

# oto · Rhino · Laryngologia

Europäische Zeitschrift  
für Praxis,  
Klinik und Forschung



Meyer, R.; Mayer, B. (Lausanne/Berlin)	<b>Hidden Columella – Raffinesse der funktionellen und ästhetischen Korrektur</b> (Hidden Columella – Finesse of Functional and Aesthetic Correction)	225
Berghaus, A. (Berlin)	<b>Eine neue Trachealprothese.</b> Experimentelle und erste klinische Erfahrungen (A New Tracheal Prosthesis. Experimental and First Clinical Results)	232
Höing, R. (Münster)	<b>Diagnostische und differentialdiagnostische Überlegungen zum Cogan-Syndrom</b> (Reflections on Diagnosis and Differential Diagnosis of Cogan's Syndrome)	238
Neiger, M.; Dubey, Y. (Bern/Nyon)	<b>Symptomatische Behandlung der akuten Rhinitis mit Nasentropfen: Vergleichsstudie über Wirksamkeit und Verträglichkeit von Zy 15098 (Vibrocil® ohne Neomycin) und Nasivin®.</b> Eine randomisierte doppelblinde Multizenterstudie (Symptomatic Treatment of Acute Rhinitis with Nasal Drops)	244
Lacroix, J.S.; Buvelot, J.-M.; Pampurik, J.; Lundberg, J.M. (Genève/Stockholm)	<b>Symptomverbesserung bei nichtallergischer Rhinitis durch lokale Capsaicinbehandlung</b> (Improvement of Symptoms of Nonallergic Chronic Rhinitis by Local Treatment with Capsaicin)	248
Gobsch, H.; Tietze, G. (Erfurt)	<b>Gesichtspunkte bei der Spektralanalyse zeitverzögerter evozierter otoakustischer Emissionen</b> (Spectral Analysis of Delayed Evoked Otoacoustic Emissions)	253
Gstoettner, W.; Steurer, M.; Baumgartner, W.; Neuwirth-Riedl, K. (Wien)	<b>Sprachverständlichkeitsmessungen mit dem modifizierten Sotscheck-Test</b> (Speech Discrimination Scores Using the Modified Sotscheck Test)	258
Klima, A.; Bergmann, L.; Szepesi, S. (Frankfurt am Main)	<b>Spätergebnisse einer Polychemo- und Radiotherapie bei inoperablen fortgeschrittenen Kopf-Hals-Tumoren</b> (Long-Term Follow-Up after Combined Chemo- and Radiotherapy in Stage IV Squamous Cell Carcinoma of the Head and Neck)	262
Pellant, A.; Frank, M.; Juran, J.; Horecký, D.; Jirousek, Z. (Hradec Králové)	<b>Frakturen der Mittel- und Oberetage des Gesichts, verbunden mit Verletzungen der Orbita</b> (Mid- and Upper-Third Facial Fractures Combined with Injuries of the Orbit)	268
Olszewski, J.; Zalewski, P.; Markucki, S. (Łódź)	<b>Anatomische Grundlagen zur selektiven Blockade der Sympathikusfasern für die Behandlung otolaryngologischer Krankheiten</b> (Anatomical Conditions for the Selective Blockade of Sympathetic Fibers for the Treatment of Otolaryngological Diseases)	272
Pap, U.; Kun, K.; Lampé, I. (Debrecen)	<b>Audiometrische Siebuntersuchung der Debrecener Kinder von 1983 bis 1988</b> (Audiometric Screening Examination of Children in Debrecen between 1983 and 1988)	276
	Kongresskalender	231, 280

ISSN 1014-8221  
OTNOEQ  
2(5) 225-280 (1992)

S. Karger  
Verlag für Medizin und  
Naturwissenschaften  
Basel · Freiburg  
Paris · London  
New York · New Delhi  
Bangkok · Singapore  
Tokyo · Sydney

**KARGER**

Alexander Berghaus

HNO-Klinik, Universitätsklinikum Steglitz  
der Freien Universität Berlin, BRD

# Eine neue Trachealprothese

Experimentelle und erste klinische Erfahrungen

## Schlüsselwörter

Trachealstenose  
Trachealersatz  
Künstliche Organe  
In-vitro-Tests  
Tierexperimente  
Klinische Resultate

## Zusammenfassung

Die Behandlung langstreckiger Trachealstenosen gehört immer noch zu den besonders schwierigen Aufgaben der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde. Neben den Erweiterungsplastiken der Trachea, der Therapie mit Platzhaltern und der Segmentresektion kommt die Versorgung mit einer Prothese in Betracht. Die Anforderungen an Trachealprothesen im Hinblick auf Biokompatibilität und physikalische Eigenschaften sind hoch. Ein von uns vorgeschlagenes Implantat wurde bezüglich der Morphologie und der mechanischen Belastbarkeit der menschlichen Trachea nachgebildet. Im Tierversuch konnte diese Prothese als zirkumferenter Luftröhrenersatz verwendet werden. Erste Implantationen bei Patienten führten in zwei von drei Fällen zu einem zufriedenstellenden Abschluss der Stenosebehandlung.

## Fragestellung

Die Behandlung laryngotrachealer Stenosen – die überwiegend Folge von Langzeitintubationen sind – gehört immer noch zu den besonders schwierigen Aufgaben der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie. Dies gilt vor allem für Trachealverengungen von mehr als 3–4 cm Länge. Die am häufigsten eingesetzten Behandlungsverfahren für solche Stenosen sind:

- Erweiterungsplastiken ohne oder mit Knorpelinterposition in den längsgespaltene Stenosebereich als Variationen der Rethi-Technik;
- Platzhalter in L- oder T-Form zur Aufweitung der Engstellen;
- die Resektion mit End-zu-End-Anastomose der Trachea.

Weniger verbreitete Verfahren ergänzen den Rahmen der Therapiemöglichkeiten, wie z.B. die Epiglottisplastik [1], der 'Rotary-door-flap' mit dem M. sternohyoideus [2, 3] oder die Transplantation konservierter Trachealsegmente [4].

Bisher nicht fest etabliert in der Therapie sind selbsthaltende, endotracheale Stents bzw. Endoprothesen [5–7], die mehr für den bronchialen Luftweg entwickelt wurden. Ebenfalls noch in der Entwicklung sind selbsthaltende, endotracheal einzuführende Metallspiralgerüste [8–10]. Diese 'Endoprothesen' weiten Engstellen vom Lumen her auf und unterscheiden sich dadurch von echten Trachealprothesen, die einen zirkumferenten, kompletten Ersatz der Luftröhre anstreben. Als alloplastischer Trachealersatz in diesem Sinne ist bisher nur die sogenannte «Neville-Prothese» [11] im Handel erhältlich, bei deren Anwendung im zerviko-thorakalen Übergangsbereich jedoch wiederholt schwerwiegende Komplikationen beschrieben wurden, wie vor allem ösophago-tracheale Fistelbildungen und lebensbedrohliche Arrosionen grosser Gefässe [12].

Eine funktionsfähige Trachealprothese, bei der die Komplikationsgefahr minimiert ist, wäre jedoch für die Therapie laryngotrachealer Stenosen von hohem Wert, weil es immer noch Fälle von Trachealstenosen gibt, die mit den bekannten Verfahren nicht zufriedenstellend be-

handelbar sind. Wir haben in den vergangenen Jahren eine Luftröhrenprothese entwickelt, von der erste Prototypen ab 1990 klinisch zum Einsatz kamen. Im folgenden werden einige Erkenntnisse über die Anforderungen an eine solche Prothese, die Methodik der experimentellen Prüfung, die Konstruktionsmerkmale der Eigenentwicklung und erste klinische Erfahrungen zusammengefasst dargestellt.

### In-vitro-Messungen

Um die Erfolgsaussichten des Implantates zu steigern, ist es sinnvoll, seine Eigenschaften dem natürlichen Vorbild so weit wie möglich anzupassen. Dies gilt für die Morphologie ebenso wie für mechanisch-physikalische Messwerte.

Aus diesem Grund wurden in Vorversuchen zuerst die mechanischen Eigenschaften postmortal entnommener menschlicher Tracheen gemessen [13, 14]. Hierzu gehörten Untersuchungen des Lastaufnahmeverhaltens bei Zug in Längsrichtung bzw. in a.-p.- und seitlicher Querrichtung. Gerlach hat darüber hinaus Messungen bei Torsion und Biegung durchgeführt. Diese Daten dienen als Grundlagen für die Einstellung der entsprechenden Werte bei künstlichen Luftröhren [15, 16]. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass eine Trachealprothese nicht nur dem physiologischen Gewebedruck und -zug der Umgebung angepasst sein muss. Da die Implantation in eine Wunde mit nachfolgender Narbenkontraktion erfolgt, muss der Luftröhrenersatz deutlich höheren Kräften gewachsen sein, die zudem bei den Patienten interindividuell stark schwanken.

### Konstruktive Merkmale unserer Trachealprothese

Das vorläufige Endergebnis unserer Entwicklungsarbeiten ist eine Trachealprothese, die sich durch folgende Merkmale auszeichnet (Abb. 1):

Die Basis bildet ein zarter Silikonschlauch, der durch Spangen aus porösem Polyethylen (PE) mit eingelassenen Edelmetallfedern stabilisiert wird (Abb. 2a). Die Spangen umgreifen die Prothese nicht vollständig, so dass dorsal eine weiche Membran verbleibt, die dem membranösen Streifen der menschlichen Luftröhre entspricht (Abb. 2b). Die Endstücke der Prothese werden durch Federn verstärkt, die nach dem Einschub in die Trachealstümpfe einer Granulationsstriktur an den Anastomosen entgegenwirken. Aus experimentellen und klinischen Untersuchungen ist bekannt, dass in das poröse PE der Spangen Bindegewebe einwächst, das die Verankerung im Implantatlager verbessert [14].

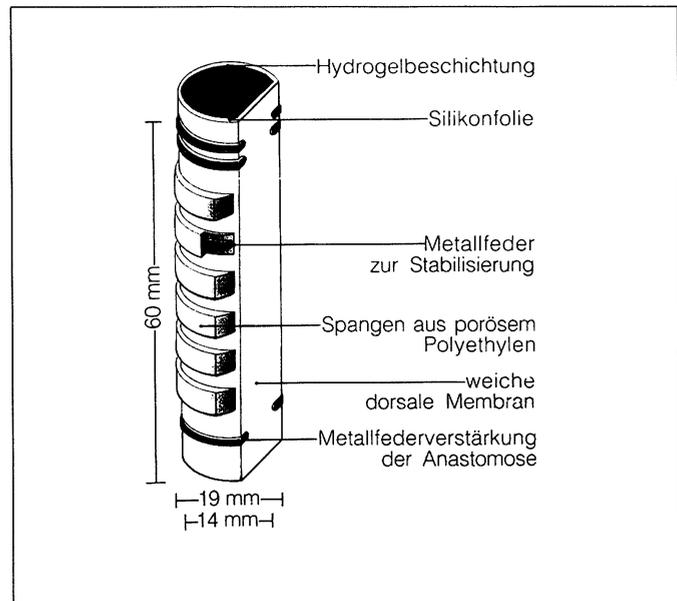


Abb. 1. Merkmale der von uns entwickelten Trachealprothese.

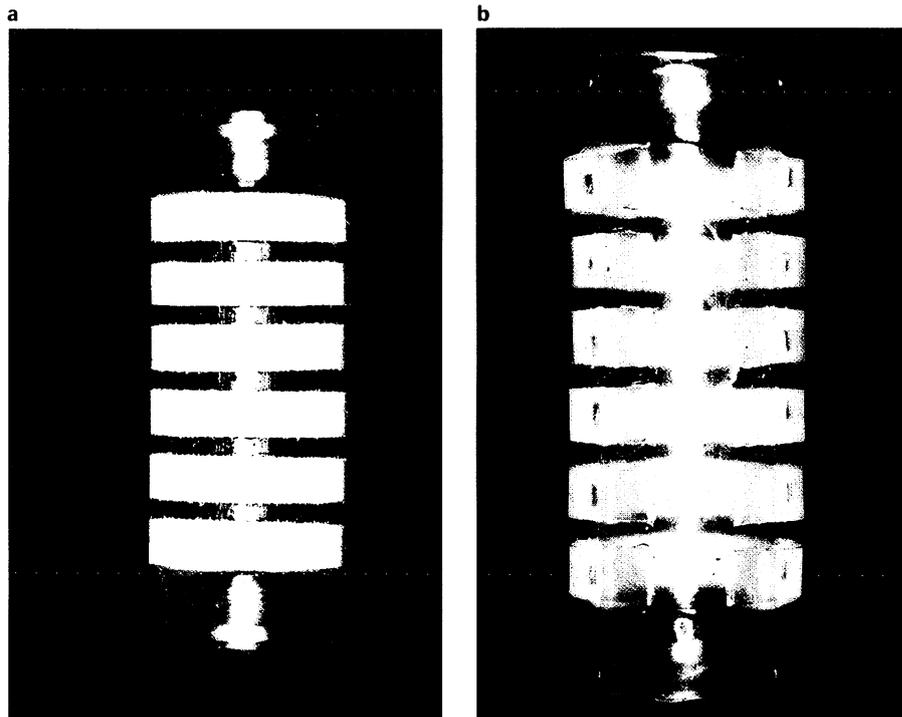
Die mechanischen Eigenschaften der Prothese sind ähnlich den von uns bei menschlichen Tracheen gemessenen Daten [13, 16]. Um dem stärkeren Druck im narbigen Implantatlager Rechnung zu tragen, leistet die Wand gegen seitliche Kompression allerdings einen Widerstand, der etwa zehnmal höher liegt, als es für physiologische Belastungen erforderlich wäre.

Um den passiven Sekrettransport in der Prothese zu erleichtern, wird die innere Oberfläche mit einem Hydrogel beschichtet, das eine molekulare Verbindung mit dem Silikon eingeht. Im feuchten Milieu des Luftweges bleibt diese Beschichtung ständig benetzt, so dass das Gleiten von Sekreten im Atemstrom oder einem Hustenstoss erleichtert wird. Die optimale Zusammensetzung der Hydrogelschicht ist noch Gegenstand der Untersuchung.

### Tierexperimentelle Untersuchungen

Als experimentelles Modell für den Trachealersatz hat sich uns das Hausschwein bewährt [14, 17]. Aus Gründen der praktischen Durchführung haben wir bisher relativ junge Tiere von etwa 45 kg Gewicht gewählt.

In intravenöser Narkose wird über einen ventralen Schnitt in der Medianlinie des Halses die zervikale Trachea dargestellt. Die Schilddrüse wird temporär nach lateral verlagert. Es folgt die Resektion eines 5 cm langen Trachealsegmentes in vollem Umfang unterhalb der ersten Trachealspange. Durch Retraktion der Stümpfe – vor allem nach kaudal – vergrößert sich der Defekt spontan um 1–2 cm.



**Abb. 2. a** Ventralansicht der Prothese.  
**b** Dorsalansicht der Prothese: die Spangen lassen einen weichen, membranösen Bereich unbedeckt.

Seit 1986 kommen nur noch Prothesentypen zur Untersuchung, bei denen je ein durch Metallfeder verstärktes Ende in den kranialen bzw. kaudalen Trachealstumpf eingeschoben wird. Die End-zu-End-Naht mit Polypropylen (Prolene®) verbindet jeweils die letzte Trachealspange mit der äussersten Kunststoffspange der Prothese. An jeder Anastomose werden vier Einzelknopfnähte gelegt. Die Nähte stehen aufgrund der Retraktion des kaudalen Trachealabschnittes unter Spannung, was im Interesse einer möglichst praxisnahen präklinischen Erprobung liegt. Nach sorgfältiger Blutstillung erfolgt schichtweiser Wundverschluss. Perioperativ wird i.m. ein Antibiotikum gegeben.

Bei 10 experimentellen Implantationen einer Spangenhprothese mit hydrophiler Innenschicht ergaben sich folgende Resultate: Die maximale, komplikationslose Verweildauer einer Prothese betrug 18 Monate (danach Abbruch des Versuchs). Im Mittel blieben die Prothesen fünf Monate ohne Komplikationen in situ, es befinden sich jedoch noch sechs Tiere symptomlos im Versuch. Misserfolge waren dreimal auf Verrutschen der Prothese nach kranial oder kaudal mit nachfolgender Stenosierung im Defektbereich zurückzuführen. Kompression, Obstruktion oder ösophago-tracheale Fistelbildung kamen nicht vor.

Bei chirurgischer Exploration 4–5 Monate nach Implantation sahen wir wiederholt, dass sich die Trachealstümpfe durch narbige Kontraktion über der als Schienung dienenden Prothese bis auf 1–2 cm einander genähert hatten [18]. Diese Beobachtung veranlasste uns, in

einigen Fällen die Prothese zu entnehmen, den Residualnarbenbereich zu resezierieren und durch End-zu-End-Naht zu versorgen. Dieses Vorgehen war dann erfolgreich, wenn nach der Segmentresektion noch für weitere zwei Monate ein einfaches Silikonrohr als innere Stütze eingebracht wurde, das dann endoskopisch extrahiert wurde.

Endoskopische Verlaufskontrollen liessen erkennen, dass die hydrophile Beschichtung der Innenoberfläche die Schleimanhaftung in der Prothese deutlich reduzierte. Nur bei zwei von zehn Implantaten war nach vier Monaten überhaupt eine nennenswerte Schleimanhaftung nachweisbar, die aber nicht die gesamte Innenoberfläche betraf und klinisch in keiner Weise wirksam wurde.

### Erste klinische Erfahrungen

Die insgesamt positiven Ergebnisse der tierexperimentellen Studien ermutigten uns, in ausgewählten, besonders verzweifelten Einzelfällen die Trachealprothese klinisch einzusetzen.

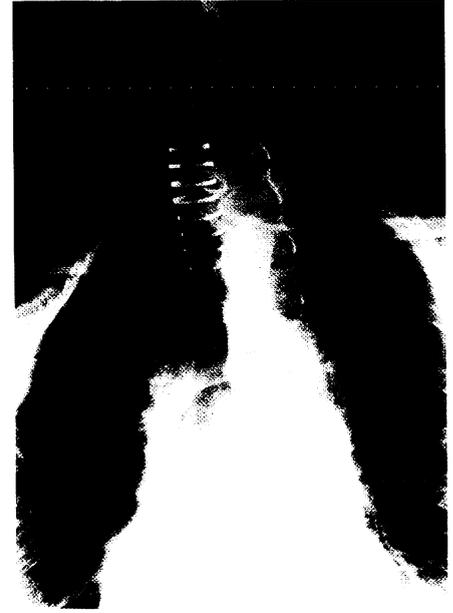
#### 1. Fallbericht

Der Patient E.S., 81 Jahre alt, entwickelte nach supraglottischer Larynx-Teilresektion mit perioperativer Tracheostomie eine therapieresistente Stenose. Mehrfache Dekanülierungsversuche nach Lasertherapie und Platzhalterbehandlung schlugen fehl. Nach Versorgung mit einem Montgomery-T-Röhrchen kam es zu starker Verschleimung und chronischer Entzündung des Tracheostoma, ausserdem war die Stimme schlecht verständlich. Eine starke Sehbehinderung schränkte die Selbstversorgung des Patienten auch im Hinblick

3



4



**Abb. 3.** Röntgendarstellung nach Interposition der Trachealprothese (Patient E.S.). Der in diesem Fall noch verwendete Prothesentyp hatte nur an den Anastomosen je eine Metallfederverstärkung.

**Abb. 4.** Röntgendarstellung nach Interposition einer Prothese mit Metallfederverstärkung (Patientin K.M.)

auf die Pflege von Kanüle und T-Röhrchen erheblich ein, so dass er wiederholt Suizidabsichten äusserte.

Die Segmentresektion mit End-zu-End-Naht erschien uns bei der etwa 5 cm langen Stenose riskant im Hinblick auf eine Aspirationsgefahr, die sich durch Tieferstellung des Larynx bei Zustand nach supraglottischer Larynx-Teilresektion ergeben könnte.

Nach operativer Darstellung des narbigen Trachealsegmentes und Resektion brüchiger und stark entzündlich veränderter Wandanteile fehlten etwa drei Viertel der ventralen Zirkumferenz, die narbig veränderte Hinterwand blieb erhalten. Die Prothese wurde so eingesetzt, dass das kraniale Endstück mit der Federverstärkung in Ringknorpelhöhe lag. So war die Stenose vollständig überbrückt. Nach Fixierung der Prothese mit resorbierbarem Nahtmaterial wurden die Wunde und das ehemalige Tracheostoma mehrschichtig verschlossen.

Postoperative Röntgenkontrollen und Ösophagogramme zeigten den korrekten Sitz der frei durchgängigen Prothese ohne Behinderung des Schluckaktes und ohne Aspiration (Abb. 3). Schon wenige Tage nach dem Eingriff hatten sich Atmung und Phonation normalisiert. Der Allgemeinzustand und die zuvor depressive Stimmungslage des Patienten besserten sich nahezu schlagartig [vgl. 19]. Die noch mit dem Montgomery-Rohr beklagte übermässige Verschleimung ging auf ein normales Mass zurück.

Nach einem halben Jahr rutschte die Prothese um 1,5 cm nach kaudal und wurde deshalb durch eine neue ersetzt, die diesmal mit nicht resorbierbaren Nähten fixiert wurde. Seither war der Verlauf unauffällig.

Endoskopische Kontrollen liessen einen mässigen Schleimbelag in der sonst unauffälligen Prothese erkennen. Der Patient befreite sich einmal täglich durch kräftiges Abhusten von dieser Schleimsammlung. Er verstarb unabhängig von der Behandlung seiner Trachealstenose 20 Monate später an den Folgen eines Magenkarzinoms.

## 2. Fallbericht

Ganz ähnlich gelagert war ein zweiter Fall von trachealer Stenose, ebenfalls nach supraglottischer Larynx-Teilresektion (Patient J.V.). Dieser Patient ist durch radikale Neck dissection beidseits und Zustand nach Schulterfraktur im Schultergürtel so stark in der Bewegung eingeschränkt, dass die Selbstversorgung mit Kanülen und T-Röhrchen nur äusserst mühsam möglich war. Durch Implantation unserer Prothese kam es auch hier zur Normalisierung der Verhältnisse (operatives Vorgehen wie bei Patient E.S.). Nach sieben Monaten wurde in diesem Fall auf Wunsch des Patienten das Implantat wieder entfernt, weil er sich hierdurch eine Linderung von Schmerzen versprach, die im stark traumatisierten Schultergürtel wiederholt auftraten. Nach der Entnahme wurde zunächst wieder ein Tracheostoma angelegt, um für einige Wochen durch Einsetzen eines T-Röhrchens eventuell auftretenden, intraluminalen Schwellungen entgegenzuwirken. Danach konnte das T-Röhrchen gezogen und das Tracheostoma verschlossen werden. Patient J.V. lebt seither über ein Jahr ohne klinische Einschränkung der Atemfunktion oder der Phonation.

## 3. Fallbericht

Ein weiteres Mal kam die Trachealprothese bei einer laryngo-trachealen Doppelstenose zum Einsatz, bei der die Voruntersuchungen den Eindruck erweckten, dass die langstreckige Trachealstenose funktionell von grösserer Bedeutung wäre, als die zweite Engstelle im subglottischen Bereich. Nach Einsetzen des Implantates besserte sich zunächst in der Tat das klinische Bild (Abb. 4). Jedoch nahm im späteren Verlauf die Ringknorpelstenose zu, und es gelang nicht, in einem weiteren Eingriff mit der gleichen Prothese auch die subglottische Enge zu überbrücken. Letztlich musste daher das Implantat entfernt und das Tracheostoma wieder eröffnet werden, damit die laryngeale Stenose adäquat und gefahrlos behandelt werden konnte; in diesem Fall mit einer modifizierten Cotton-Technik und Konchaknorpeltransplantat, unterstützt durch einen transglottischen Platzhalter. Diese Patientin (K.M.) befindet sich noch in Behandlung.

## Diskussion

Die Vorteile der Anwendung einer Trachealprothese bei Luftröhrenstenosen liegen darin, dass bei Gelingen des Eingriffs

- eine normale Phonation erwartet werden kann,
- ein Tracheostoma nicht mehr erforderlich ist,
- ein Luftröhrendefekt unabhängig von seiner Länge überbrückt werden kann,
- der Luftweg mit dem für den Patienten altersgemässen Durchmesser rekonstruiert werden kann,
- eine bezüglich des Atemweges über Mund und Nase physiologische Dauerlösung erzielt ist.

Andererseits dürfen die Risiken einer solchen Interposition nicht unterschätzt werden: Prinzipiell ist die Ausbildung einer Anastomosenstenose denkbar. Dieses Risiko ist geringer, wenn – wie bei unseren Fällen – zumindest die membranöse Tracheahinterwand streifenförmig erhalten bleiben kann. Bei Infektion oder Unverträglichkeit kann es ferner zur Extrusion oder Bildung von ösophagotrachealen Fisteln kommen. Auch Verkantungen, Materialbrüche oder die Schleimverlegung des Implantates können zur Obstruktion des Luftweges führen.

Diese Komplikationen nach Einsatz von Trachealprothesen sind besonders deshalb bedrohlich, weil durch das Fehlen eines Tracheostoma in einer notfallähnlichen Situation eine sofortige Hilfsmassnahme zwangsläufig verzögert ist. Denkbar ist dann nicht nur eine erschwerte Intubation durch den im Luftweg liegenden Fremdkörper, sondern auch eine erschwerte notfallmässige Tracheotomie. Das Risiko der Verwendung einer Trachealprothese muss deshalb präoperativ sorgfältig abgewogen und mit dem Patienten ausführlich besprochen werden.

In jüngerer Zeit wurden einige Endothesen entwickelt, die bei tracheo-bronchialen Stenosen endoskopisch eingebracht werden und sich mittels unterschiedlicher Mechanismen selbst im Lumen halten. So hat Ehrenberger [8] über den Einsatz endoskopisch platzierter Metallspiralen bei Trachealstenosen berichtet. Die von Dumon [5] angegebenen endoluminalen Röhrchen werden durch Noppen an der Aussenseite im Gewebe fixiert. Sie wurden in erster Linie zur Überbrückung tumoröser Bronchieingengungen entworfen. Dumon berichtet über 14 Dislokationen bei 146 solcher Endoprothesen.

Spiralen aus einer sogenannten Memory-Metall-Legierung (Nickel-Titan, NiTi) haben ein thermisches «Gedächtnis». In kaltem Zustand ein schlanker Stab, bilden sie bei Erwärmung eine Spirale mit vorgegebenen Massen. Experimentelle Untersuchungen [10] liessen zwar erwarten, dass solche Spiralen zur Behandlung von Luftwegsstenosen geeignet sein können, hinreichende klinische Erfahrungen liegen aber noch nicht vor. Prinzipiell muss bei dem Drahtgerüst mit einem höheren Risiko der

Wandperforation und der Läsion von Ösophagus und grossen Gefässen gerechnet werden.

Dies gilt ähnlich für die Draht- und Kunststoffgitter, über die z.B. Mair et al. [9] berichtet haben. Für hochgradige Bronchialstenosen können allerdings in Einzelfällen diese endoluminalen, selbst expandierenden Gitterprothesen, die ursprünglich für den intravaskulären Einsatz entwickelt wurden, eine lebensrettende Massnahme sein. Beck [6] hat ein thermoplastisches Kunststoffrohr untersucht, das sich nach Einbringen in den verengten Luftweg unter Erwärmung auf das erforderliche Mass aufweiten lässt. Klinische Erfahrungen an menschlichen Luftröhren liegen hiermit offenbar noch nicht vor.

Prothesen, die über eine chirurgische Darstellung der Trachea von aussen eingebracht werden, bieten Endoprothesen gegenüber jedoch einige Vorteile: Ausmass, Qualität und Länge der Stenose sind besser kontrollierbar als bei endoskopisch platzierten Prothesen, und im Falle einer intraoperativen Komplikation bei der Beatmung lässt sich von aussen der Luftweg zuverlässig sichern. Bei endoskopischem Vorgehen ist es ferner vor allem in der Trachea – nicht so sehr in den Bronchien – schwieriger, eine Endothese von genügend grossem Durchmesser einzubringen. Eine zuverlässige Nahtfixierung schliesslich ist auf endoluminalem Weg praktisch nicht möglich, weshalb bei endoskopisch platzierten Stents vor allem im Trachealbereich die Dislokation besonders häufig vorkommt [5].

Die von uns vorgeschlagene Prothese, die von aussen chirurgisch interponiert wird, hat sich im Tierversuch als kompletter Trachealersatz bei Verlust der gesamten Zirkumferenz über mindestens 5 cm Länge bewährt [19].

Im Tierversuch noch beobachtete Dislokationen mit nachfolgender Stenosierung sind methodisch durch das Tiermodell bedingt: Nach der Implantation der Prothesen bei noch relativ jungen Tieren (etwa 45 kg) löst sich die Anastomosennaht im Laufe von Monaten aus der Trachealwand, weil die Luftröhre des Versuchstieres wächst und ihren Durchmesser vergrössert. Die Haltefäden durchschneiden dabei die Trachealstumpfwände. Das gleichzeitige Längenwachstum der Trachea unterstützt den narbigen Schrumpfungsprozess, bei dem sich die Trachealstümpfe über der liegenden Prothese einander nähern. Die bindegewebigen Verbindungen zwischen Implantatlager und dem porösen PE der Prothesenspannen werden dabei wieder gelöst, so dass die Prothese mobil wird und in axialer Richtung verrutschen kann, weil die Fixierungsnähte an den Anastomosen nicht mehr halten. Dieser Verlauf ist spezifisch für das Tiermodell und ist nicht auf die klinische Anwendung am ausgewachsenen Patienten übertragbar. Um die Verhältnisse beim Erwachsenen im experimentellen Modell besser zu imitieren, werden bei unseren aktuellen Versuchsserien ausgewachsene Tiere einer kleinwüchsigen Rasse verwendet.

Die Prothese ist klinisch – anders als im Experiment – nicht nur als zirkulärer Totalersatz der Luftröhre, sondern auch als (temporäre) Endoprothese mit teilweise noch erhaltener Trachealwand einsetzbar – ein Vorgehen, das man am Patienten aufgrund des geringeren Komplikationsrisikos und wegen der Reversibilität vorziehen sollte. Unsere Prothese konnte jüngst dadurch verbessert werden, dass die Innenauskleidung zum Lumen hin mit einer hydrophilen Beschichtung versehen wurde. Dadurch bleibt die Oberfläche dauerhaft feucht, was zur besseren Gleitfähigkeit für Sekret führt und somit eine Verblockung des Lumens verhindert.

Gelingt der Einsatz einer Prothese, ohne dass Komplikationen auftreten, dann ist diese Massnahme – ähnlich wie die Segmentresektion bei kurzen Stenosen – mehr als andere Verfahren geeignet, für den Patienten eine schnelle, deutliche Anhebung der Lebensqualität zu erzielen.

Wir sind deshalb der Auffassung, dass durch weitere, intensive Forschung und Entwicklung daran gearbeitet werden muss, dass weitestgehend komplikationsarme Trachealprothesen zur Verfügung stehen.

### **A New Tracheal Prosthesis Experimental and First Clinical Results**

Treatment of long-stretch tracheal stenoses is still among the most difficult tasks confronted by ENT specialists. In addition to extension tracheoplasties, stenting and segment resection, there is also the possibility of prosthetic replacement. The standards set for tracheal prostheses are high with regard to biocompatibility and physical properties. An implant we introduced reproduces the morphology and mechanical loading capacity of the human trachea. This prosthesis could be used for circumferential tracheal replacement in animal experiments. The first implantations in patients provided a satisfactory outcome of stenosis treatment in two of three cases.

---

## **Literatur**

- 1 Kennedy TL: Epiglottic reconstruction of laryngeal stenosis secondary to cricothyroidectomy. *Laryngoscope* 1980;90:1130–1136.
- 2 Weerda H: Einseitige Rekonstruktion der Trachea mit einem Insellappen. *Arch Otorhinolaryngol* 1978;221:211–214.
- 3 Eliacher I, Tucker HM: Reconstruction of pediatric larynx and upper trachea with the sterno-hyoid rotary door flap. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1991;117:316–320.
- 4 Herberhold C, Franz B, Breipohl W: Chemisch konservierte menschliche Trachea als Prothesenmaterial zur Deckung trachealer Defekte. *Laryng Rhinol* 1980;59:453–457.
- 5 Dumon JF: Une endoprothèse trachéobronchique spécifique. *Rev Mal Resp* 1990;7:223–229.
- 6 Beck A: Über eine neue ballonexpandierbare Kunststoffendoprothese. Erster Erfahrungsbericht über den modellierbaren «Thermostent». *Radiologie* 1990;30:347–350.
- 7 Bolliger CT, Probst R, Tschopp K, Solèr M, Elsasser S, Hoheisel G, Perruchoud AP: Silicon-Endoprothesen in der Behandlung von tracheo-bronchialen Stenosen. *Schweiz Med Wschr* 1991;121, 36:1283–1288.
- 8 Ehrenberger K: Expandierende endotracheale Prothesen zur Behandlung von Trachealstenosen. Vortrag, 57. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie, Würzburg 1986.
- 9 Mair EA, Parsons DS, Lally KP: Treatment of severe bronchomalacia with expanding endobronchial stents. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1990;116:1087–1090.
- 10 Rauber K, Franke CH, Rau WS, Syed Ali S, Bensmann G: Peroral einführbare endotracheale Stützgerüste aus der Memory-Legierung NiTi – Tierexperimentelle Studie. *Fortschr Röntgenstr* 1990;152:698–701.
- 11 Neville WE, Bolanowski PJP, Kotia GG: Clinical experience with the silicone tracheal prosthesis. *J Thorax Cardiovasc Surg* 1990;99:604–613.
- 12 Moritz E: Untersuchungen zum alloplastischen Trachealersatz. *Fortschr Med* 1977;95, 3:173–176.
- 13 Berghaus A, Krüger O: Mechanische Eigenschaften der menschlichen Luftröhre im Vergleich mit alloplastischen Prothesen. *Arch Otorhinolaryngol* 1984;(Suppl II):244.
- 14 Berghaus A: Poröses Polyethylen in der rekonstruktiven Kopf-Halschirurgie. Hippokrates, Stuttgart, 1988.
- 15 Gerlach J: Biomechanik der Trachea. Inaug-Diss FU Berlin, 1987.
- 16 Petrasch W: Weiterentwicklung einer Trachealprothese. Dipl.-Ing.-Arbeit Inst. f. Nichtmetallische Werkstoffe Fachgebiet Polymerphysik, TU Berlin, 1991.
- 17 Berghaus A: Alloplastischer Trachealersatz. *Z Herz Thorax Gefässchir* 1987;1, 1:20–27.
- 18 Breimeier I, Berghaus A: Langzeitergebnisse nach tierexperimentellem Trachealersatz. *Arch Otorhinolaryngol* 1989;(Suppl II):241.
- 19 Berghaus A: Die künstliche Luftröhre: Experimentelle Erprobung und erster klinischer Einsatz. Video; Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft f. Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie, Würzburg, 1990.