

Sautermeister (Hrsg.) · Tierische Organe in menschlichen Körpern



Jochen Sautermeister (Hrsg.)

# Tierische Organe in menschlichen Körpern


Biomedizinische, kulturwissenschaftliche,  
theologische und ethische Zugänge  
zur Xenotransplantation

mentis  
PADERBORN

Gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des SFB-TR 127 »Biologie der xenogenen Zell- und Organtransplantation – vom Labor in die Klinik«

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem und alterungsbeständigem Papier  ISO 9706

© 2018 mentis Verlag  
Jühenplatz 1–3, 33098 Paderborn, Germany  
[www.mentis.de](http://www.mentis.de)

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk sowie einzelne Teile desselben sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zulässigen Fällen ist ohne vorherige Zustimmung des Verlages nicht zulässig.

Printed in Germany  
Einbandgestaltung: Anne Nitsche, Dülmen ([www.junit-netzwerk.de](http://www.junit-netzwerk.de))  
Wissenschaftlicher Satz: satz&sonders GmbH, Dülmen ([www.satzundsonders.de](http://www.satzundsonders.de))  
Druck: AZ Druck und Datentechnik GmbH, Kempten  
ISBN 978-3-95743-011-3 (Print)  
ISBN 978-3-95743-838-6 (E-Book)

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort ..... 9

*Jochen Sautermeister, Katharina Ebner, Jochen Ostheimer*

Einleitung. Xenotransplantation als gesellschaftliche und  
ethische Herausforderung ..... 13

### BIOMEDIZINISCHE GRUNDLAGEN UND PERSPEKTIVEN

*Bruno Reichart, Jan-Michael Abicht, Tanja Mayr, Matthias  
Längin, Paolo Brenner, Sonja Güthoff, Barbara Ludwig, Stefan  
Bornstein, Andres Hilfiker, Axel Haverich, Nikolai Klymiuk,  
Eckhard Wolf*

Diskordante xenogene Transplantationen. Verpflanzungen von  
Zellen und Organen, die einer Spezies entstammen, die  
entwicklungsgeschichtlich weit von Primaten entfernt sind ..... 27

*Joachim Denner, Antonia W. Godehardt, Ralf R. Tönjes*

Infektionsrisiken und mikrobiologische Sicherheit ..... 45

*Eckhard Wolf, Nikolai Klymiuk, Andrea Bähr, Elisabeth Kemter,  
Barbara Kessler, Lelia Wolf-van Bürck, Jochen Seissler, Bruno Reichart*

Genetisch modifizierte Schweine als Zell-, Gewebe- und  
Organquelle ..... 65

*Heiner Niemann*

Haltung und Nutzung von Schweinen im Kontext der  
Xenotransplantation ..... 87

*Franz-Josef Kaup*

Nichtmenschliche Primaten als Tiermodell in der  
biomedizinischen Forschung einschließlich Xenotransplantation ... 95

*Barbara Ludwig, Stefan Bornstein*

Xenotransplantation von Inselzellen zur Therapie des Diabetes mellitus .....	107
--	-----

## HISTORISCHE HINTERGRÜNDE

*Erasmus Gaß*

Alttestamentliche Zugänge zum Menschen, zum Tier und zum Mensch-Tier-Verhältnis .....	123
---	-----

*Gerd Häfner*

Leibliche Existenz und Verhältnis zum Tier. Positionen neutestamentlicher Anthropologie .....	141
---	-----

*Jan Dirk Harke*

Tiere im römischen Recht .....	161
--------------------------------	-----

*Xenia von Tippelskirch*

Heilige Herzen. Zur Kulturgeschichte eines christlichen Kultes (17.–20. Jahrhundert) .....	175
--	-----

## SOZIOKULTURELLE UND RELIGIÖSE KONTEXTE

*Claudia Gorzel*

Xenotransplantation im Spiegel (ausgewählter) deutschsprachiger Printmedien .....	191
---	-----

*Sandra Thiersch, Georg Marckmann*

Einstellungen von Patienten zur Xenotransplantation. Welche Erkenntnisse liefern sozialempirische Studien? .....	213
--	-----

*Michael Lauerer, Isabel Ramtohul, Eckhard Nagel*

Gesundheitsökonomische Aspekte der Xenotransplantation .....	235
--	-----

*Erich Griessler*

Die Rolle beratender Experten- und Expertinnengremien bei der »Normalisierung« der Xenotransplantation. Eine Analyse .....	251
--	-----

*Erwin Dirscherl*

Der Andere in uns. Die Identität des Menschen als Repräsentant  
Gottes in der Zeit ..... 267

*Antje Yael Deusel*

Xenotransplantation aus jüdischer Perspektive ..... 283

*Ilhan Ilkiliç, Asmaa El Maaroufi*

Xenotransplantation. Aspekte und Reflexionen aus islamischer  
Perspektive ..... 297

## NORMATIVE REFLEXIONEN

*Jana Straßburger*

Rechtliche Herausforderungen der Xenotransplantation ..... 313

*Hartmut Kreß*

Xenotransplantation in ethischer, kultureller und  
religionsbezogener Hinsicht. Anhaltender Klärungsbedarf aus  
Sicht der Ethik ..... 333

*Georg Marckmann*

Zur Bedeutung des Kohärentismus für die medizinethische  
Reflexion der Xenotransplantation ..... 351

*Christof Breitsameter*

Gefährdet die Xenotransplantation die Würde des Menschen? ..... 371

*Arne Manzeschke, Galia Assadi*

Zur Bedeutung der Leiblichkeit für eine medizinethische  
Reflexion der Xenotransplantation ..... 387

*Jochen Sautermeister*

Therapie unter dem Anspruch von Integrität und Akzeptabilität.  
Theologisch-ethische Implikationen der Xenotransplantation ..... 407

*Jochen Ostheimer*

Der Wert des Tieres und sein Nutzen für den Menschen.  
Tierethische Reflexionen zur Xenotransplantation ..... 429

*Bert Heinrichs*

Forschungsethische Überlegungen zu Humanexperiment und  
Heilversuch ..... 451

*Konrad Hilpert*

Der versehrte Mensch und die Möglichkeit medizinischer  
Forschung ..... 463

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren ..... 475

Sachregister ..... 481



## Vorwort

Der Mangel an Spenderorganen ist ein bekanntes Problem. Es stehen nicht genügend Transplantate für Menschen, die unter Organinsuffizienz leiden, zur Verfügung. Dieser Mangel kann auch nicht hinreichend durch technische Assistenz überbrückt werden. Durchschnittlich sterben jährlich etwa tausend Menschen in Deutschland, während sie auf ein Spenderorgan warten. Um hier Abhilfe zu schaffen und medizinische Hilfe zu bieten, werden verschiedene Wege eingeschlagen. Abgesehen von einer erhöhten Investition in Gesundheitsprävention werden zum einen verschiedene Strategien erwogen, um die Anzahl an freiwilligen postmortalen Organspenden zu erhöhen. Zum anderen wird je nach betreffenden Zellen, Geweben und Organen und je nach Umständen die Option von freiwilligen Lebendspenden bedacht. Neben diesen Methoden der Allotransplantation, also der Übertragung von menschlichen Zellen, Geweben und Organen, gibt es noch weitere Verfahren, wie diejenigen der technischen Überbrückung, Substitution oder Assistenz, etwa die Dialyse als Blutreinigungsverfahren bei Niereninsuffizienz oder das sogenannte Kunstherz (*ventricular assist device*) als Kreislaufunterstützungssystem bei schwerwiegenden Herzerkrankungen. Schließlich werden auch neuartige biotechnologische und biomedizinische Wege beschritten, um die benötigten Zellen, Gewebe und Organe zu gewinnen. Hierzu zählen zum einen die Bemühungen, aus humanen Stammzellen Organe und Gewebe herzustellen (*tissue engineering*), und zum anderen das Bestreben, mithilfe der Xenotransplantation, also der Übertragung von artfremden, näherhin porcinen bzw. transgenen porcinen lebenden Zellen, Organen und Geweben, Organinsuffizienz zu therapieren. Beide letztgenannten Wege befinden sich weitestgehend noch im vorklinischen Forschungsstadium, wenn es um die Gewinnung von Organen geht. Dabei handelt es sich um äußerst dynamische Forschungsfelder, die ihre je eigenen biotechnischen und medizinischen Schwierigkeiten und Herausforderungen zu bewältigen haben, aber auch ihre je eigenen Chancen bieten.

Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden erste tierexperimentelle xenogene Transplantationen durchgeführt<sup>1</sup>, wobei das Ziel die therapeuti-

---

<sup>1</sup> S. hierzu Beckmann, J./Brem, G./Eigler, F.-W./Günzburg, W. u. a. (Hg.): *Xenotransplantation von Zellen, Geweben oder Organen. Wissenschaftliche Entwicklungen und ethisch-rechtliche Implikationen*, Berlin/Heidelberg 2000, S. 83–87.

sche Xenotransplantation darstellt. Forschungsbemühungen beziehen sich auf Herz, Niere, Leber, Inselzellen (bei Diabetes), Hornhaut des Auges, aber auch Hirnzellen (bei Parkinson-Erkrankung), wobei biomedizinisch, rechtlich und ethisch jeweils unterschiedliche Herausforderungen bestehen. Weltweit befassen sich verschiedene Forschergruppen mit der Xenotransplantation mit je unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen und Erfolgen. In Deutschland widmet sich die biotechnologische und biomedizinische Forschung zur Xenotransplantation aus verschiedenen Gründen vorrangig dem Feld der insulinproduzierenden Zellen, den Langerhansschen Inseln, auch Inselzellen genannt, den Herzklappen und dem Herzen. Aufgrund der mit der Xenotransplantation verbundenen ethischen, rechtlichen und sozialwissenschaftlichen Fragestellungen geht mit diesen Forschungen auch eine ethische Begleitforschung einher. Im weiten Sinne umfasst sie als sogenannte ELSI-Forschung (*ethical, legal, and social implications*) in diesem Feld neben medizinethischen und forschungsethischen Fragestellungen auch tierethische und anthropologische Gesichtspunkte; ebenso sind die naturwissenschaftlichen Befunde sowie die sozial- und kulturwissenschaftlichen, humanwissenschaftlichen, theologischen, religionswissenschaftlichen und rechtlichen Dimensionen und Aspekte zu berücksichtigen.

Da die letzten multidisziplinären Publikationen zur Xenotransplantation im deutschsprachigen Raum bereits mindestens fünfzehn Jahre zurückliegen<sup>2</sup> – was angesichts der bedeutsamen Entwicklungen und Erkenntnisse der letzten Jahre eine lange Zeit ist –, sollen mit der vorliegenden Publikation der aktuelle Forschungsstand dargestellt, verschiedene historische, soziokulturelle und religiöse Verstehenshorizonte wie auch sozialwissenschaftliche und ökonomische Dimensionen beleuchtet sowie rechtliche und ethische Fragestellungen diskutiert werden. Damit will der Band sowohl zur ethischen Diskussion als auch zur gesellschaftlichen Deliberation und Selbstvergewisserung über dieses biomedizinische Forschungsfeld in therapeutischer Absicht beitragen.

Die vorliegende Publikation entstand im Rahmen des Sonderforschungsbereichs Transregio 127 »Biologie der xenogenen Zell- und Organtransplantation – vom Labor in die Klinik«, der seit 2012 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wird und sich mittlerweile in der zweiten Förderperiode befindet. Ein nicht unbeträchtlicher Teil der Autorinnen und Autoren, die ihre Expertise in diesen interdisziplinären Band eingebracht ha-

---

<sup>2</sup> Vgl. Beckmann, J./Brem, G./Eigler, F.-W./Günzburg, W. u. a. (Hg.): *Xenotransplantation von Zellen, Geweben oder Organen. Wissenschaftliche Entwicklungen und ethisch-rechtliche Implikationen*, Berlin/Heidelberg 2000; Quante, M./Vieth, A. (Hg.): *Xenotransplantation. Ethische und rechtliche Probleme*, Paderborn 2001; Grimm, H. (Hg.): *Xenotransplantation. Grundlagen – Chancen – Risiken*, Stuttgart/New York 2003.

ben, sind Mitglieder dieses SFBs, an dem namhafte Forschungsinstitutionen (Ludwig-Maximilians-Universität München, Technische Universität Dresden, Medizinische Hochschule Hannover, Friedrich-Loeffler-Institut, Helmholtz Zentrum München, Technische Universität München, Paul-Ehrlich-Institut, Robert Koch Institut und das Deutsche Primatenzentrum) beteiligt sind.<sup>3</sup>

Für die Finanzierung der Drucklegung sowie für die Ermöglichung der ethischen Begleitforschung eines so dynamischen biotechnologischen und biomedizinischen Forschungsfeldes wie der Xenotransplantation im Rahmen der Forschungsförderung durch die DFG sei ausdrücklich gedankt.

Für die Vorbereitung und formale bzw. redaktionelle Bearbeitung der Beiträge danke ich Veronika Bogner, Claudia Gorzel, Veronika Huber, Magdalena Kiess, Richard Mathieu und Helena Nitsche, die zu unterschiedlichen Phasen am Projekt mitgewirkt haben, und insbesondere Dr. Katharina Ebner und Dr. Jochen Ostheimer für die engagierte Unterstützung der Herausgeber-tätigkeit in der abschließenden Phase des Bandes einschließlich der Erstellung des Sachregisters. Ebenfalls sei dem mentis-Verlag, namentlich Dr. Michael Kienecker, ausdrücklich Dank ausgesprochen für das ermutigende Interesse und die Bereitschaft, die Publikation in das Verlagsprogramm aufzunehmen und den Prozess der Drucklegung umsichtig wie nachsichtig zu begleiten. Schließlich danke ich allen Autorinnen und Autoren, die ihre Expertise in dieses interdisziplinäre Projekt mit seinen eigenen Herausforderungen eingebracht und diese Publikation überhaupt erst möglich gemacht haben.

München/Bonn, im Sommer 2017

Jochen Sautermeister

---

<sup>3</sup> S. hierzu <http://www.klinikum.uni-muenchen.de/SFB-TRR-127/de/index.html> (abgerufen am 5. September 2017).



## Einleitung

### *Xenotransplantation als gesellschaftliche und ethische Herausforderung*

#### 1 Ethische Begleitforschung im Kontext von Biotechnologie und Biomedizin als Aufgabe gesellschaftlicher und ethischer Verantwortung

Biomedizinische Forschungsbemühungen stehen im Horizont praktischer Interessen. Sie stehen im Dienste medizinischer Hilfe. Die therapeutische Absicht des ärztlichen Ethos und des medizinischen Handelns *lege artis* haben eine intrinsische Motivation zur steten Verbesserung und Weiterentwicklung des medizinischen Könnens, um dem Anspruch immer besser gerecht zu werden, Krankheiten zu heilen oder deren Symptome zumindest zu lindern und Gesundheit zu bewahren, zu fördern oder wiederherzustellen. Dieses Anliegen ist zweifelsohne hochrangig und verdient Anerkennung. Gleichwohl stellt sich die Frage nach den Möglichkeiten und Grenzen dessen, was im Kontext von Gesundheit und Krankheit geboten, geraten, erlaubt oder zu unterlassen bzw. verboten ist. Die Reflexionen biomedizinischer Ethik verdichten sich in der Frage, ob man auch alles tun will oder darf, was man kann, und was das richtige Maß sowie die leitenden Rahmenbedingungen und sinnvollen Perspektiven für ein humanes und verantwortbares Handeln in biomedizinischen Forschungs- und Praxiskontexten sind.

Die allgemeinen und konkreten bio- und medizinethischen Fragestellungen lassen sich aufgrund der ausgeprägten wissenschaftlichen Spezialisierungen nur im interdisziplinären Zusammenspiel der beteiligten Disziplinen erörtern, um das erforderliche naturwissenschaftliche, medizinische und humanwissenschaftliche Sachstandswissen zur Kenntnis nehmen und in ethischen wie auch gesellschaftlichen Abwägungs- und Deliberationsprozessen adäquat berücksichtigen zu können. Ebenso spielen kultur-, sozial- und religionswissenschaftliche Gesichtspunkte eine maßgebliche Rolle bei der Klärung der Frage, welche Ziele und Verfahren verantwortbar und gesellschaftlich akzeptabel sind. Als sogenannte »gemischte« ethische Urteile, die sich aus empirischen Elementen und Werturteilen zusammensetzen, sind die Ergebnisse biomedizinischer Ethik und ethischer Deliberation immer in soziokulturelle, rechtliche, ökonomische, politische und religiöse Kontexte eingebettet, wobei auch der Aspekt faktisch vorhandener und realisierbarer

wie bereits realisierter Handlungsalternativen und deren Folgen in die Überlegungsprozesse einzubeziehen ist.

Eine solche »Ethik unter Realitätsbedingungen« stellt auch die ethische Begleitforschung dar, die in biotechnologische und biomedizinische Forschungsprojekte eingebunden ist. Gerade in ethisch unsicherem Forschungsgelände wird diese Begleitforschung *nolens volens* selbst zu einem Akteur, der auf gesellschaftliche und ethische Meinungsbildungs- und Entscheidungsprozesse faktisch Einfluss nimmt. Denn durch die Klärung von Begriffen und Werthintergründen, die Erhellung von Prioritäten, die Berücksichtigung normativer Standards, die Analyse der ethischen Rationalität und Kohärenz von Überzeugungen sowie durch Güterabwägungen und Technikfolgenabschätzungen werden entscheidungsrelevante Kriterien und Aspekte in den ethisch-gesellschaftlichen und politisch-rechtlichen Diskurs eingespeist. Darüber hinaus kann sie beratend die persönliche Entscheidungsfindung unterstützen.

Aufgrund der institutionalisierten Nähe und Anbindung an entsprechende Forschungsverbände und -projekte wird ethische Begleitforschung mitunter als ambivalent beurteilt. Dabei ist der gelegentlich geäußerte Vorwurf ernstzunehmen, ethische Begleitforschung lasse sich instrumentalisieren, sie diene als eine Art ethischer Legitimationsbeschaffungsinstanz der Akzeptanzgenerierung und verliere somit die notwendige Distanz, um dem Anspruch unabhängiger und redlicher ethischer Reflexion gerecht zu werden. Hinter solchen Vorbehalten steht nicht einfach nur ein möglicher grundsätzlicher Vertrauensverlust wissenschaftlicher Forschung angesichts ihrer für Nicht-Experten unübersichtlichen und nicht mehr verstehbaren hohen Spezialisierung, Ausdifferenzierung und Komplexität. Vielmehr äußert sich darin eine reale Gefährdung, der durch eine bewusste und sensible Selbstreflexion sowohl derjenigen, die ethische Begleitforschung betreiben, als auch der Institutionen, die ethische Begleitforschung fördern, zu begegnen ist.

Erst durch die konkrete Begleitung von Forschungsprozessen werden der ethischen Begleitforschung jene aktuellen Sachkenntnisse zugänglich und verständlich, die für die konkrete ethische Reflexion unerlässlich sind. Zugleich bietet ethische Begleitforschung die Chance, dem Zu-spät-Kommen ethischer Reflexion und ihrem Hinterher-Hinken hinter den biotechnologischen und biomedizinischen Errungenschaften entgegenzuwirken. Ethische Begleitforschung kann aber auch der ethischen Selbstvergewisserung und Orientierung bei ethischen Fragen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern dienen, die sich im Laufe konkreter Forschungsprozesse stellen. Dabei ist gegen manchen zu vernehmenden Vorbehalt hervorzuheben, dass die beteiligten Forscherinnen und Forscher in der überwiegenden Mehrheit selbst von einem Verantwortungsbewusstsein geleitet und von einem Ethos getragen sind, das nicht erst von außen von Ethikerinnen und Ethikern in Forschungsprozesse hineingetragen werden müsste. Oder anders formu-

liert: Ethische Begleitforschung hat auch zur Aufgabe, die in den praktischen Forschungszusammenhängen bestehenden moralischen Überzeugungen und Werteinsichten kritisch zu rekonstruieren und zu systematisieren. Schließlich hat die ethische Begleitforschung auch die Aufgabe einer Brücken- und Vermittlungsfunktion, damit der Abstand zwischen dem lebensweltlichen Orientierungswissen und den gesellschaftlich-politischen Entscheidungsprozessen einerseits und den hoch spezialisierten Forschungsinteressen und deren handlungsrelevanten Erkenntnissen andererseits nicht so groß wird, dass eine praktische Verständigung in der Öffentlichkeit und eine verantwortungsorientierte Gestaltung durch die Politik nicht mehr möglich sind.

All die genannten Gesichtspunkte können jedoch nur die allgemeine Berechtigung und Sinnhaftigkeit ethischer Begleitforschung ausweisen. Angesichts vielfältiger und heterogener Interessenlagen in konkreten Forschungszusammenhängen hat sich deren Redlichkeit und Legitimation je eigens zu bewähren. Da hierbei nicht nur das persönliche wissenschaftliche Ethos derjenigen, die Ethik betreiben, eine Rolle spielt, sondern auch formulierte Aufgaben von Forschungsinstitutionen, rechtliche Vorgaben sowie ökonomische und politische Interessen, ist eine hohe methodisch-kritische Sensibilität erforderlich. Ethische Begleitforschung hat in diesem Sinne eine kritisch-beratende Funktion, die auch in gesellschaftliche, politische und forschungsinstitutionelle Deliberationsprozesse einwirken kann. Die Aufgabe einer Entscheidungsinstanz, ob bestimmte Forschungen durchgeführt werden dürfen oder nicht, kommt ihr nicht zu. Dies ist Sache von entsprechenden Ethikkommissionen und der rechtlichen Regulierung.

Der vorliegende Band steht im Kontext ethischer Begleitforschung und ist zugleich Ausdruck kritisch-ethischer Selbstvergewisserung. Die einzelnen Beiträge widmen sich unterschiedlichen Zugängen und Aspekten, die für eine ethische Reflexion der Xenotransplantation, also der speziesübergreifenden Transplantation von Zellen, Geweben und Organen, als mögliche therapeutische Option bei Organinsuffizienz mit eigenen biotechnologischen, gesellschaftlichen und ethischen Herausforderungen relevant sind. Neben den erforderlichen biomedizinischen und naturwissenschaftlichen Grundlagen (*Teil I*) sind auch historische Zugänge (*Teil II*) sowie soziokulturelle und religiöse Verstehenskontexte und Bewertungshorizonte (*Teil III*) zu beachten, die für die normative Reflexion (*Teil IV*) von Bedeutung sind.

## 2 Übersicht und systematische Einordnung der Beiträge

### Teil 1: *Biomedizinische Grundlagen und Perspektiven*

Die Beiträge des ersten Teils widmen sich dem aktuellen Stand der experimentellen Forschung, stellen die Fortschritte der letzten Jahre dar und geben einen Ausblick auf kommende Entwicklungen. Es werden die biomedizinischen Grundlagen der Xenotransplantation dargelegt und Perspektiven gegenwärtiger und zukünftiger Forschung aufgezeigt.

Da der Bedarf an transplantierbaren menschlichen Organen die Anzahl der verfügbaren Organe bei weitem übersteigt, sei die Transplantation xenogener Gewebe und Organe eine notwendige Alternative, argumentieren Bruno Reichart, Jan-Michael Abicht, Tanja Mayr, Mathias Längin, Paolo Brenner, Sonja Güthoff, Barbara Ludwig, Stefan Bornstein, Andres Hilfiker, Axel Haverich, Nikolai Klymiuk und Eckhard Wolf. Sie stellen in ihrem Beitrag *Diskordante xenogene Transplantationen* präklinische Ergebnisse der Xenotransplantation dar und diskutieren verschiedene Risiken sowie deren Überwindung. Sie zeigen, dass bestimmte xenogene Transplantationsverfahren kurz vor der klinischen Anwendung stehen. Hierzu sind jedoch auch die Gesundheitsrisiken durch mögliche Infektionen zu kontrollieren.

Den gegenwärtigen Forschungsstand auf dem Gebiet der Infektionsbiologie stellen Joachim Denner, Antonia Godehardt und Ralf Tönjes in ihrem Beitrag *Infektionsrisiken und mikrobiologische Sicherheit* dar und geben eine Einschätzung der Befunde. Von grundlegender Bedeutung für die mikrobiologische Sicherheit sind dabei eine pathogenfreie Haltung der Spendertiere sowie eine strenge Vorauswahl und Testung der infrage kommenden Tiere. Besonders schwierig in den Griff zu bekommen sind virale Erreger und hier insbesondere die sogenannten porcinen endogenen Retroviren (PERV), die im Genom selbst eingelagert sind. Angesichts des gegenwärtigen Kenntnisstands zur mikrobiologischen Sicherheit der Xenotransplantation besteht trotz jüngster Forschungserfolge insgesamt betrachtet noch ein erheblicher Forschungsbedarf. Zugleich kann durch im Rahmen der Xenotransplantation angestoßene verstärkte Forschungsanstrengungen ein Beitrag zur öffentlichen Gesundheit geleistet werden.

Um Xenotransplantate erfolgreich in der klinischen Praxis zum Einsatz bringen zu können, ist es weiter erforderlich, verschiedene Stufen der Abstoßung und funktionelle Inkompatibilitäten von porcinen Xenotransplantaten in Primaten zu überwinden. Zu diesem Zwecke werden die Spendertiere in komplexer Weise genetisch verändert, um Organe und Gewebe von sogenannten transgenen Schweinen zu gewinnen. In ihrem Beitrag *Genetisch modifizierte Schweine als Zell-, Gewebe- und Organquelle* bieten Eckhard Wolf, Nikolai Klymiuk, Andrea Bähr, Elisabeth Kemter, Barbara Kessler,



Lelia Wolf-van Bürck, Jochen Seissler und Bruno Reichart eine Übersicht über die Methoden zur genetischen Modifikation von Schweinen und biotechnologische Strategien zur Verbesserung der xenogenen Herz- und Pankreasinseltransplantation.

Die Züchtung und Haltung solcher transgenen Schweine ist anspruchsvoll und aufwändig. Die Bedingungen und Herausforderungen dafür stellt Heiner Niemann in seinem Beitrag *Haltung und Nutzung von Schweinen im Kontext der Xenotransplantation* dar. Er zeigt, dass eine »langfristig hygienisch hochwertige Haltung von Schweinen gewährleistet werden« kann, die die Übertragung pathogener Erreger auf den Menschen wirksam verhindert. Neben den tiermedizinischen stellt er auch die rechtlichen Rahmenbedingungen dar. Die bestehenden gesetzlichen Vorgaben für die Haltung transgener Schweine für die klinische Anwendung der Xenotransplantation hält er dabei für ausreichend.

Im Stadium der präklinischen Forschung verschiedener xenogener Transplantationsverfahren besteht eine medizinrechtliche Pflicht zur experimentellen Vorklärung und Erprobung im Tiermodell. Franz-Josef Kaup beschäftigt sich deshalb mit dem besonderen Fall der Nutzung von *Nichtmenschliche[n] Primaten in der biomedizinischen Forschung*, die auch die Xenotransplantation einschließt. Er stellt die rechtlichen wie tiermedizinischen Anforderungen an ihre Haltung dar und problematisiert die spezifischen Herausforderungen angesichts der großen evolutionären Nähe nichtmenschlicher Primaten zum Menschen. Er zeigt, dass nichtmenschliche Primaten im sogenannten »pig-to-primate«-Modell der präklinischen Forschung von zentraler Bedeutung für die Xenotransplantation sind.

Einen Forschungsbereich der Xenotransplantation, der mit Blick auf die klinische Praxis sehr aussichtsreich ist, stellt die Diabetes-Forschung dar. Barbara Ludwig und Stefan Bornstein erläutern diesen in ihrem Beitrag *Xenotransplantation von Inselzellen zur Therapie des Diabetes mellitus*. Ungeachtet der Risiken, insbesondere von Zoonosen, eröffnen sich in diesem Bereich besondere Chancen. Durch eine technische Verkapselung von transplantierten Inselzellen können die andernfalls einsetzenden Abstoßungsreaktionen deutlich verringert werden, so dass ein Weg zu einer funktionellen Heilung von Diabetes mellitus Typ 1 eröffnet sein könnte. Diese Technik der Verkapselung, die nicht spezifisch für die Xenotransplantation entwickelt wurde, kann auch bei der Transplantation von aus Stammzellen gewonnenen Insulin-produzierenden Zellen verwendet werden.

## Teil 2: *Historische Hintergründe*

Die Wahrnehmung und Bewertung von neuen technischen Entwicklungen und innovativen medizinischen Verfahren geschieht generell vor dem Hintergrund historisch gewachsener soziokultureller Deutungsmuster und Verstehensbedingungen, die spezifische symbolische Bedeutungszusammenhänge und normative Ordnungen implizieren. Dies präfiguriert zugleich den Raum gesellschaftlicher Akzeptanz- und Legitimationsbedingungen. Im Fall der Xenotransplantation werden daher geschichtliche und symbolische Verstehenskontexte zum Mensch-Tier-Verhältnis, zur rechtshistorischen Verortung von Tieren und zur spezifischen Bedeutung ausgewählter Organe thematisiert.

Erasmus Gaß stellt zunächst zentrale biblische Texte zum Mensch-Tier-Verhältnis im Alten Testament dar. In seinem Beitrag *Alttestamentliche Zugänge zum Menschen, zum Tier und zum Mensch-Tier-Verhältnis* unterzieht er die beiden Schöpfungserzählungen im Buch Genesis (Erstes Buch Mose) einer genauen Analyse. Er konstatiert dabei ein hierarchisches, zum Teil auch spannungsreiches Verhältnis von Mensch und Tier. Er kommt zu dem Ergebnis, dass die übergeordnete Position des Menschen in diesen wirkmächtigen Texten grundsätzlich die Nutzung von Tieren für menschliche Bedürfnisse erlaubt.

Unter dem Titel *Leibliche Existenz und Verhältnis zum Tier* untersucht Gerd Häfner das Verständnis vom Menschen im Neuen Testament, indem er zum einen die Dimension des Leibes als Grundkategorie biblischer Anthropologie und zum anderen das Verhältnis des Menschen zur Tierwelt in den Blick nimmt. Häfner zeigt, dass aus diesen Befunden keine unmittelbaren Schlüsse für die Beantwortung konkreter ethischer Fragestellungen, wie sie mit der Xenotransplantation einhergehen können, gezogen werden können. Gleichwohl relativiert sich eine einseitige anthropozentrische Perspektive im Neuen Testament bei genauerer Untersuchung insofern, als diese auch die »Solidargemeinschaft« des Menschen mit der Schöpfung hervorhebt.

Neben biblischen Hintergründen kommt auch dem römischen Recht eine wichtige Bedeutung für Genese und Wirkung normativer Vorstellungen zum Mensch-Tier-Verhältnis zu. Jan Dirk Harke thematisiert in seinem Beitrag die Stellung von *Tieren im römischen Recht*. In römischen Rechtstexten wurden Tiere schon früh umfassend und differenziert behandelt. Dabei wurden Kauf, Haftung für Verletzungen von Tieren sowie Haftung für Tierschäden geregelt. Für den gesellschaftlichen Alltag besonders wichtige Tiere wie vor allem Zugtiere wurden dabei ähnlichen Verfahren unterworfen wie etwa Sklaven oder Grundstücke. Im Ganzen zeichnet sich das römische Tierrecht durch ein

ausgeprägtes Verständnis von Tieren als Nutztieren sowie durch ein hohes Maß an Rationalität aus.

Hinsichtlich des Symbolverständnisses spezifischer Organe wird exemplarisch ein historischer Bedeutungskontext des Herzens behandelt. In ihrem Beitrag zur *Kulturgeschichte eines christlichen Kultes* zeichnet Xenia von Tipelskirch die Praxis und den ideellen Hintergrund der Verehrung »heiliger Herzen« im 17. bis 20. Jahrhundert nach. Die besondere Aufmerksamkeit, die das Herz in der (Frühen) Neuzeit erfuhr, war ein gesamtgesellschaftliches Phänomen. Es zeigte sich gleichermaßen in der medizinischen Forschung, die den Blutkreislauf entdeckte, im religiösen Bereich, etwa in der entstehenden Herz-Jesu-Frömmigkeit, oder auch in der politischen Sphäre, wo sich bei verstorbenen Fürsten eine getrennte Beisetzung von Herz und Körper etablierte und Herrscherhäuser oder gar ganze Nationen ihr Tun unter den Schutz des heiligen Herzens Jesu stellten.

### Teil 3: *Soziokulturelle und religiöse Kontexte*

Wenn die Xenotransplantation eine gesellschaftlich akzeptierte und ethisch verantwortete therapeutische Option bei Organinsuffizienz werden soll, bedarf es nicht nur des Nachweises ihrer technischen Machbarkeit. Vielmehr sind für die gesellschaftliche Einschätzung und ethische Bewertung der Xenotransplantation neben historischen Verstehenshorizonten auch soziokulturelle und weltanschauliche bzw. religiöse Kontexte in den Blick zu nehmen. Denn sozialwissenschaftliche, ökonomische und theologische Perspektiven und Aspekte spielen für entscheidungsorientierte Deliberationsprozesse eine wichtige Rolle. Im dritten Teil werden daher diese zentralen soziokulturellen, ökonomischen und religiösen Fragen diskutiert.

In ihrem Überblick zeichnet zunächst Claudia Gorzel nach, wie *Xenotransplantation im Spiegel (ausgewählter) deutschsprachiger Printmedien* dargestellt und kommentiert wurde. Untersuchungsgrundlage waren auflagenstarke Tageszeitungen und Magazine aus Deutschland und der Schweiz, die die gesellschaftliche Meinung stark prägen. Das Ziel der Xenotransplantation wird – so zeigt sie – übereinstimmend in der Behebung des Mangels an Spenderorganen gesehen. Die Bewertungen des Verfahrens und die Beurteilung der Erfolgsaussichten fallen hingegen kontrovers aus, wobei sich seit Mitte der 1990er Jahre eine übergreifende Tendenz von Euphorie über Skepsis hin zu Hoffnung herausarbeiten lässt.

Sandra Thiersch und Georg Marckmann richten in ihrem Literaturüberblick die Aufmerksamkeit auf die *Einstellungen von Patienten zur Xenotransplantation*. Vergleichsweise viele Untersuchungen liegen aus Schweden, Spanien und Lateinamerika vor, wo bereits vorklinische Studien zur Xenotrans-

plantation durchgeführt worden sind. Die Einstellungen der Befragten fallen dabei sehr unterschiedlich aus. Als relevante Einflussfaktoren identifizieren Thiersch und Marckmann vor allem soziokulturelle und sozioökonomische Umstände.

In ihrer Analyse der zentralen *Gesundheitsökonomische[n] Aspekte der Xenotransplantation* legen Michael Lauerer, Isabel Ramtohul und Eckhard Nagel dar, dass sich auf der Basis des aktuellen Forschungs- und Kenntnisstandes nicht abschätzen lässt, ob und wie Xenotransplantation das gegenwärtige Knappheitsproblem bei Spenderorganen und damit die Erfordernis von Allokationsentscheidungen verändern wird. Dennoch ist es bereits jetzt möglich und sinnvoll, die für eine Kosten-Nutzen-Bewertung relevanten Merkmale zusammenzustellen und auf dieser Basis weiter zu analysieren. Auch wenn derartige Abwägungen in der Organ-Vergabepraxis nicht das ausschlaggebende Argument sind, sind sie doch unentbehrlich, um Effizienzreserven zu entdecken.

Erich Griessler untersucht in seinem Beitrag mit dem Titel *Die Rolle beratender Experten- und Expertinnengremien bei der ›Normalisierung‹ der Xenotransplantation* Verfahren der Entscheidungsfindung, deren Rahmenbedingungen sowie die thematische Ausrichtung. Anhand dreier Fallstudien – der OECD, der Päpstlichen Akademie für das Leben und der Beratungsgremien der EU – problematisiert er auf Basis einer Literaturlauswertung und qualitativer Interviews die mangelnde Transparenz bei der Auswahl der Experten, eine thematische Engführung in der Auseinandersetzung mit Xenotransplantation, die nicht ausreichende Nachvollziehbarkeit von Prozessen und Schlussfolgerungen der Gremien sowie die zu geringe Einbeziehung der Öffentlichkeit in die Debatten um Xenotransplantation.

Nach diesen vorrangig sozialwissenschaftlichen Perspektiven folgen drei Zugänge aus der Sicht christlicher, jüdischer und muslimischer Theologie. Unter dem Fokus *Der Andere in uns* thematisiert Erwin Dirscherl aus theologisch-anthropologischer Perspektive *Die Identität des Menschen als Repräsentant Gottes in der Zeit*. Hermeneutisch leitend ist für ihn dabei ein relationales Verständnis grundlegender anthropologischer Kategorien wie Identität, Integrität oder Würde. Damit die Konzeption von Identität und a fortiori von Leib und Seele als Beziehungsgeschehen nicht unvollständig ausfällt, darf die zeitliche Dimension nicht übergangen werden. Vor dem Hintergrund der fundamentalen Eingebundenheit des Menschen in vielfältige Arten und Weisen der Bezogenheit auf Andere und Anderes – menschliche und nichtmenschliche Mitgeschöpfe, das Werden und Vergehen, den Tod und nicht zuletzt auch Gott – werden christliche Anfragen an ein auch anthropologisch stimmiges Gelingen von Xenotransplantation formuliert.

Antje Yael Deusel untersucht in ihrem Beitrag *Xenotransplantation aus jüdischer Perspektive*, wie derartige Transplantationen aus Sicht des Reformju-

dentums zu bewerten sind. In der jüdischen Tradition ist die Rettung menschlichen Lebens (*Pikuach Nefesch*) ein Gebot von höchster Bedeutung. Bei der Spende eines Organs handelt es sich um eine Mitzwa, d. h. die Erfüllung eines göttlichen Gebotes, da die Lebensrettung eines Anderen angezielt wird. Ein Transplantat, das in einen lebenden Organismus gebracht wird, ist nach jüdischer Gesetzgebung als Teil dieses Organismus zu betrachten und macht diesen nicht zu einer Chimäre. Die allogene Transplantation ist dieser Sichtweise zufolge also zulässig. Auch die Transplantation von tierischen Geweben ist erlaubt, selbst wenn es sich bei porcinen Geweben und Organen um solche von unkoscheren Tieren handelt. Denn hier geht es nicht um Nahrungszwecke, sondern um die Heilung einer Krankheit. Es bestehen jedoch Fürsorgepflichten des Menschen gegenüber den Spendertieren im Sinne eines Vermeidens unnötiger Schmerzen und Grausamkeit.

Schließlich diskutieren Ilhan Ilkilic und Asmaa El Maaroufi in ihrem Beitrag *Xenotransplantation. Aspekte und Reflexionen aus islamischer Perspektive* die moralische Bewertung xenogener Transplantationen aus der Sicht islamischer Theologie. Sie untersuchen dafür zunächst das Tierverständnis in den islamischen Quellen und entwickeln anschließend Grundzüge einer islamischen Tierethik. In der Abwägung zwischen der Gesundheit bzw. dem Leben eines Menschen und dem eines Tieres gilt es aus ihrer Sicht, dem Menschen den Vorrang zu geben. Religiöse Speisevorschriften, die das Schwein betreffen, sind dabei nicht auf deren Nutzung im Rahmen von medizinischen Therapien anzuwenden.

#### Teil 4: *Normative Reflexionen*

Im vierten Teil werden zentrale normative Dimensionen und Aspekte behandelt, die mit der Xenotransplantation als Gegenstand biomedizinischer Forschung wie auch als möglicher medizinischer Praxis einhergehen. Aus rechtswissenschaftlicher, (medizin-)ethischer und theologisch-ethischer Perspektive werden inhaltliche und methodische Fragen erörtert.

Jana Straßburger stellt in ihrem Beitrag *Rechtliche Herausforderungen der Xenotransplantation* dar. Dabei erhält der Schutz des Einzelnen und der Allgemeinheit vor den Gefahren der modernen Wissenschaft und Technik eine besondere Aufmerksamkeit, weshalb Straßburger die Xenotransplantation aus juristischer Perspektive im Risikodiskurs verortet. Nach einer knappen grundrechtlichen Bewertung wird der europäische und deutsche Regelungsrahmen vorgestellt.

Hartmut Krefß reflektiert die *Xenotransplantation in ethischer, kultureller und religionsbezogener Hinsicht* und stellt einen anhaltenden ethischen Klärungsbedarf fest. Dabei kontrastiert er in historischer Perspektive bejahende kulturgeschichtliche Tendenzen der Nutzung von Tieren zu therapeutischen

Zwecken mit einer gegenwärtigen Skepsis. Die besondere Frage nach der Gattungswürde von Patienten hält er für unproblematisch, solange deren Persönlichkeit und Identität nicht betroffen sind, was er nur für den Fall einer Transplantation von Gehirngewebe annimmt. Jedoch sind subjektive Verunsicherungen zu beachten und psychologisch zu begleiten. Eine Entscheidung gegen die Annahme eines tierischen Organs ist im Sinne der Anerkennung des Selbstbestimmungsprinzips zu respektieren. Insgesamt erachtet Kreß die Xenotransplantation aus ethischer Perspektive für eine Übergangstechnologie, bis Organe aus menschlichen Stammzellen im Rahmen eines *tissue engineering* generiert werden können.

In seinem Beitrag *Zur Bedeutung des Kohärentismus für die medizinethische Reflexion der Xenotransplantation* unterzieht Georg Marckmann die xenogene Transplantationen einer normativen Analyse auf der Basis des ethischen Ansatzes des Kohärentismus. Aufbauend auf den von Beauchamp und Childress für den Bereich der Biomedizin formulierten sogenannten mittleren Prinzipien entwickelt Marckmann eine normative Krieriologie zur ethischen Bewertung von Xenotransplantation, die die Prinzipien des Wohltuns, des Nichtschadens, des Respekts der Autonomie und der Gerechtigkeit um Prinzipien der Verteilungsgerechtigkeit und des Tierschutzes erweitert. Er implementiert diese Prinzipien in ein methodisch geleitetes Vorgehen zur gesellschaftlich-ethischen Bewertung der Xenotransplantation.

Ethische Fragestellungen im Kontext der Xenotransplantation, die die Würde des Menschen betreffen, erörtert Christof Breitsameter in seinem Beitrag *Gefährdet die Xenotransplantation die Würde des Menschen?* Er legt dar, dass sich eine Verpflichtung für den Einzelnen, an medizinischen Forschungen teilzunehmen, ohne davon auch selbst einen Nutzen zu haben, nicht begründen lasse. Ferner sind etwaige negative Auswirkungen einer Xenotransplantation für Dritte, wie z. B. eine lebenslange medizinische Überwachung von Angehörigen, um Infektionen frühzeitig zu erkennen, ethisch zu rechtfertigen und abzuwägen. Schließlich werden die möglichen Konsequenzen der Xenotransplantation für die personale Identität des Empfängers diskutiert.

Auf der Basis phänomenologischen Denkens und des Konzepts der Transdifferenz diskutieren Arne Manzeschke und Galia Assadi die *Bedeutung der Leiblichkeit für eine medizinethische Reflexion der Xenotransplantation*. Dieser phänomenologische Rahmen ermöglicht es, den für die Xenotransplantation konstitutiven Aspekt der Fremdheit umfassend und erfahrungsnah zu thematisieren und in den ethischen Diskurs einzubringen. Der Ort, an dem diese Fremdheit erfahren wird, ist der Leib als Kreuzungspunkt von Natur und Kultur.

In seinem Beitrag *Therapie unter dem Anspruch von Integrität und Akzeptabilität* erörtert Jochen Sautermeister zentrale theologisch-ethische Implika-

tionen der Xenotransplantation und lenkt den Blick auf die grundsätzliche Bedeutung von Menschen-, Welt- und Gottesbildern, die als »dichte« normative Verstehenshorizonte hinter konkreten normativen Regelungen und deren Rechtfertigung stehen und für die Bewertung xenogener Transplantationen bedeutsam sind. Aus der Perspektive einer christlichen Verantwortungsethik identifiziert er drei Optionen, die auch im ethischen Diskurs über Xenotransplantation zu berücksichtigen sind: ein ganzheitliches Verständnis von Gesundheit, Identität als Orientierungsgröße verantwortlicher Selbstgestaltung und einen verantwortlichen Umgang mit Tieren als Mitgeschöpfen. Da die xenogene Transplantation eine potenzielle Herausforderung für die Identitätsarbeit von Menschen darstellen kann, plädiert er für das Angebot psychosozialer und pastoraler Beratung und Begleitung für Betroffene sowie für deren Angehörige.

In seinem Beitrag *Der Wert des Tieres und sein Nutzen für den Menschen*, stellt Jochen Ostheimer grundsätzliche tierethische Überlegungen mit Blick auf die Xenotransplantation an. In einer angewandt-ethischen Zugangsweise wird zur Klärung der gesellschaftlichen Auseinandersetzungen um die Nutzung von Tieren in Experimenten und als Organlieferanten diskursanalytisch zwischen den drei Ebenen des Wissens, der Interessen und der Wertvorstellungen unterschieden. Als zentralen Streitpunkt arbeitet er den ethischen Grundkonflikt zwischen Eigenwert und Nutzwert von Tieren heraus.

In seinen *Forschungsethische[n] Überlegungen zu Humanexperiment und Heilversuch* unterscheidet Bert Heinrichs die Handlungstypen der medizinischen Behandlung und der medizinischen Forschung, insofern für sie je eigene methodische und moralische Standards gelten. Angesichts von faktischen Grauzonen in der medizinischen Praxis, die sich mit dieser klaren Gegenüberstellung nur schwer fassen lassen, werden die Potenziale des Vorschlags, mit der Kategorie des Heilversuchs einen dritten, vermittelnden Bereich einzuführen, abgewogen und dessen Anwendbarkeit auf die Xenotransplantation diskutiert.

Abschließend widmet sich Konrad Hilpert in seinem Beitrag *Der versehrte Mensch und die Möglichkeit medizinischer Forschung* den Befindlichkeiten des erkrankten und vom Tod bedrohten Menschen, den Prinzipien, die sich daraus für ärztliches Handeln ergeben und der ethischen Rechtfertigung medizinischer Forschung mit Blick auf den leidenden Menschen. Hilpert richtet dabei die Aufmerksamkeit auf die Grenzen therapeutischen Handelns und die bleibende Herausforderung, mit Endlichkeit und Leid konfrontiert zu sein.





BIOMEDIZINISCHE GRUNDLAGEN  
UND PERSPEKTIVEN



*Bruno Reichart, Jan-Michael Abicht, Tanja Mayr, Matthias Längin, Paolo Brenner, Sonja Güthoff, Barbara Ludwig, Stefan Bornstein, Andres Hilfiker, Axel Haverich, Nikolai Klymiuk, Eckhard Wolf*

## **Diskordante xenogene Transplantationen**

*Verpflanzungen von Zellen und Organen, die einer Spezies entstammen, die entwicklungsgeschichtlich weit von Primaten entfernt sind<sup>1</sup>*

### **1 Die klinischen Erfolge der humanen Organtransplantation und der Mangel an Organspenden**

In den letzten sechs Jahrzehnten haben sich die verschiedenen allogenen (von Mensch zu Mensch) Transplantationsformen sehr erfolgreich entwickelt und die postoperative Lebensqualität wird in der Regel als sehr gut eingestuft: Transplantationsverfahren sind bei Patienten mit weit fortgeschrittenem, irreversiblen Organversagen deshalb die Therapie der Wahl. Konsequenterweise ist die Indikation zu den verschiedenen Eingriffen ständig gestiegen, demgegenüber ist die Anzahl der Organspender gesunken, in Deutschland während der letzten sechs Jahre von 1296 auf etwa 870; gleichzeitig blieb die Zahl der Herztransplantationen in den letzten Jahren auf unter 300 beschränkt (Zahlen der Deutschen Stiftung Organtransplantation, Eurotransplant, 2017). Der daraus resultierende Organmangel kann zu schwerwiegenden Folgen für die jeweiligen Transplantations-Kandidaten führen. Drei Beispiele:

- Etwas 150 terminal Kranke versterben auf der Warteliste »Herz« jährlich, und dies trotz des Einsatzes von künstlichen (mechanischen) Herzhälften (darüber später mehr).
- Für Nierentransplantations-Kandidaten dient die Dialyse zur Überbrückung, die jedoch mit erheblichen Einschränkungen der Lebensqualität und einer deutlichen jährlichen Letalitäts- und Morbiditäts-Rate einhergeht. Für eine Leichen-Spenderniere muss ein Kranker im Moment bis zu acht Jahre warten. Dazu sollte man wissen, dass bei Patienten, die präoperativ länger als sechs Monate eine Dialyse benötigen, die Wahrscheinlichkeit um die Hälfte sinkt, dass ein letztendlich transplantiertes Organ nach 10

---

<sup>1</sup> Überarbeitet und auf den neuesten Stand der Entwicklung gebrachter Beitrag, der ursprünglich in der Münchener Theologischen Zeitschrift erschien: Vgl. Reichart/Güthoff/Abicht u. a., *Xenogene Zell- und Organtransplantation*.

Jahren noch funktioniert.<sup>2</sup> Wohl dem, der von einem Angehörigen eine Lebendspende sofort bekommt.

- Inselzell-Transplantationen (also die Verpflanzung von Zellen der Bauchspeicheldrüse, die auf einen Blutzucker-Anstieg reagieren und Insulin ausschütten) sind in Deutschland kaum möglich – obwohl der Bedarf groß ist, bei rund acht Millionen Diabetikern. Von einer derartigen Therapie würden diejenigen fünf Prozent der Patienten profitieren, die mit den derzeitigen Medikamenten nicht oder nur schlecht einstellbar sind.

Die Spendersituation, wie sie sich in Deutschland zurzeit darstellt, ist nicht zu tolerieren. Verschiedene Ursachen werden diskutiert: Die Bundesärztekammer betont den »Transplantationsskandal«, der seit 2012 publik ist. Das stellt sicher einen Teilaspekt dar, der aber außer Acht lässt, dass der Abfall der deutschen Spenderbereitschaft schon 2010 mit einem stetig gleichbleibenden Gefälle einsetzte, um seit 2016 auf dem schon erwähnten Tiefstand von etwa 870 Spendern pro Jahr zu stagnieren.<sup>3</sup> Die niedrige Quote von etwa 10 Spendern pro Million Einwohner muss deshalb einen anderen Grund haben – und der erklärt sich vor allem mit der niedrigen Meldebereitschaft der etwa 1300 Entnahme-Krankenhäuser. Eine Verbesserung des Spendersystems ist deshalb in Deutschland dringend notwendig.

## 2 Alternativen wie mechanische Herzpumpen und die diskordante Xenotransplantation – das Schwein als bevorzugte Spenderspezies

Alternative Techniken, die aus diesem therapeutischen Dilemma führen, sind zudem gefordert. So finden weltweit maschinelle Herzunterstützungsverfahren, sogenannte (Teil-) Kunstherzen, vermehrt Anwendung. Es handelt sich dabei um strombetriebene, schnelldrehende Impeller- oder Scheiben-Pumpen, die ihre Energie über externe (außerhalb des Körpers befindliche) Batterien erhalten. Versorgungskabel, die auch der Pumpeneinstellung dienen, passieren die Patientenhaut in der Regel abdominell (im Bauchbereich). Diese Leitungen schränken nicht nur die Lebensqualität in gewisser Weise ein, sondern bedeuten vor allem eine permanente Infektionsgefahr.

Maschinelle Herzpumpen sind dem eigenen Organ funktionell parallel geschaltet: Sie entnehmen der linken Herzhälfte Blut, das durch das Pumpen-

<sup>2</sup> Vgl. Meier-Kriesche/Kaplan, *Waiting time on dialysis*.

<sup>3</sup> Vgl. Nashan/Hugo/Strassburg u. a., *Transplantation in Germany*.

system in die Hauptschlagader, die Aorta, geleitet wird. Es unterstützt oder ersetzt sogar das erkrankte Organ. Reine Linksherzsysteme bieten eine Ein-Jahresüberlebens-Wahrscheinlichkeit von 80 bis 90 %; müssen allerdings bei sehr schwer Erkrankten beide Herzhälften unterstützt werden, sinken die diese Zahlen auf 50–60%.<sup>4</sup>

Herz-Unterstützungssysteme sind aus Plastik-Materialien und Metall, damit thrombogen. Das heißt, dass sich in ihnen Blutgerinnsel bilden können, die bevorzugt ins Gehirn embolisieren und dort Schlaganfälle hervorrufen. Eine sehr wirksame Antikoagulation (»Blutverdünnung«) wird deshalb benötigt, die wiederum zu Blutungskomplikationen (auch wiederum im Hirn) führen kann.

Alles in allem steht damit leider fest, dass etwa ein Drittel dieser Patienten innerhalb eines Jahres so schwere Komplikationen erleidet, dass damit eine Herztransplantation für immer unmöglich wird.

Für Patienten mit weit fortgeschrittenem, irreversiblen Herz- oder Nierenversagen wäre die Xenotransplantation (also von einer Spenderspezies, die vom Menschen entwicklungs geschichtlich mehr oder weniger weit entfernt ist) eine denkbare lebensrettende Alternative. Von praktischer Seite möglich wären derzeit konkordante Organspenden, also Organe von nicht-menschlichen Primaten (Menschenaffen, wie beispielsweise Schimpansen oder auch Paviane), mit Immunsuppressions-Schemata, die den jetzigen Erfahrungen im allogenen (von Mensch-zu-Mensch) System entsprechen.<sup>5</sup>

Jedoch sind konkordante xenogene Transplantationen aus ethischen und logistischen Überlegungen nicht durchführbar. Menschenaffen zeigen in Verhaltensstudien kognitive Leistungen, die mit einer ethischen Akzeptanz von Organexplantationen nicht zu vereinbaren sind. Außerdem sind sie von ihrer Zahl her eine gefährdete Tierrasse, die geschützt werden muss. Viele der nicht-menschlichen Primaten sind zudem zu klein, ihre Fortpflanzungsrate zahlenmäßig zu gering, ihr Wachstum zu langsam, um eine erfolgreiche und wirksame Alternative zur klinischen allogenen Organtransplantation darzustellen.

Die eben erwähnten Argumente würden für einen diskordanten xenogenen Organspender nicht zutreffen. Porcine (vom Schwein stammende) Organe z. B. entsprechen in Größe und Anatomie den humanen Ausmaßen. Nach einer kurzen Trächtigkeit von etwa vier Monaten gebären Schweine 10–12 Ferkel, die wiederum nach nur sechs Monaten die Geschlechtsreife erreichen. Die erfolgreiche und sichere Züchtung der Tiere ist dem Menschen seit Jahrhunderten bekannt, da sie vor allem in der westlichen Welt als Nahrungsquelle dient. Ethische Einwände sollten daher primär nicht bestehen.

---

<sup>4</sup> Vgl. Kirklin/Cantor/Mohacsi u. a., *First Annual IMACS Report*.

<sup>5</sup> Vgl. Reichenspurner/Human/Boehm u. a., *Optimalization of immunosuppression*.

Für eine notwendige Gewebeverträglichkeit in Primaten (Menschen), ist jedoch in der Regel eine genetische Veränderung der porcinen Organe notwendig; eine Ausnahme sind Polymer-umschichtete Zellen (dazu später mehr). Es muss deshalb innerhalb einer Gesellschaft die Entscheidung fallen, ob es akzeptabel ist, gentechnisch veränderte Schweine zum Zwecke einer Transplantation zu züchten.<sup>6</sup>

### 3 Die klinische Notwendigkeit von diskordanten zellulären Transplantationen

Neben der Transplantation von soliden Organen gibt es auch einen klinischen Bedarf an diskordanten Zellgeweben wie die der Leber (zur Therapie des akuten Organversagens<sup>7</sup>); bei Parkinson-Erkrankten ist die Implantation von Nervenzellen eine Therapiemöglichkeit.<sup>8</sup> Bei Augenerkrankungen kommt die Transplantation der Hornhaut in Frage<sup>9</sup>: Dabei benutzte die südkoreanische Forschergruppe lokal und systemisch Kortison, anti-CD40L (auch anti-CD154 genannt), ein Medikament, das man bei Menschen nicht anwenden kann, da es thrombogen ist und zu Lungenembolien führt; Kirk, 2001. Ein internationales Konsortium erstellte 2014 Leitlinien, also Voraussetzungen für eine klinische, xenogene Hornhauttransplantation.<sup>10</sup>

Ungefähr 300 000 Menschen weltweit benötigen Herzklappenprothesen, etablierte und lebensverlängernde Maßnahmen, die, dessen ungeachtet, Nachteile mit sich bringen: Mechanische Modelle aus extrem widerstandsfähigen Kunststoffen können Patienten zwar lebenslang unterstützen, benötigen aber wegen ihrer Thrombogenität eine ständige, effektive Antikoagulation (mit einer möglichen Nebenwirkung von Spontanblutungen). In der Folge haben Operierte mit mechanischen Klappenprothesen eine jährliche Letalität von etwa zwei Prozent.

Demgegenüber bedürfen biologische (porcinen oder bovinen Ursprungs) Herzklappenprothesen keiner Antikoagulation – einen regelmäßigen Herzrhythmus vorausgesetzt. Biologische Herzklappen sind speziell fixiert und haben deshalb nur eine beschränkte Funktionsdauer, die sich insbesondere

<sup>6</sup> Vgl. Cozzi/Tallacchini/Flanagan u. a., *International Xenotransplantation Association consensus statement*.

<sup>7</sup> Vgl. z. B. Nagata/Nishitai/Shirota u. a., *Prolonged survival of porcine hepatocytes*.

<sup>8</sup> Vgl. Badin/Padoan/Vadori u. a., *Long-term clinical recovery*; Leveque/Cozzi/Naveilhan u. a., *Intracerebral xenotransplantation*.

<sup>9</sup> Vgl. Choi/Lee/Kim u. a., *Blockade of CD40-CD154 costimulatory pathway*.

<sup>10</sup> Vgl. Kim/Choi/Kwon u. a., *IXA consensus statement on conditions for undertaking clinical trials*.