischen Plasmawirkung .....	20
2.3.2	Risikoabschätzung .....	24
2.3.3	Zellbiologische Grundlagen der plasmaunterstützten Wundheilung .....	25
2.4	Perspektiven und aktuelle Herausforderungen der Plasmamedizin .....	27
2.5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	29
	Literatur .....	30
<b>3</b>	<b>Niedertemperaturplasma: Eigenschaften, Wirkungen und Gerätetechnik</b> .....	33
	<i>Andreas Helmke</i>	
3.1	Niedertemperaturplasma .....	34
3.2	Ausgewählte Plasmamesstechniken .....	34
3.3	Biologisch nutzbare Plasmaeigenschaften .....	36
3.3.1	Antimikrobielle Wirkung .....	36
3.3.2	Wirkung auf eukaryotische Zellen .....	36
3.3.3	Wirkung auf Flüssigkeiten .....	37
3.3.4	Klinische Daten .....	37
3.4	Technische Gerätekonzepte .....	38
3.4.1	Direkte Plasmaquellen .....	38
3.4.2	Indirekte Plasmaquellen .....	39
3.4.3	Steuergeräte .....	40

3.5	Therapeutische Plasmamedizinprodukte .....	41
3.6	Danksagung .....	42
	Literatur .....	43

## II Klinische Anwendungen

*Hans-Robert Metelmann*

4	<b>Antimikrobielle Wirksamkeit von Plasma</b> .....	51
	<i>Georg Daeschlein</i>	
4.1	Einleitung .....	52
4.2	Warum Plasma .....	52
4.3	Weltweite zunehmende Resistenzprobleme .....	52
4.4	Nicht nur Bakterien sind ein Problem .....	53
4.5	Antimikrobielle Anwendungen .....	53
4.6	Gefahren durch Resistenzbildung? .....	54
4.7	Empfindlichkeitsprüfung im Labor .....	54
4.8	Antimikrobielle Behandlungspraxis .....	56
4.9	Wirksamkeit gegen MRSA in vitro .....	57
4.10	Wirksamkeit gegen Enterokokken in vitro .....	57
4.11	Wirksamkeit in vivo .....	58
4.12	Praktische Konsequenzen .....	59
4.13	Offene Fragen .....	60
	Literatur .....	61
5	<b>Plasmabehandlung von Ulzera</b> .....	63
	<i>Georg Isbary, Tetsuji Shimizu</i>	
5.1	Ulzera .....	64
5.1.1	Antimikrobielle Therapie .....	65
5.1.2	Verbesserung des Wundmilieus/Einfluss auf die Wundphasen .....	68
5.2	Klinische Wundheilungsstudien mit atmosphärischen Niedertemperaturplasmen .....	68
	Literatur .....	70
6	<b>Plasmabehandlung von Wunden</b> .....	73
	<i>Regina Tiede, Steffen Emmert</i>	
6.1	Ätiologie chronischer Wunden .....	74
6.2	Stadien der Wundheilung .....	77
6.2.1	Hämostase und Inflammation .....	77
6.2.2	Reepithelialisierungsphase .....	78
6.2.3	Remodellierung .....	78
6.3	Moderne Wundbehandlung .....	78
6.4	Zulassungsstudie für ein plasmamedizinisches Gerät zur Behandlung von chronischen Wunden .....	80
6.5	Sicherheits- und Wirksamkeitsaspekte als Basis zur Normung von plasmamedizinischen Geräten .....	84
	Literatur .....	86

<b>7</b>	<b>Kaltes Atmosphärendruckplasma im Einsatz in der Chirurgie</b> .....	91
	<i>Lars Ivo Partecke, Kim R. Liedtke</i>	
7.1	<b>Einleitung</b> .....	92
7.2	<b>Chirurgische Einsatzmöglichkeiten nichtthermischer Plasmen</b> .....	92
7.2.1	Einsatzmöglichkeiten in der Tumorchirurgie .....	93
7.2.2	Einsatzmöglichkeiten zur Blutgerinnung .....	93
7.2.3	Implantate in der Chirurgie .....	94
7.2.4	Weitere Einsatzmöglichkeiten in der Traumatologie/Orthopädie .....	96
7.3	<b>Ausblick</b> .....	97
	<b>Literatur</b> .....	97
<b>8</b>	<b>Palliative Plasmabehandlung von Kopf-Hals-Tumoren und kurative Konzepte</b> .....	99
	<i>Christian Seebauer, Hiromasa Tanaka, Masaru Hori, Hans-Robert Metelmann</i>	
8.1	<b>Grundlagen</b> .....	100
8.2	<b>Palliative Anwendung</b> .....	101
8.2.1	Wirksamkeit .....	101
8.2.2	Nebenwirkungen .....	102
8.2.3	Nutzen für den Patienten .....	103
8.3	<b>Kurative Konzepte</b> .....	103
8.3.1	Tumormodell .....	104
8.3.2	Tumorverhalten .....	105
8.3.3	Nutzen für die Forschung .....	106
	<b>Literatur</b> .....	107
<b>9</b>	<b>Plasmaanwendung in der Herzchirurgie</b> .....	111
	<i>Lutz Hilker, Thomas von Woedtke, Rüdiger Titze, Klaus-Dieter Weltmann, Wolfgang Motz, Hans-Georg Wollert</i>	
9.1	<b>Wundheilungsstörungen in der Herzchirurgie</b> .....	112
9.2	<b>Klinische Erfahrungen mit der Anwendung von Atmosphärendruckplasma (CAP)</b> ....	112
9.2.1	Patient 1: Ulcus cruris bei peripherer arterieller Verschlusskrankheit .....	113
9.2.2	Patient 2: Intertriginöse Mykosen vor geplantem transfemoralem Aortenklappenersatz .....	113
9.2.3	Patient 3: Beginnende Driveline-Austrittsstellen-Infektion bei einem Patienten mit Linksherzunterstützungssystem .....	114
9.2.4	Patient 4: Submammäre Mykosen bei kritisch kranken Intensivpatienten .....	115
9.3	<b>Derzeitige Limitationen und Risiken der Plasmatherapie</b> .....	115
9.3.1	Ozonkonzentrationen unter Plasmadaueranwendung .....	118
9.4	<b>Ausblick</b> .....	119
	<b>Literatur</b> .....	120
<b>10</b>	<b>Plasmaanwendungen in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde</b> .....	121
	<i>Lukasz Jablonowski, Rutger Matthes, Kathrin Duske, Thomas Kocher</i>	
10.1	<b>Plasma in der dentalen Implantologie</b> .....	122
10.1.1	Nichtchirurgische Periimplantitistherapie .....	122
10.1.2	Chirurgische Periimplantitistherapie .....	122
10.1.3	Desinfektion mikrobiell kontaminierter Implantate .....	124

10.1.4	Oberflächenmodifikation durch Plasma .....	125
10.1.5	Nebenwirkung von kalten Plasmen auf die Mundschleimhaut .....	126
10.1.6	Resümee und Ausblick.....	127
<b>10.2</b>	<b>Anwendung von Plasma zur Reinigung und Desinfektion von dentalen Prothesen .....</b>	<b>127</b>
10.2.1	Antimikrobielle Wirkung von Plasma an Prothesen .....	129
10.2.2	Veränderung der Oberfläche und Änderung des Adhärenzverhaltens von <i>Candida albicans</i> .....	130
10.2.3	Resümee und Ausblick.....	130
<b>10.3</b>	<b>Plasma in der Endodontologie .....</b>	<b>131</b>
10.3.1	Antimikrobielle Wirkung von Plasma im Wurzelkanal .....	131
10.3.2	Resümee und Ausblick.....	132
<b>10.4</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>132</b>
	<b>Literatur.....</b>	<b>132</b>
<b>11</b>	<b>Aktueller und perspektivischer Einsatz kalter Plasmen aus hygienischer Indikation .....</b>	<b>137</b>
	<i>Axel Kramer, Rutger Matthes, Sander Bekeschus, Claudia Bender, Matthias Napp, Olaf Lademann, Klaus-Dieter Weltmann</i>	
<b>11.1</b>	<b>Für hygienische Anwendungen wichtige Eigenschaften kalter Plasmen .....</b>	<b>139</b>
11.1.1	Temperatur .....	139
11.1.2	Antimikrobielle Wirksamkeit .....	139
11.1.3	Veränderung der Stoffwechselleistung von Mikroorganismen.....	140
11.1.4	Antivirale Wirksamkeit .....	140
11.1.5	Wirksamkeit gegen Parasiten.....	140
11.1.6	Einfluss auf Entzündungsprozesse .....	140
11.1.7	Veränderung von Oberflächen .....	140
11.1.8	Einsatzbereiche .....	141
<b>11.2</b>	<b>Dekontamination auf unbelebten Oberflächen und von Flüssigkeiten .....</b>	<b>142</b>
11.2.1	Sterilisation .....	142
11.2.2	Aufbereitung von Medizinprodukten mit kalten Atmosphärendruckplasmen .....	143
11.2.3	Dekontamination von Lebensmitteln und Verpackungsmaterialien.....	143
11.2.4	Abwasserreinigung.....	144
11.2.5	Dekontamination von Böden .....	144
11.2.6	Weitere Anwendungsmöglichkeiten.....	145
<b>11.3</b>	<b>Plasmabasierte Oberflächenmodifikation und -funktionalisierung.....</b>	<b>145</b>
<b>11.4</b>	<b>Einsatz in Umwelttechnologien.....</b>	<b>145</b>
11.4.1	Geruchsbeseitigung, Luftreinigung und Luftdekontamination .....	145
11.4.2	Einsatz für biotechnologische Prozesse .....	146
<b>11.5</b>	<b>Einsatz auf der Körperoberfläche.....</b>	<b>146</b>
11.5.1	Wundbehandlung .....	146
11.5.2	Händedekontamination .....	147
11.5.3	Präoperative Hautantiseptik .....	148
11.5.4	Dekolonisation von MRSA .....	148
11.5.5	Orale Plasmaanwendungen.....	148
<b>11.6</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>149</b>
	<b>Literatur.....</b>	<b>149</b>

### III Anwendungshorizont

*Hans-Robert Metelmann*

<b>12</b>	<b>Perspektiven für Prävention und Therapie der Zahnkaries</b> .....	159
	<i>Stefan Rumpf, Thomas Arnold, Antje Lehmann, Axel Schindler</i>	
12.1	Karies .....	160
12.2	Kariesprävention und -therapie .....	160
12.3	Schmelz und Dentin .....	160
12.4	Perspektiven des Einsatzes kalter atmosphärischer Plasmen für Kariesprävention und -therapie .....	161
12.4.1	Oberflächendesinfektion und Biofilmbekämpfung .....	161
12.4.2	Desinfektion von Dentin .....	162
12.4.3	Verbesserung der Zahn-Komposit-Interaktion .....	162
12.4.4	Reaktion der Pulpa .....	163
12.5	Prinzipielle Probleme beim Einsatz von Plasmamedizingeräten in der Kariologie .....	163
12.6	Anforderungen an Plasmageräte für die Karies- und Füllungstherapie .....	163
	Literatur .....	164
<b>13</b>	<b>Anwendungsmöglichkeiten in der Kieferorthopädie</b> .....	167
	<i>Philine Metelmann, Henry Ong, Karl-Friedrich Krey</i>	
13.1	Antimikrobielle Wirksamkeit .....	168
13.1.1	Besondere Aspekte der Mundhygiene während kieferorthopädischer Behandlung .....	168
13.1.2	CAP als wirksames Instrument zur Unterstützung der Mundhygiene .....	169
13.1.3	Anwendungsmöglichkeiten von CAP zur Biofilmreduktion in der Kieferorthopädie .....	170
13.2	Oberflächenkonditionierung .....	171
13.2.1	Aspekte kieferorthopädischer Adhäsivsysteme .....	171
13.2.2	CAP zur Verbesserung adhäsiver Eigenschaften .....	172
13.3	Wundheilung .....	172
	Literatur .....	173
<b>14</b>	<b>Stimulation der Penetration topisch applizierter Substanzen durch Wechselwirkung von körperwarmen Plasmen mit der Haut</b> .....	177
	<i>Jürgen Lademann, Axel Kramer, Olaf Lademann, Klaus-Dieter Weltmann</i>	
14.1	Einleitung .....	178
14.2	Stimulation der Penetration topisch applizierter Substanzen durch kalte Plasmen unter In-vitro-Bedingungen .....	179
14.3	Stimulation der Penetration topisch applizierter Substanzen durch kalte Plasmen unter In-vivo-Bedingungen .....	181
14.4	Einsatz von Nanocontainern zur Wirkstoffzufuhr .....	182
14.5	Zusammenfassung .....	182
	Literatur .....	182
<b>15</b>	<b>Ästhetische Plasmamedizin</b> .....	185
	<i>Hans-Robert Metelmann, Roya Kahlili, Fred Podmelle</i>	
15.1	Einleitung .....	186
15.2	Indikationsgebiet: infektionsgefährdete Hautläsionen .....	186
15.3	Indikationsgebiet: infizierte Wunden .....	187
15.4	Forschungsfeld: Verbesserung des Narbenbildes .....	188

15.5	<b>Forschungsfeld: Wirkstoffeintrag in die Haut</b> .....	188
15.6	<b>Konzeptidee: Hautstraffung</b> .....	188
15.7	<b>Risikobewertung und Risikomanagement</b> .....	189
15.8	<b>Zusammenfassung</b> .....	190
	<b>Literatur</b> .....	190
<b>16</b>	<b>Immunologie</b> .....	193
	<i>Kai Masur</i>	
16.1	<b>Einführung</b> .....	194
16.2	<b>Das Immunsystem und die beteiligten Zellen</b> .....	194
16.3	<b>Reaktive Spezies in der Immunabwehr</b> .....	195
16.4	<b>Plasmamedizin, kalte Plasmen und Immunzellen</b> .....	196
	<b>Literatur</b> .....	198
<b>IV</b>	<b>Praktische Hinweise</b>	
	<i>Hans-Robert Metelmann</i>	
<b>17</b>	<b>Qualitätsmanagement durch postgraduale Weiterbildung</b> .....	201
	<i>Stefan Hammes, Hans-Robert Metelmann, Ulrich Westermann</i>	
17.1	<b>Qualitätsstandards</b> .....	202
17.2	<b>Diploma in Aesthetic Laser Medicine</b> .....	204
17.2.1	Dies academicus .....	204
17.2.2	Hospitation .....	204
17.2.3	Studium generale .....	205
17.2.4	Examen .....	205
17.2.5	Individualisierung des Curriculums .....	205
17.2.6	Studienorganisation .....	205
17.3	<b>Diploma in Aesthetics and Laser Medicine</b> .....	206
17.4	<b>Zusammenfassung</b> .....	206
	<b>Literatur</b> .....	206
<b>18</b>	<b>Abrechnungsaspekte</b> .....	209
	<i>Stefan Hammes, Hans-Robert Metelmann</i>	
18.1	<b>Allgemeines</b> .....	210
18.2	<b>EBM</b> .....	210
18.3	<b>GOÄ</b> .....	210
18.3.1	Laserziffern der GOÄ .....	210
18.3.2	Analogabrechnung von Plasmabehandlungen .....	211
18.4	<b>GOZ</b> .....	212
18.5	<b>Zusammenfassung</b> .....	212
	<b>Literatur</b> .....	212
<b>19</b>	<b>Plasmamedizingeräte auf dem deutschen Markt</b> .....	213
	<i>Renate Schönebeck, Dirk Wandke</i>	
19.1	<b>klNPen MED®</b> .....	214
19.1.1	Argon-Plasmajet klNPen® MED der Firma neoplas-tools GmbH .....	214

<b>19.2</b>	<b>PlasmaDerm®</b> .....	216
19.2.1	PlasmaDerm® – Einfach und effektiv in Wundheilungsförderung und Keimreduktion.....	216
19.2.2	Gerätetechnik.....	216
19.2.3	Mode of Action.....	217
19.2.4	Anwendung und Therapieempfehlung .....	217
19.2.5	Indikationen .....	218
19.2.6	Anwendungssicherheit .....	219
19.2.7	Studienlage.....	219
19.2.8	Zusammenfassung der PlasmaDerm®-Therapie auf einen Blick.....	220
	<b>Literatur</b> .....	220
	<b>Serviceteil</b> .....	223
	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	224