

# **Inhaltsverzeichnis**

Vorwort .....	3
---------------	---

## **Kapitel I**

Funktionelle Otoplastiken .....	13
---------------------------------	----

1. Einführung .....	13
2. Geschichtliche Vorbetrachtung .....	15
2.1 Die Ohr-Olive .....	15
2.2 Die Maß-Otoplastik .....	17
2.3 Das PNP-Verfahren .....	18
2.4 Das Secret-Ear .....	19
2.5 Die IdO-Otoplastik .....	23
3. Der heutige Stand und die weitere Entwicklung .....	24

## **Kapitel II**

Ohrmuschel und Gehörgang .....	27
--------------------------------	----

1. Anatomie des äußeren Ohres .....	27
2. Pathologie des äußeren Ohres im Überblick .....	31
3. Bewegungen des Ohres (Gehörgang und Ohrmuschel) .....	33
4. Cerumen .....	37
5. Schweiß .....	38
6. Cerumen-Schutzsysteme .....	39
7. Die notwendige Belüftung des Gehörganges .....	41

<b>Kapitel III</b>	
<b>Der perfekte Sitz einer Otoplastik . . . . .</b>	<b>45</b>
1. Die funktionelle Otoplastik . . . . .	45
2. Probleme bei schlechtem Sitz . . . . .	46
2.1 Zu große, dicke Otoplastiken durch Tauchwachsen oder Offset . . . . .	46
2.2 Cym-Ca-Effekt . . . . .	47
2.3 Con-Ca-Effekt . . . . .	51
2.4 Verformung von PMMA-Rohlingen (Acryl) in weichen Negativformen . . . . .	54
3. Module einer Otoplastik . . . . .	55
3.1 Der Konus, das wichtigste Modul . . . . .	55
3.2 Halteflächen . . . . .	56
3.3 Kraftleiter für Otoplastiken, die den Halt in der Ohrmuschel finden . . . . .	60
3.4 Zapfen . . . . .	62
4. Akustische Abdichtung . . . . .	64
5. Rückkopplung (Feedback) . . . . .	66
6. Okklusion . . . . .	68
7. Harte oder weiche Otoplastiken, was ist besser? . . . . .	74
8. Kontrolle und Anprobe . . . . .	77
<b>Kapitel IV</b>	
<b>Von der Akustik der Ohrankopplung zur »Leichtigkeit des Hörens« . . . . .</b>	<b>79</b>
1. Akustik oder Kosmetik? . . . . .	79
2. Schall im offenen äußereren, unversorgten Gehörgang . . . . .	82
3. Wir verschließen den Gehörgang . . . . .	87
4. Wie verändert eine eingesetzte Otoplastik die REUG im Gehörgang? . . . . .	88
5. Nutzung der Resonanz durch die Hohlkanal-Otoplastik (nach Dr. Fiedler) . . . . .	88
6. Die Akustik des Schallkanals . . . . .	91
7. Impedanz und Resonanzspitzen dämpfende Filterelemente . . . . .	93
8. Akustik der dünnen Schläuche (Slim-Tube) . . . . .	96
9. Hornschlauch nach Libby und Hornwinkel nach Bakke sind akustisch sinnvoll	99
10. Die Einführungstiefe . . . . .	101
11. Positionierungsfehler bei offenen Versorgungen . . . . .	103
12. Otoplastiken sollen offen sein: Der Ventkanal . . . . .	106
13. Ex-Hörer (RIC) und IdO-Geräte . . . . .	119
14. Domes (Schirmchen) . . . . .	120
15. Akustisch nur das Beste . . . . .	121

**Kapitel V**

<b>Werk- und Hilfsstoffe .....</b>	<b>125</b>
1. Was sind Werkstoffe, was Hilfsstoffe?.....	125
1.1 Ein wenig Chemie muss sein .....	126
1.1.1 Atomaufbau .....	127
1.1.2 Was hält die Atome zusammen?.....	128
1.2 Kleine Chemie der Kunststoffe .....	133
1.2.1 Im Molekülverband der Kunststoffe .....	133
1.2.2 Synthese-Reaktionen und Steuerung .....	136
2. Werk- und Hilfsstoffe in der Ohr-Abformtechnik .....	140
2.1 Ohr-Abformmaterialien .....	140
2.2 Additionsvernetzendes Silikon-Abformmaterial .....	141
2.3 Mechanisches Verhalten der Silikon-Abformmaterialien .....	142
2.3.1 Fließverhalten, Viskosität und Konsistenz .....	142
2.3.2 Reißfestigkeit und Weiterreißfestigkeit .....	144
2.3.3 Shore-Härte .....	145
2.3.4 Druckverformungsrest .....	145
2.3.5 Polymerisationskontraktion .....	145
2.3.6 Katalysatorsysteme und Vernetzer für die Kaltvulkanisation .....	145
2.4 Watte, Faden, Hautreinigungs- und Antihäfmittel .....	146
3. Werk- und Hilfsstoffe für die Negativherstellung .....	146
3.1 Gips .....	147
3.2 Gipshaltige und gipsfreie Einbettmassen .....	149
3.3 Silikonkautschuk .....	150
3.4 Agar-Agar .....	150
3.5 Alginat .....	152
4. Werk- und Hilfsstoffe für die Rohling-Herstellung .....	153
4.1 Polymethylmethacrylat .....	153
4.2 Urethan-Acrylat (Lichtpolymerisat, Fotoplast) .....	156
4.3 Heiß-Silikon .....	157
4.4 Thermoelastisches Polyurethan .....	158
4.5 Metalle .....	159
4.5.1 Edelstahl .....	160
4.5.2 Titan .....	160
5. Hilfsstoffe .....	162
5.1 Lacke .....	162
5.2 Wachse .....	165
5.3 Klebstoffe .....	165
5.4 Schleif- und Poliermittel .....	166
5.5 Isolierstoffe .....	167
5.6 Lösungsstoffe und Glanzstoffe .....	168
5.7 Reinigungs- und Desinfektionsmittel .....	168

## **Kapitel VI**

### **Ohrabformung als Grundlage für ein passgenaues Ohrstück . . . . . 171**

1. Vorbereitung des Ohres für die Abformung . . . . .	172
1.1 Das audiologische Vorgespräch . . . . .	172
1.2 Otoskopie . . . . .	174
1.3 Die Tampon-Sicherung . . . . .	178
1.4 Schaumstoff-Pads . . . . .	181
2. Abform-Methoden . . . . .	182
2.1 Abformung mit Injektpistole und Statikmischer . . . . .	182
2.2 Doppelkolbenspritze, noch aktuell? . . . . .	184
3. Ohr-Abformtechnik mit System . . . . .	186
4. Typische Fehler bei der Ohrabformung . . . . .	194

## **Kapitel VII**

### **Scannen, Virtuelles Design, Generative Fertigung und 3-D-Fräsen . . . . . 197**

1. CAM-Otoplastiken . . . . .	197
1.1 Die Vorarbeit: Ohrabformung und Scannen . . . . .	198
1.2 CAD von funktionsfähigen Otoplastiken . . . . .	200
1.3 SDH (Self Discovering Hold, Voogdt, 2010) . . . . .	202
2. Mit CAM-Verfahren zu funktionsfähigen Otoplastiken . . . . .	208
2.1 Selektives Lasersinter-Verfahren (SLS) . . . . .	208
2.2 Stereolithografie (SLA) . . . . .	210
2.3 Direct Light Processing (DLP) . . . . .	211
2.4 Multi-Jet-Modeling (MJM) . . . . .	213
2.5 Laser-Melting-Verfahren (SLM) . . . . .	213
3. 3-D-Fräsen . . . . .	214

## **Kapitel VIII**

### **Handwerkliche Alternative: PNP-Verfahren . . . . . 217**

1. Einführung . . . . .	217
2. PNP-Verfahren . . . . .	217
2.1 Druckpolymerisation . . . . .	218
2.2 Membranverfahren . . . . .	219
2.3 Beschneiden der Ohrabformung . . . . .	219
2.4 Tauchwachsen oder dünn mit Vaseline isolieren . . . . .	221

---

2.5 Negativherstellung . . . . .	224
2.5.1 Negativ aus Gips . . . . .	225
2.5.2 Negativ aus Silikonkautschuk . . . . .	226
2.5.3 Negativ aus Agar-Agar . . . . .	227
2.5.4 Generativ erstellte Negative . . . . .	229
2.6 Rohlingherstellung . . . . .	229
2.6.1 Rohlingherstellung mit Polymethylmethacrylat . . . . .	230
2.6.1.1 Rohlingherstellung mit Kaltpolymerisat . . . . .	230
2.6.1.2 Rohlingherstellung mit Heißpolymerisat . . . . .	231
2.6.2 Rohlingherstellung mit Lichtpolymerisat . . . . .	233
2.6.3 Rohlingherstellung mit HTV- und RTV-Silikonkautschuk . . . . .	236
2.6.4 Rohlingherstellung im Schleudergussverfahren . . . . .	237
2.6.5 Vom Galvanisieren bis zur Galvano-Otoplastik . . . . .	239

## Kapitel IX

### Handwerkliche Alternative: Manuelles Fräsen zur Maß-Otoplastik . . . . .

1. Einführung . . . . .	245
2. Spanabhebende Bearbeitung von Kunststoffen . . . . .	245
2.1 Die Technikmaschine . . . . .	245
2.2 Rotierende Werkzeuge . . . . .	246
2.3 Woraus bestehen die Werkzeuge? . . . . .	247
2.3.1 Werkzeugstahl . . . . .	247
2.3.2 Hartmetall . . . . .	248
2.3.3 Diamant . . . . .	248
2.3.4 Keramik-Bindung . . . . .	248
2.3.5 Elastomere Bindung . . . . .	249
2.3.6 Filzpolierer, Flanell-, Leinen-, Leder- und Wollschwabbel . . . . .	250
2.3.7 Träger oder Mandrelle . . . . .	250
2.4 Schneidengeometrie . . . . .	251
3. Ausarbeitung . . . . .	256
3.1 Markierung der Gradlinie sowie der äußeren Begrenzung . . . . .	257
3.1.1 Der Fräsvorgang . . . . .	259
3.1.2 Bohrungen . . . . .	266
3.2 Otoplastiken für die offene Anpassung . . . . .	268

<b>Kapitel X</b>	
<b>Sonderformen .....</b>	<b>271</b>
1. Die Stütz-Otoplastik .....	271
1.1 Herstellung einer Stütz-Otoplastik .....	271
2. In-Ear-Monitoring und Headsets .....	272
3. Otoplastiken für ein modernes Knochenleitungshörgerät .....	273
4. Die Richtotoplastik .....	274
5. Epithesen und Obturatoren .....	275
5.1 Herstellung einer Ohr-Epithese .....	276
5.2 Hörgeräteversorgung am Epithesenohr .....	278
6. Schutz-Otoplastiken für das Tauchen, beim Fliegen und beim Surfen .....	279
 <b>Kapitel XI</b>	
<b>Ex-Hörer und IdO-Otoplastiken .....</b>	<b>281</b>
1. Einführung .....	281
2. Ex-Hörer-Otoplastiken .....	281
3. IdO-Hohlschalen .....	284
3.1 Handwerkliche Herstellung von Custom-made-IdO-Schalen .....	286
3.1.1 IdO-Schale aus lichtpolymerisierendem Urethan-Acrylat .....	287
3.1.2 IdO-Schale aus Polymethylmethacrylat – beige eingefärbtes Kaltpolymerisat .....	288
3.2 Bearbeitung der IdO-Hohlschale und Montage .....	289
3.3 Herstellung einer Vent .....	293
3.4 Die IROS-Version .....	295
3.5 CIC-Otoplastik .....	295
3.6 Deep Canal and deeper .....	298
3.7 CIC, Deep Canal und die Anatomie der Gehörgänge .....	298
3.8 CIC und Deep Canal gemäß den anatomischen Voraussetzungen .....	301
3.9 Typische Fehler .....	304

---

<b>Kapitel XII</b>	
<b>Kinder-Otoplastiken . . . . .</b>	<b>307</b>
1. Einführung . . . . .	307
2. Besonderheiten der Kinderohren . . . . .	308
3. Herstellung von Otoplastiken für Kinder . . . . .	310
3.1 Ohrabformung . . . . .	310
3.1.1 Abformmaterialien für die Ohrabformung von Kinderohren . . . . .	311
3.1.2 Abformspritze . . . . .	312
3.1.3 Vorgespräch und Einweisung . . . . .	313
3.1.4 Otoskopie und Vorbereitung des Ohres . . . . .	314
3.1.5 Abformung . . . . .	315
3.1.6 Herstellung der Kinder-Otoplastik . . . . .	316
3.2 Circumaurale Ohrabformung . . . . .	320
3.2.1 Die Durchführung der Abformung . . . . .	320
3.2.2 Bearbeitung der Abformung und Herstellung der circumauralen Otoplastik . . . . .	322
3.3 Halte-Otoplastiken für CI-versorgte Kinder . . . . .	323
3.4 Hygiene und Kontrolle der Otoplastik . . . . .	324
<b>Kapitel XIII</b>	
<b>Der individuelle Gehörschutz . . . . .</b>	<b>327</b>
1. Einführung . . . . .	327
2. Lärm und seine Wirkung auf den Menschen . . . . .	328
3. Der persönliche Gehörschutz . . . . .	330
3.1 Persönliche Gehörschutzzarten . . . . .	331
3.2 Vorschriften in der EU . . . . .	333
4. Die Herstellung von Gehörschutz-Otoplastiken . . . . .	334
4.1 Ohrabformungen . . . . .	334
4.2 Gehörschutz-Otoplastik aus lichthärtendem Kunststoff . . . . .	335
4.3 Die Hygiene . . . . .	335
4.4 Dämmwirkung und Filterelemente . . . . .	336
4.5 Beschriftung, Detektionskörper und Verbindungskordel . . . . .	339
4.6 Eine clevere Zwitterlösung . . . . .	339
4.7 Der bequeme Gehörschutz für den privaten Gebrauch . . . . .	339
4.8 Aktive Gehörschutz-Otoplastiken für den Privatbereich . . . . .	340
4.9 Passive Impulsschall-Filter . . . . .	342

<b>Kapitel XIV</b>	
<b>Montage und Anprobe .....</b>	<b>343</b>
1. Schallschlauchmontage .....	343
2. Einbau eines Otoplastik-Winkels.....	344
3. Hornschlauch und Hornwinkel .....	344
4. CROS-Schlauch .....	345
5. Die Anprobe .....	347
6. Schlauchwechsel .....	347
7. Slim-Tube und RIC-Kabel .....	347
7.1 Slim-Tube mit Audio-Fix-System .....	348
7.2 Schlauch in Schlauch .....	349
7.2.1 Slim-Tube im Standardschlauch .....	349
7.2.2 Slim-Tube im Silikonschlauch .....	349
<b>Kapitel XV</b>	
<b>Gefährliche Arbeitsstoffe und Hygienemaßnahmen .....</b>	<b>351</b>
1. Gefährliche Arbeitsstoffe .....	351
2. Leichtfertiger Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen .....	353
3. PMMA-Pulver und Frästaub .....	356
4. Schutzausrüstung .....	357
4.1 Absaugung .....	357
4.2 Feinstaubmasken .....	357
4.3 Schutzbrille .....	359
5. Hygiene, mehr als nur eine lästige Forderung .....	362
<b>Anhang .....</b>	<b>373</b>
Kunststoffe mit ihren Abkürzungen .....	373
Sicherheitsmerksätze für die Arbeit im Labor .....	374
Normenverzeichnis .....	375
Bildnachweise .....	376
Literaturangaben .....	377
Glossar .....	379
Stichwortverzeichnis .....	399
Zum Autor .....	408